

MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U DOMENI ZAŠTITE NA RADU

Rožić, Filip

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:787929>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-06**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Filip Rožić

**MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE
INTELIGENCIJE U DOMENI ZAŠTITE NA
RADU**

Završni rad

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional graduate study of Safety and Protection

Filip Rožić

**POSSIBILITIES OF APPLICATION OF
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE
DOMAIN OF OCCUPATIONAL SAFETY**

Final paper

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Filip Rožić

MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U DOMENI ZAŠTITE NA RADU

Završni rad

Mentor:

dr.sc. Damir Kralj, prof. v. š.

Karlovac, 2022.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Sigurnosti i zaštite
(označiti)

Usmjerenje: ZAŠTITA NA RADU

Karlovac, 08.12.2021.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Filip Rožić

Matični broj: 0422420002

Naslov: MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U DOMENI
ZAŠTITE NA RADU

Opis zadatka:

- u teorijskom dijelu istražiti i opisati povijesno-tehnološki razvoj umjetne inteligencije s naglaskom na aktualni stupanj razvoja i paradigme na kojima se zasniva
- analizirati neke od dostupnih primjera primjene umjetne inteligencije u radno-proizvodnim okruženjima
- ukratko analizirati pravnu regulaciju primjene umjetne inteligencije
- u eksperimentalnom dijelu opisati konkretne primjere primjene umjetne inteligencije u domeni zaštite na radu
- dati svoje mišljenje i ocjenu aktualnog stanja

Zadatak zadan:

08.12.2021.

Rok predaje rada:

08.07.2022.

Predviđeni datum obrane:

14.07.2022.

Mentor:

dr.sc. Damir Kralj, prof.v.š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Vladimir Tudić, prof.v.š.

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno korištenjem navedene dostupne pisane literature, navedenih mrežnih izvora, vlastitih iskustava i prakse te sukladno uputama mentora.

Ovim putem želio bih se zahvaliti svome mentoru dr.sc. Damiru Kralju, prof.v.š. koji mi je omogućio pisanje ovog završnog rada, pomoći pri vođenju kroz pisanje rada, strpljenju, stručnosti te savjetima.

Najveće hvala pridajem svojoj obitelji koja mi je bila najveća potpora tijekom cijelog školovanja te mi omogućila lako i nesmetano ispunjavanje obaveza vezanih za ovaj studij. Veliko hvala svim mojim kolegama i kolegicama koji su mi uljepšali najbolje godine mog života. Bolju ekipu nisam mogao dobiti. Hvala Vam od srca!

Želim se također zahvaliti i svim ostalim profesorima Veleučilišta u Karlovcu sa odjela Sigurnosti i zaštite čija sam predavanja pohađao tijekom ovih pet godina studiranja.

SAŽETAK

Završni rad obrađuje temu mogućnosti primjene umjetne inteligencije u domeni zaštite na radu. Sigurnost je važan dio svakog radnog mjesta, posebno kada su ugrađeni strojevi i tehnologija. Sigurnost radnika je od vitalnog značaja jer nesreće, posebno one koje rezultiraju smrću, utječu na živote svih. Prijatelji i obitelj zaposlenika morat će shvatiti kako živjeti bez te osobe u svom životu te će dinamika zajednice i radnog mjesta oko radnika biti poremećena. Kada se radnici osjećaju sigurnije i sigurnije, uklanjaju se smetnje koje mogu utjecati na njihovu produktivnost. U teorijskom djelu ovog rada je objašnjena umjetna inteligencija, njezina povijest, podjela te osnovni koncepti. Analizirane su karakteristike Industrije 4.0 i utjecaj razvoja umjetne inteligencije i robotike na njen začetak i provođenje. Značajne cjeline koje su eksperimentalni dio ovog rada su primjena umjetne inteligencije na radnom mjestu te prevencija mogućih nesreća korištenjem umjetne inteligencije. Kod prevencije mogućih nesreća na radnom mjestu, spomenut je jedan sustav zaštite.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, zaštita na radu, sigurnost, industrija 4.0, strojno učenje, duboko učenje, neuronske mreže, roboti, tehnologija

SUMMARY

The final paper deals with the topic of the possibility of applying artificial intelligence in the field of occupational safety. Safety is an important part of any workplace, especially when machinery and technology are installed. The safety of workers is vital because accidents, especially those that result in death, affect everyone's lives. Friends and family of employees will need to understand how to live without that person in their lives and the dynamics of the community and workplace around the worker will be disrupted. When workers feel safer and more secure, disruptions that can affect their productivity are removed. The theoretical part of this paper explains artificial intelligence, its history, division and basic concepts. The characteristics of the 4th Industrial Revolution and the influence of the development of artificial intelligence and robotics on its beginning and implementation are analyzed. Significant units that are an experimental part of this paper are the application of artificial intelligence in the workplace and the prevention of possible accidents using artificial intelligence. In the prevention of possible accidents at work, one protection system is mentioned.

Keywords: artificial intelligence, occupational safety, safety, industry 4.0, machine learning, deep learning, neural networks, robots, technology

SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY.....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	1
2. UMJETNA INTELIGENCIJA.....	2
2.1. Povijest i razvojni put umjetne inteligencije.....	2
2.1.1. Nastanak umjetne inteligencije (1952-1956).....	6
2.1.1.1. Kibernetika i rane neuralne mreže.....	6
2.1.1.2. Turingov test.....	7
2.1.1.3. Rođenje umjetne inteligencije.....	8
2.1.2. Simbolička umjetna inteligencija (1956-1974).....	10
2.1.3. Prva zima umjetne inteligencije (1974-1980).....	13
2.1.4. Uspon ekspertnih sustava (1980-1987).....	13
2.1.5. Druga zima umjetne inteligencije (1987-1993).....	14
2.1.6. Pojava inteligentnih agenata (1993-2011).....	15
2.1.6.1. Prekretnice i Mooreov zakon.....	16
2.1.6.2. Inteligentni agenti.....	18
2.1.7. Duboko učenje, big data i opća umjetna inteligencija (2011-nadalje).....	19
2.2. Podjela umjetne inteligencije.....	20
2.2.1. Reaktivni strojevi.....	20
2.2.2. Ograničena memorija.....	22

2.2.3.	Teorija uma	22
2.2.4.	Samosvijest.....	23
2.3.	Osnovni koncepti umjetne inteligencije	24
2.3.1.	Strojno učenje.....	25
2.3.1.1.	Koraci algoritma strojnog učenja.....	25
2.3.1.2.	Algoritmi strojnog učenja	26
2.3.1.3.	Primjeri upotrebe strojnog učenja	32
2.3.2.	Duboko učenje.....	36
2.3.2.1.	Princip rada dubokog učenja.....	36
2.3.2.2.	Metode dubokog učenja	39
2.3.3.	Neuronske mreže	42
2.3.3.1.	Princip rada neuronske mreže	42
2.3.3.2.	Vrste neuronskih mreža	43
3.	INDUSTRIJA 4.0	46
3.1.	Načela dizajna Industrije 4.0	46
3.2.	Ključne tehnologije u Industriji 4.0.....	49
3.2.1.	Industrijski internet stvari.....	49
3.2.2.	Kibernetičko-fizički sustavi	50
3.2.3.	Računarstvo u oblaku	51
3.2.4.	Big data i napredna analitika podataka	52
3.3.	Pametna proizvodnja	54
4.	PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE NA RADNOM MJESTU. 57	
4.1.	Analitika ljudi.....	58
4.1.1.	Upravljanje ljudskim kapitalom.....	59
4.1.2.	Praćenje učinka	60
4.1.3.	Sigurnost i zdravlje na radu.....	60
4.2.	Roboti na radnom mjestu.....	61

4.2.1.	Coboti	61
4.2.2.	Chatboti	62
4.2.3.	Sigurnost i zdravlje na radu s robotima.....	63
4.3.	Nosive tehnologije	64
4.3.1.	Sigurnost i zdravlje na radu s nosivom tehnologijom	65
4.4.	„Gig work“	66
4.4.1.	Sigurnost i zdravlje pri „gig worku“	67
5.	PREVENCIJA MOGUĆIH NESREĆA KORIŠTENJEM SUSTAVA	
	INTESEYE.....	68
5.1.	Pregled sustava	68
5.1.1.	Integracija pametnih uređaja	70
5.2.	Etička evaluacija sustava	73
5.2.1.	Preciznost i pouzdanost.....	73
5.2.2.	Zaštita i sigurnost	73
5.2.3.	Dobrobit i utjecaj.....	74
5.3.	Autonomija sustava	75
5.3.1.	Ljudska kontrola i nadzor.....	75
5.3.2.	Transparentnost i objašnjivost.....	75
5.3.3.	Privatnost radnika.....	76
6.	ZAKLJUČAK.....	77
7.	LITERATURA	78
8.	PRILOZI.....	85
8.1.	Popis simbola.....	85
8.2.	Popis slika.....	85
8.3.	Popis tablica.....	87

1. UVOD

Jedna od najbrže rastućih tehnologija današnjice je upravo umjetna inteligencija te je zbog toga upravo ona bila inspiracija za pisanje ovog rada. Nagli uspon umjetne inteligencije je obilježen ulaganjem ogromnih sredstva za primjenu i razvoj raznih područja kao što su proizvodnja, trgovina, komunikacije, upotreba interneta i sl. Današnje tvrtke koriste umjetnu inteligenciju kako bi poboljšale produktivnost, smanjile opterećenje te spriječile pojavu mnogih neželjenih događaja kao što su nesreće i kvarovi. Upravo zbog toga se može kazati da umjetna inteligencija ne samo da donosi kreativna rješenja nego i pomaže u rješavanju složenih problema. Umjetna inteligencija u današnjem svijetu je toliko rasprostranjena da zauzima gotovo svaki aspekt života ljudi. Od izuzetne važnosti je upravo primjena umjetne inteligencije na radnom mjestu pri čemu se važnost pridodaje unaprjeđenju proizvodnje i sigurnosti zaposlenika. Korištenjem novih tehnologija i koncepata poboljšava se ekonomsko stanje neke države te sigurnost i zdravlje radnika.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet i cilj ovog završnog rada bio je analizirati mogućnosti primjene umjetne inteligencije u domeni zaštite na radu. U narednim poglavljima ovog završnog rada biti će opisana umjetna inteligencija gdje je spomenut njezin razvoj kroz povijest, njezina podjela i osnovni koncepti. Nadalje su analizirane karakteristike 4. industrijske revolucije i utjecaj razvoja umjetne inteligencije na njen začetak i provođenje. Nakon teorijskog djela slijedi poglavlje u kojim je objašnjena primjena umjetne inteligencije na radnom mjestu. Kao praktični primjer ovog rada, opisan je jedan sustav sigurnosti koji primjenjuje umjetnu inteligenciju i način na koji on sprječava moguće nesreće na radnom mjestu.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Prilikom izrade ovog završnog rada korištena je stručna literatura i podaci prikupljeni na mrežnim stranicama. Na temelju svih prikupljenih podataka odabrani su oni najrelevantniji te je u rad sažet potrebni sadržaj kako bi bio što jasniji. Vizualnom prikazu pridonose mnoge slike i tablice.

2. UMJETNA INTELIGENCIJA

Umjetna inteligencija (engl. *artificial intelligence*) definira se kao sposobnost strojeva i sustava da stječu i primjenjuju znanje te da provode inteligentno ponašanje. To znači obavljanje širokog spektra kognitivnih zadataka, npr. osjet, obrada jezika, rasuđivanje, učenje, donošenje odluka i demonstriranje sposobnosti pomicanja te manipulacije predmetima u skladu s tim. Inteligentni sustavi koriste kombinaciju analitike velikih podataka, računalstva u oblaku, komunikacije između stroja i tzv. Interneta stvari za rad i učenje. Umjetna inteligencija osnažuje nove vrste softvera i robota koji sve više djeluju kao samoupravni sustavi, djelujući mnogo neovisnije od odluka svojih ljudskih kreatora i operatera nego što su to činili strojevi prije.

Proizvodi umjetne inteligencije, koji su, kada im se pristupi kao idealist, su potpuno slični ljudima i imaju funkcije poput osjećaja, predviđanja i donošenja odluka, općenito se nazivaju robotima. [1]

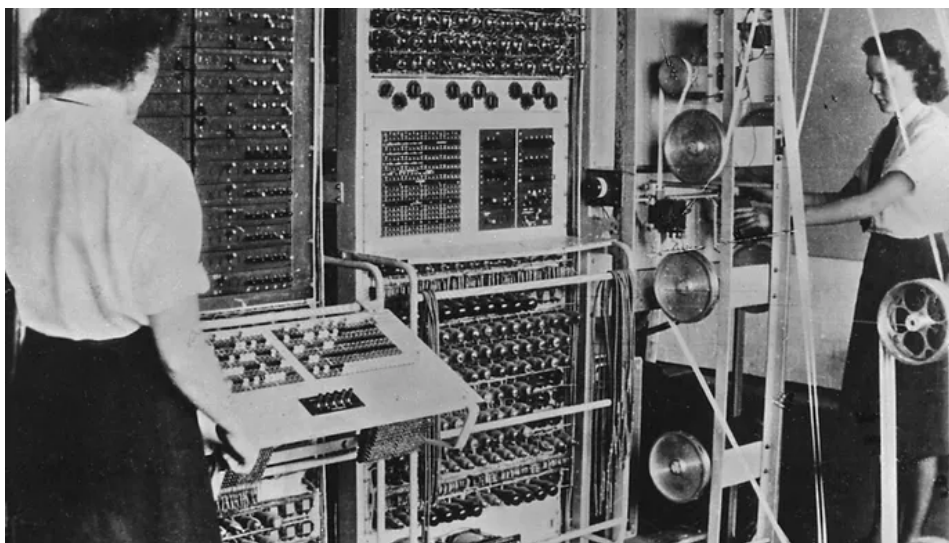
Ključna područja istraživanja u umjetnoj inteligenciji:

- Rješavanje problema, planiranje i traženje - općenito rješavanje problema arhitektura zasnovanih na idejama iz kognitivne znanosti (igranje igara, robotika),
- Prikaz znanja - za pohranu i manipulaciju informacijama (logički i vjerojatnosni prikazi),
- Automatsko rasuđivanje/zaključivanje - za korištenje pohranjenih informacija za odgovaranje na pitanja i donošenje novih zaključaka,
- Strojno učenje - podatakovna inteligencija; prilagodba novim okolnostima te otkrivanje i ekstrapolacija uzoraka,
- Obrada prirodnog jezika - za komunikaciju sa strojem,
- Računalni vid - obrada vizualnih informacija,
- Robotika - autonomija, manipulacija, puna integracija UI sposobnosti.

2.1. Povijest i razvojni put umjetne inteligencije

Povijest umjetne inteligencije započela je u antici, s mitovima, pričama i glasinama o umjetnim bićima koje su majstori obdarili inteligencijom ili sviješću. Sjeme moderne

umjetne inteligencije zasadili su filozofi koji su pokušali opisati proces ljudskog razmišljanja kao mehaničku manipulaciju simbolima. Područje umjetne inteligencije je kulminiralo izumom Programabilnog digitalnog računala (Slika 1) iz 1940-ih, stroja koji se temelji na apstraktnoj biti matematičkog zaključivanja. Taj uređaj i ideje iza njega inspirirale su nekolicinu znanstvenika da počnu ozbiljno raspravljati o mogućnosti izgradnje elektroničkog mozga. [2]



Slika 1: Colossus Mark 1 [3]

Područje istraživanja umjetne inteligencije utemeljeno je na radionici održanoj u kampusu Dartmouthskog sveučilišta u SAD-u tijekom ljeta 1956. godine. Oni koji su sudjelovali na toj radionici, postat će voditelji istraživanja umjetne inteligencije u sljedećim desetljećima. [4]

Godine 1974., kao odgovor na kritike Jamesa Lighthilla i stalni pritisak američkog Kongresa, američka i britanska vlada prestale su financirati neusmjerena istraživanja umjetne inteligencije, a teške godine koje su uslijedile kasnije će biti poznate kao "zima umjetne inteligencije". Sedam godina kasnije, vizionarska inicijativa japanske vlade nadahnula je razne vlade i industriju da umjetnoj inteligenciji osiguraju milijarde dolara, ali do kasnih 80-ih investitori su postali razočarani te su ponovno povukli financijska sredstva. [5]

Ulaganje i interes za umjetnu inteligenciju procvjetali su u prvim desetljećima 21. stoljeća kada je strojno učenje uspješno primijenjeno na mnoge probleme u akademskim krugovima i industriji zbog novih metoda, primjene moćnog računalnog hardvera i prikupljanja golemih skupova podataka. [3]

U tablici 1 su prikazani jedni od najznačajnijih događaja tijekom povijesti razvoja umjetne inteligencije.

Tablica 1: Povijest značajnih događaja tijekom razvoja umjetne inteligencije [4]

GODINA	DOGAĐAJ
1.	Heron iz Aleksandrije izrađuje automatone s mehaničkim mehanizmima koji su radili na vodu i paru
1206.	Ebru İz Bin Rezzaz Al Jezeri, jedan od pionira kibernetičke znanosti, izrađuje automatski upravljane strojeve na vodeni pogon
1623.	Wilhelm Schickard izrađuje mehanički kalkulator koji ima mogućnost četiri računskih operacija
1672.	Gottfried Leibniz dizajnira sustav s binarnim brojanjem koji čini apstraktnu osnovnu današnjih računala
1822-1859.	Charles Babbage izrađuje jedan od prvih modernih mehaničkih kalkulatora, dok se Ada Lovelace smatra prvim računalnim programerom zbog rada s Babbage-ovim kalkulatorom
1923.	Prvo spominjanje termina „robot“ iz kazališne predstave „RUR - Rossumovi univerzalni roboti“ Karela Čapeka
1931.	Kurt Gödel predstavlja teorem nepotpunosti koji nosi njegov naziv
1936.	Konrad Zuse razvija programabilno računalo pod nazivom Z1 koji ima memoriju s pomičnim zarezom od 64 riječi
1942.	Enigma stroj za šifriranje je dekodiran korištenjem umjetne inteligencije
1946.	ENIAC - prvo veliko računalo koje radi elektroničkom brzinom bez usporavanja od strane bilo kakvih mehaničkih dijelova
1948.	John von Neumann - von Neumannova računalna arhitektura
1950.	Alan Turing - Turingov test
1951.	Napisani prvi programi umjetne inteligencije za elektro-mehaničko računalo Mark 1

1956.	Predstavljen termin „umjetna inteligencija“ i <i>Logic Theorist</i> - prvi program umjetne inteligencije
1958.	LISP - prvi jezik umjetne inteligencije
1960.	JCR Licklider je u svom radu „ <i>Man-Computer Symbiosis</i> „ opisao odnos čovjeka i stroja
1962.	Unimation je osnovana kao prva tvrtka koja proizvodi robote za industrijsko područje
1964.	Izumljen prvi chatbot od strane Josepha Weizenbauma
1965.	Napisan je program umjetne inteligencije nazvan ELIZA
1966.	Prvi animirani robot "Shakey" proizveden je na Sveučilištu Stanford
1973.	DARPA započinje razvoj protokola zvanih TCP/IP.
1974.	Prva upotreba Interneta
1978.	Herbert Simon dobio je Nobelovu nagradu za svoju Teoriju odlučivanja, koja je važno djelo o umjetnoj inteligenciji
1981.	IBM izrađuje prvo komercijalno osobno računalo
1993.	Počela je proizvodnja Cog-a, robota s ljudskim izgledom na MIT-u
1997.	Super-računalo nazvano Deep Blue pobjeđuje svjetskog prvaka u šahu, Garrya Kasparova
1998.	Furby, prva igračka s umjetnom inteligencijom je izbačena na tržište
2000.	Predstavljan robot po imenu, Kismet, koji u komunikaciji može koristiti geste i mimičke pokrete
2005.	Predstavljen robot po imenu, Asimo, vrsta robota čija umjetna inteligencija je najbliža ljudskim sposobnostima i vještinama
2011.	IBM-ovo računalo Watson pobjeđuje prvake televizijske igre Jeopardy!
2013.	NEIL (Never Ending Image Learner), je objavljen na Sveučilištu Carnegie Mellon kako bi stalno uspoređivao i analizirao odnose između različitih slika
2020.	U veljači 2020. godine, Microsoft predstavlja svoju Turingovu generaciju prirodnog jezika (T-NLG), koja je tada bila "najveći jezični model ikada" objavljen sa 17 milijardi parametara

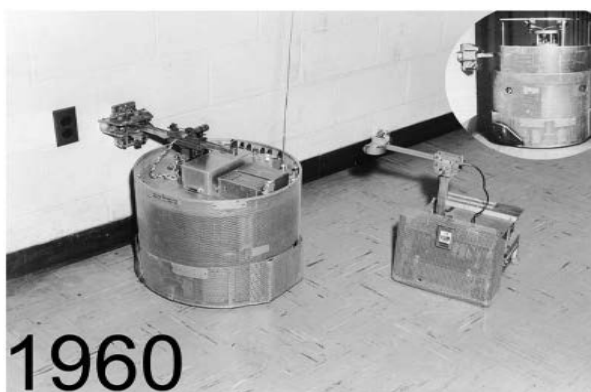
2.1.1. Nastanak umjetne inteligencije (1952-1956)

1940-ih i 50-ih godina šaćica znanstvenika iz raznih područja (matematike, psihologije, inženjerstva, ekonomije i političkih znanosti) počela je raspravljati o mogućnosti stvaranja umjetnog mozga. Područje istraživanja umjetne inteligencije osnovano je kao akademska disciplina 1956. godine. [6]

2.1.1.1. Kibernetika i rane neuralne mreže

Najranija istraživanja strojeva za razmišljanje bila su inspirirana zajedničkim idejama koje su prevladale kasnih 1930-ih, 1940-ih i ranih 1950-ih. Nedavna istraživanja u neurologiji pokazala su da je mozak električna mreža neurona koji se aktiviraju preko impulsa koji potiču reakciju (zakon „sve-ili-ništa“). Teorija računanja Alana Turinga pokazala je da se bilo koji oblik računanja može opisati digitalno. Bliski odnos između ovih ideja sugerirao je mogućnost konstrukcije elektroničkog mozga.[7]

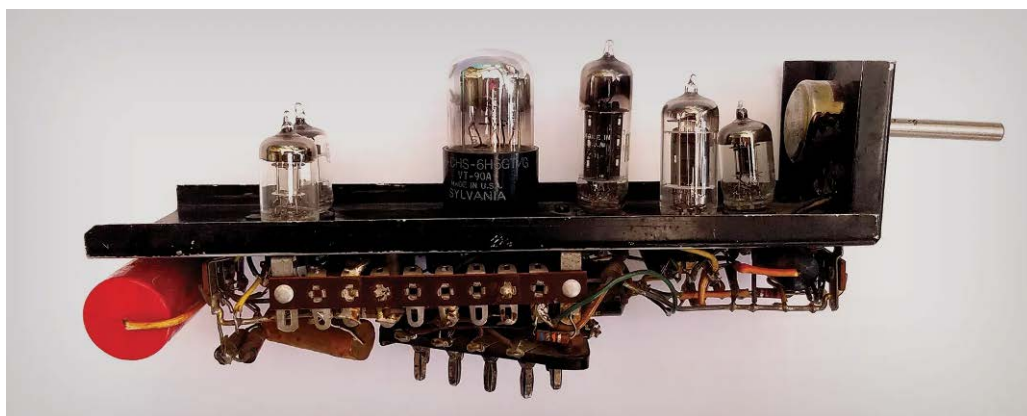
Primjer rada u tom smislu uključuje jedan robot kao što je Johns Hopkins Beast (Slika 2). To je kibernetički robot s rudimentranom inteligencijom koji nije koristio računalo te je imao sposobnost samostalnog preživljavanja. Njegov upravljački sklop sastojao se od desetaka tranzistora koji kontroliraju analogne napone. Za navigaciju je koristio optiku od fotoćelija i sonar. Kada bi lutao bijelim hodnicima laboratorija, tražio bi crne zidne utičnice te kad bi ih pronašao, priljučio bi se i napunio. [8]



Slika 2: Johns Hopkins Beast robot [9]

Walter Pitts i Warren McCulloch analizirali su mreže idealiziranih umjetnih neurona i pokazali kako bi mogli obavljati jednostavne logičke funkcije 1943. godine. [10][11] Oni su prvi opisali ono što će kasniji istraživači nazvati neuronskom mrežom.

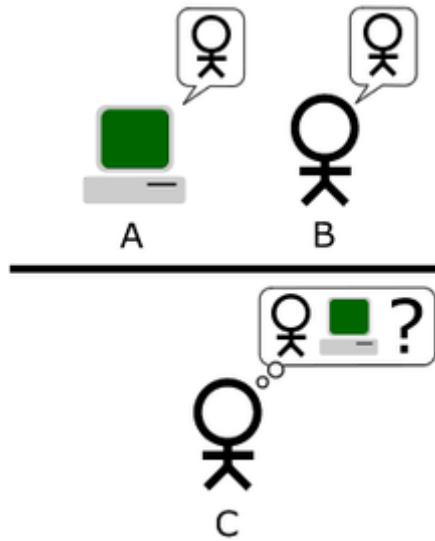
Jedan od studenata inspiriranih Pittsom i McCullochom bio je mladi Marvin Minsky, tada 24-godišnji diplomski student. Godine 1951. (s Deanom Edmondsom) napravio je prvi stroj za neuronsku mrežu, Stohastički neuralno analogni pojačani kalkulator (engl. *Stochastic neural analog reinforcement calculator - SNARC*) koji je prikazan na slici 3. Minsky je postao jedan od najvažnijih lidera i inovatora u području umjetne inteligencije u sljedećih 50 godina.



Slika 3: Stohastički neuralno analogni pojačani kalkulator [12]

2.1.1.2. Turingov test

Godine 1950., Alan Turing je u svom radu pod nazivom "Računalni strojevi i inteligencija", uveo ovaj test dok je radio na Sveučilištu u Manchesteru. U svom radu Turing je predložio zaokret u onome što se zove "Igra imitacije". Igra imitacije ne uključuje korištenje umjetne inteligencije, već tri ljudska sudionika u tri odvojene sobe. Svaka soba je povezana preko ekrana i tipkovnice, u jednoj se nalazi muško, u drugoj žensko, a u trećoj sudac ili sutkinja. Žensko pokušava uvjeriti suca da je ona muško dok sudac ili sutkinja pokušava raspoznati što je što. Turing mijenja koncept ove igre tako da uključuje umjetnu inteligenciju, čovjeka i čovjeka koji postavlja pitanje. Posao ispitivača je tada odlučiti koji od njih je umjetna inteligencija, a koji je čovjek. [13] Shematski prikaz Turingovog testa je prikazan na slici 4.



Slika 4: Turingov test [14]

Mnoge umjetne inteligencije su uspjeli položiti Turingov test od početka provođenja tog testa a jedan od prvih koji je položio Turingov test je program koji je stvorio Joseph Weizenbaum pod nazivom ELIZA, prikazan na slici 5.

```

Welcome to
EEEEEE LL      IIII ZZZZZZ  AAAAA
EE      LL      II      ZZ  AA  AA
EEEEEE LL      II      ZZZ  AAAAAA
EE      LL      II      ZZ  AA  AA
EEEEEE LLLLLL IIII  ZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?

```

Slika 5: ELIZA, prvi chatbot [15]

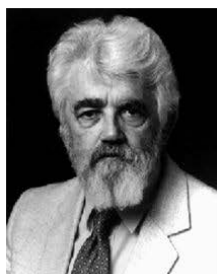
2.1.1.3. Rođenje umjetne inteligencije

Princetonsko sveučilište je bio dom još jednoj utjecajnoj osobi u području umjetne inteligencije, Johnu McCarthyju. Nakon što je tamo diplomirao 1951. godine, nakon

dvije godine odlazi u Stanfordsko sveučilište te naposljetku na Dartmouthsko sveučilište, koje postaje službeno rodno mjesto područja umjetne inteligencije. [16]

Uvjero je kolege Marvinu Minskya, Clauda Shannona i Nathaniela Rochesterera da mu pomognu okupiti tim američkih istraživača zainteresiranih u teoriju automata, neurološke mreže te istraživanje inteligencije. Deset okupljenih znanstvenika (slika 6), među kojima su Trenchard More s Princetona, Arthur Samuel iz IBM-a te Ray Solomonoff i Oliver Selfridge s sveučilišta MIT-a, započeli su rad s pretpostavkom da se svaki aspekt učenja ili bilo koja druga odlika inteligencije mogu toliko precizno opisati da se može simulirati pomoću stroja. Među njima su se najviše istaknuli dvojica sa Carnegie Tech-a, Alan Newell i Herbert Simon. [16]

**1956 Dartmouth Conference:
The Founding Fathers of AI**



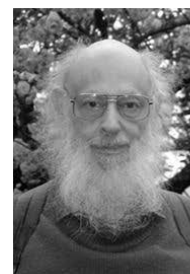
John McCarthy



Marvin Minsky



Claude Shannon



Ray Solomonoff

Alan Newell



Herbert Simon



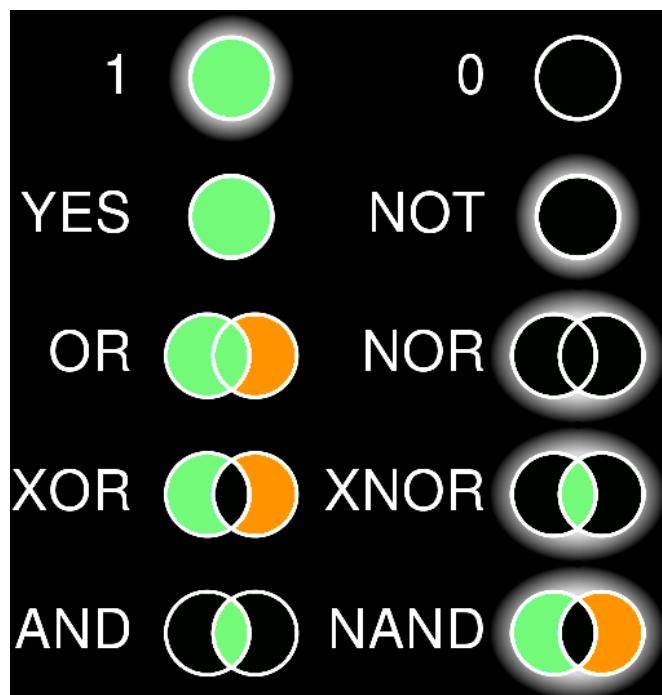
Arthur Samuel



And three others...
 Oliver Selfridge
 (Pandemonium theory)
 Nathaniel Rochester
 (IBM, designed 701)
 Trenchard More
 (Natural Deduction)

Slika 6: Tvorci moderne umjetne inteligencije [16]

Dok su ostali razvijali druge ideje i u nekim slučajevima programe za specifične aplikacije poput igre "Checkers", njih dvojica su već imali razvijen program za rasuđivanje zvan "The Logic Theorist", prikazan na slici 7, za kojeg je Simon tvrdio: "Izumili smo računalni program sposoban za nenumeričko razmišljanje te time riješili problem postojanja uma bez fizičkog tijela." [16]



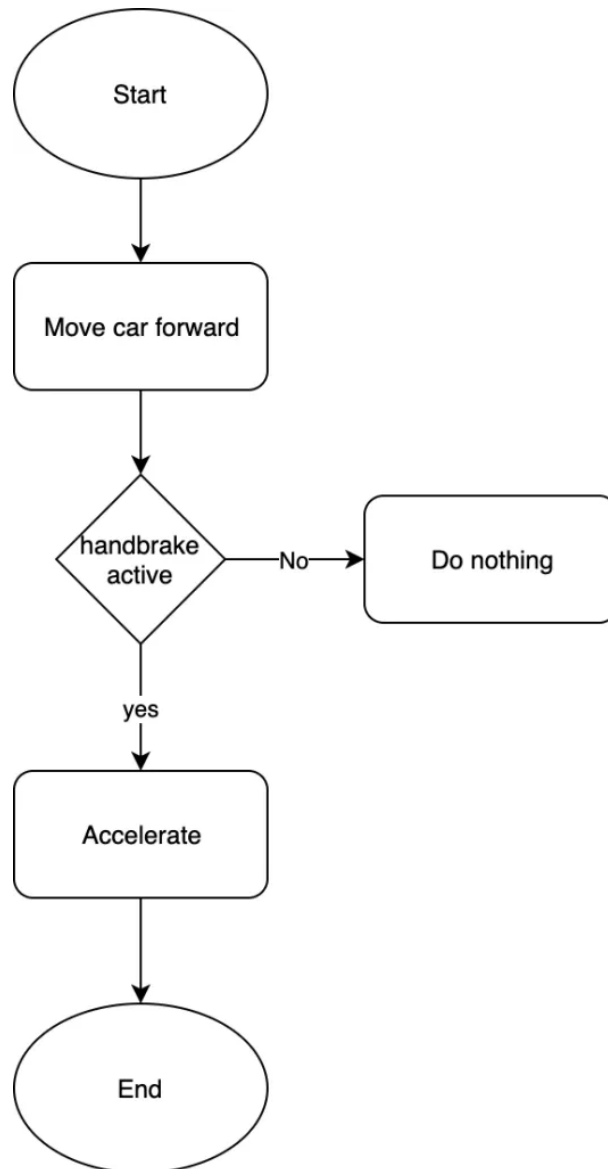
Slika 7: Računalni program Logic Theorist [17]

Ubrzo nakon radionice, program je demonstrirao sposobnost dokazivanja većine teorema iz rada od strane Russella i Whiteheada zvanog "Principia Mathematica". Russell je bio začuđen kada mu je Simon demonstrirao da je program sposoban dokazati jedan od teorema puno kraćim postupkom nego opisanim u njegovom radu. [16]

Dartmouthska radionica na poslijetku nije dovela do značajnijih znanstvenih napredaka, ali je upoznala sve vodeće stručnjake tog područja jedne s drugima. Kroz sljedećih 20 godina upravo ti ljudi, njihovi učenici te kolege su dominirali na području umjetne inteligencije. [16]

2.1.2. Simbolička umjetna inteligencija (1956-1974)

Simbolična umjetna inteligencija je pojam za prikupljanje svih metoda u umjetnoj inteligenciji istraživanja koja se temelje na „simboličkim“ (čovjeku čitljivim) prikazima na visokoj razini (slika 8). Ta paradigma je bila dominantna od sredine 1950-ih do ranih 1990-ih godina 20. stoljeća. John Haugeland je simboličnoj umjetnoj inteligenciji dao ime GOF AI (engl. *Good Old Fashioned Artificial Intelligence*) što bi na hrvatskom prijevodu zvučalo „Dobra staromodna umjetna inteligencija“ u svojoj knjizi „Umjetna inteligencija: sama ideja“ iz 1985. godine. [18]



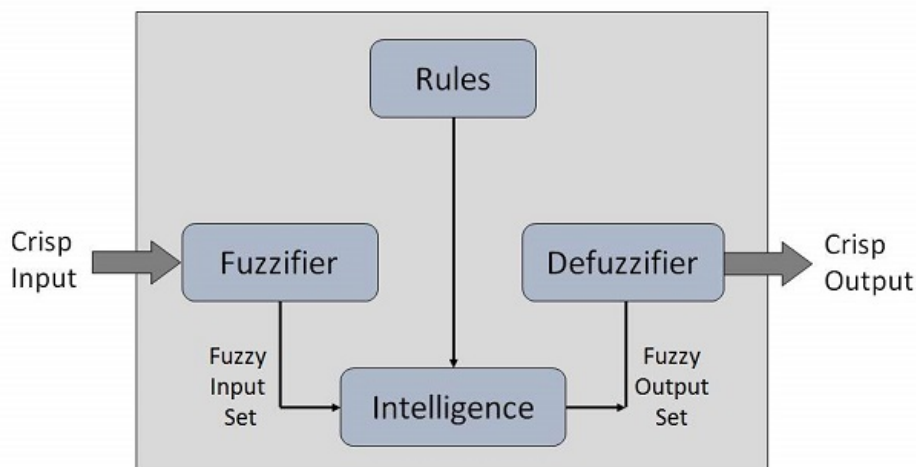
Slika 8: Dijagram toka programa simboličke umjetne inteligencije [19]

Mnogi rani programi umjetne inteligencije su koristili isti osnovni algoritam. Kako bi postigli neki cilj (poput pobjede u igri ili dokazivanja teorema), išli su korak po korak prema njemu (pomakom ili dedukcijom) kao da pretražuju kroz labirint, vraćajući se kad god bi došli u slijepu ulicu. [20]

Glavna poteškoća bila je u tome što je za mnoge probleme broj mogućih putova kroz "labirint" bio jednostavno astronomski (situacija poznata kao "kombinatorna eksplozija"). Istraživači bi smanjili prostor za pretraživanje korištenjem heuristike ili

„pravilom palca" koja bi eliminirala one putove za koje je malo vjerojatno da će dovesti do rješenja. [20]

Istraživači su 1960-ih i 1970-ih bili uvjereni da će simbolički pristupi na kraju uspjeti stvoriti stroj s umjetnom općom inteligencijom te su smatrali to ciljem svog područja. Naslijedila ga je visoka matematičko-statistička umjetna inteligencija koja je uvelike usmjerena na specifične probleme sa specifičnim ciljevima, a ne na opću inteligenciju. Do 1980-ih činilo se da je napredak u simboličkoj umjetnoj inteligenciji zastao i mnogi su vjerovali da simbolički sustavi nikada neće moći oponašati sve procese ljudske spoznaje, posebno percepciju, robotiku, učenje i prepoznavanje uzoraka. Brojni istraživači počeli su istraživati "podsimboličke" pristupe specifičnim problemima umjetne inteligencije kao što su neuronske mreže te „fuzzy“ sustavi (slika 9) i evolucijsko računanje.



Slika 9: Shema „fuzzy“ logike umjetne inteligencije [21]

Poteškoće s kojima se susreće simbolička umjetna inteligencija bile su, međutim, duboke, vjerojatno nerješive. Jedan težak problem s kojim su se susreli pioniri simbolične umjetne inteligencije postao je poznat kao problem znanja zdravog razuma. Osim toga, područja koja se oslanjaju na proceduralno ili implicitno znanje, kao što su senzorni/motorički procesi, mnogo je teže upravljati unutar okvira simbolične umjetne inteligencije. U tim je područjima simbolička umjetna inteligencija imala ograničen uspjeh i uglavnom je prepustila to područje arhitekturi neuronskih mreža (o kojoj će se raspravljati u kasnijem poglavlju) koje su prikladnije za takve zadatke. [22]

2.1.3. Prva zima umjetne inteligencije (1974-1980)

Razdoblje između 1974. i 1980. postalo je poznato kao „Prva zima umjetne inteligencije“. Istraživači umjetne inteligencije imali su dva vrlo osnovna ograničenja - nedovoljno memorije i brzinu obrade koje bi se po današnjim standardima činile strašnim. Slično kao i istraživanje gravitacije u to vrijeme, razlog smanjenja istraživanja umjetne inteligencije je bio obustava državnog financiranja čime je pao interes istraživanja tog područja. Međutim, za razliku od gravitacije, istraživanje umjetne inteligencije nastavljeno je 1980-ih godina, a SAD i Velika Britanija su osigurale sredstva kako bi postali svjetski lider u računalnoj tehnologiji jer konkurencija im je postao japanski računalni projekt „nove“ pete generacije. [23]

Prva AI zima završila je obećavajućim uvođenjem novorazvijenih „ekspertnih sustava“ koji brzo usvojile velike korporacije diljem svijeta. Primarni fokus istraživanja umjetne inteligencije je sada bio na temi prikupljanja znanja od raznih stručnjaka i dijeljenja tog znanja s korisnicima. Umjetna inteligencija je također imala koristi od oživljavanja konekcionizma 1980-ih godina. [23]

2.1.4. Uspon ekspertnih sustava (1980-1987)

Ekspertni sustavi bili su pristup u istraživanju umjetne inteligencije koji je postao popularan tijekom 1970-ih. Ekspertni sustav koristi znanje stručnjaka za izradu programa. Proces uključuje da korisnik postavlja pitanje ekspertnom sustavu i dobiva odgovor, koji može biti koristan, ali i ne mora. Sustav odgovara na pitanja i rješava probleme unutar jasno definirana područja znanja, te koristi „pravila“ logike. Općenito govoreći, ovi jednostavni programi postali su vrlo korisni i poduzećima su počeli štedjeti velike količine novca. [23]

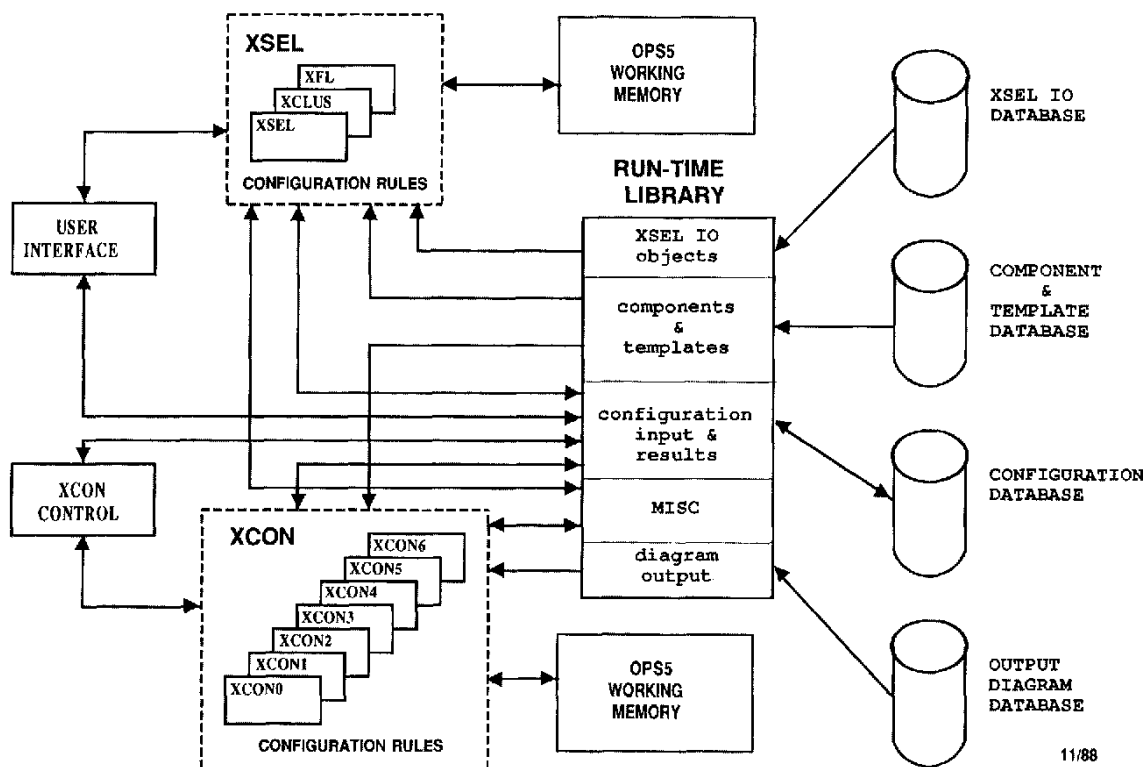
Softver koristi pojednostavljen dizajn i relativno ga je lako dizajnirati, izgraditi i modificirati. Programi za provjeru bankovnih kredita predstavljaju dobar primjer Ekspertnog sustava iz ranih 1980-ih, no bilo je i medicinskih i prodajnih aplikacija koje su koristile ekspertne sustave. Jedan od primjera ekspertnog sustava je LISP koji je prikazan na slici 10.



Slika 10: Symbolics 3640 platforma sa LISP ekspertnim sustavom [24]

2.1.5. Druga zima umjetne inteligencije (1987-1993)

Umjetne inteligencija doživjela je još jednu veliku zimu od 1987. do 1993. godine. Ovo drugo usporavanje istraživanja umjetne inteligencije poklopilo se s XCON-om (slika 11.) i drugim ranim računalima ekspertnih sustava koji su smatrani sporim i nespretnim. U to vrijeme su stolna računala postala vrlo popularna te su istiskivala starija, glomaznija i mnogo manje prilagođena računala.



Slika 11: Arhitektura XSEL/XCON ekspertnog sustava [25]

Ekspertni sustavi su naposljetku jednostavno postali preskupi za održavanje u usporedbi s stolnim računalima. Ekspertne sustave bilo je teško ažurirati te nisu mogli "učiti". To su bili problemi koje stolna računala nisu imala. Otprilike u isto vrijeme, američka agencija Ministarstva obrane za razvoj novih tehnologija (engl. *Defense Advanced Research Projects Agency*) zaključila je da umjetna inteligencija neće biti sljedeći val istraživanja te je stoga preusmjerila svoja financijska sredstva na projekte za koje je vjerojatno da će dati brze rezultate. Kao posljedica toga, kasnih 1980-ih, financiranje istraživanja umjetne inteligencije duboko je smanjeno, stvarajući drugu zimu umjetne inteligencije.

2.1.6. Pojava inteligentnih agenata (1993-2011)

Područje umjetne inteligencije, sada staro više od pola stoljeća, konačno je postiglo neke od svojih najstarijih ciljeva. Upravo jedan od najstarijih ciljeva je to da se umjetna inteligencija počela uspješno koristiti u cijeloj tehnološkoj industriji, iako pomalo iza kulisa. Neki od uspjeha rezultat su povećanja snage računala, a neki su postignuti fokusiranjem na specifične izolirane probleme i provođenjem prema najvišim

standardima znanstvene odgovornosti. Ipak je reputacija umjetne inteligencije, barem u poslovnom svijetu, bila manje nego netaknuta. [5]

Unutar polja bilo je malo slaganja o razlozima neuspjeha umjetne inteligencije da ispuni san o ljudskoj razini inteligencije koji je zaokupio maštu svijeta 1960-ih. Svi su ti čimbenici zajedno pomogli da se umjetna inteligencija fragmentira na konkurentska podpolja usmjerena na određene probleme ili pristupe, ponekad čak i pod novim nazivima koji su prikrivali okaljani pedigre „umjetne inteligencije“. [6] Upravo zbog svega toga, umjetna inteligencija je bila i opreznija i uspješniji nego ikad.

2.1.6.1. Prekretnice i Mooreov zakon

Dana 11. svibnja 1997., Deep Blue (slika 12) je postao prvi računalni sustav za igranje šaha koji je pobijedio aktualnog svjetskog prvaka u šahu Garryja Kasparova. Deep Blue je super računalo koje je bilo specijalizirana verzija okvira koju je proizveo IBM i bilo je sposobno obraditi dvostruko više poteza u sekundi nego tijekom prvog meča (koji je Deep Blue izgubio), navodno 200.000.000 poteza u sekundi. Događaj je emitiran uživo putem interneta i imao je preko 74 milijuna pregleda. [26]



Slika 12: Šahovski meč između Garryja Kasparova i Deep Bluea [27]

Godine 2005., Stanfordski „Stanley“ (slika 13), osvojio je DARPA Grand Challenge vozeći autonomno 212 kilometara duž pustinjske staze. [28]



Slika 13: Autonomni Volkswagen Tuareg „Stanley“ [29]

Dvije godine kasnije, tim iz CMU-a sa svojim Chevrolet Tahoe zvanim „Boss“ (slika 14), osvojio je DARPA Urban Challenge autonomno vozeći 96 kilometra u urbanom okruženju uz pridržavanje prometnih opasnosti i svih prometnih zakona. [30]



Slika 14: Autonomni Chevrolet Tahoe „Boss“ [31]

U veljači 2011. godine u kvizu Jeopardy!, IBM-ov sustav za odgovaranje na pitanja, Watson (slika 15), pobijedio je sa značajnom razlikom dva najveća prvaka tog kviza. [32]



Slika 15: Watson protiv dvojice prvaka [32]

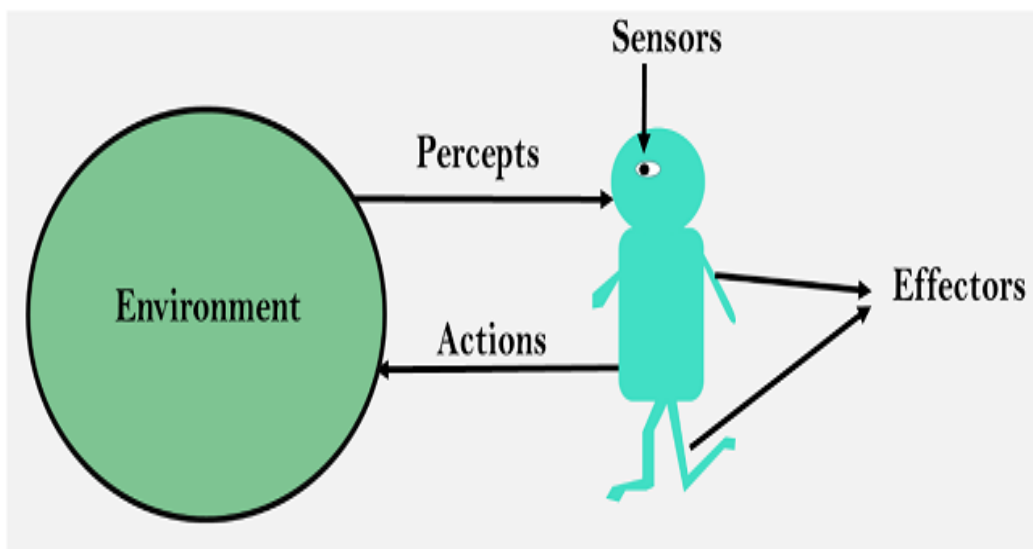
Ovi uspjesi nisu bili posljedica neke revolucionarne nove paradigme, već uglavnom zbog zamorne primjene inženjerskih vještina i ogromnog povećanja brzine i kapaciteta računala do 90-ih. Zapravo, Deep Blueovo računalo bilo je 10 milijuna puta brže od Ferranti Marka 1 kojeg je Christopher Strachey učio igrati šah 1951. godine. Ovo dramatično povećanje mjeri se Mooreovim zakonom, koji predviđa da se brzina i kapacitet memorije računala udvostručuju svake dvije godine, kao rezultat udvostručavanja broja tranzistora metal–oksid–poluvodič (MOS) svake dvije godine. Temeljni problem "sirove računalne snage" polako se prevladavao.

2.1.6.2. Inteligentni agenti

Nova paradigma nazvana „inteligentni agenti“ (slika 16) postala je široko prihvaćena tijekom 1990-ih. Iako su raniji istraživači umjetnoj inteligenciji predložili modularne pristupe "zavadi pa vladaj", inteligentni agent nije dosegao svoj moderni oblik sve dok Judea Pearl, Allen Newell, Leslie P. Kaelbling i drugi nisu unijeli koncepte iz teorije odlučivanja i ekonomije u proučavanje UI. Kada je definicija racionalnog agenta bila

spojena s definicijom objekta ili modula iz računalne znanosti, paradigma inteligentnog agenta bila je potpuna.

Paradigma je istraživačima dala dozvolu za proučavanje izoliranih problema i pronalaženje rješenja koja su bila i provjerljiva i korisna. Pružao je zajednički jezik za opisivanje problema i dijeljenje njihovih rješenja jedni s drugima, te s drugim poljima koja su također koristila koncepte apstraktnih agenata, poput ekonomije i teorije upravljanja.



Slika 16: Shematski prikaz inteligentnog agenta [33]

2.1.7. Duboko učenje, big data i opća umjetna inteligencija (2011-nadalje)

U prvim desetljećima 21. stoljeća, pristup velikim količinama podataka (poznatim kao "big data"), jeftinijim i bržim računalima te naprednim tehnikama strojnog učenja uspješno je primijenjen na mnoge probleme u cijelom gospodarstvu. Do 2016. godine, tržište proizvoda, hardvera i softvera povezanih s umjetnom inteligencijom doseglo je više od 8 milijardi dolara, a time se stvorio ogroman interes za umjetnom inteligencijom. Primjena velikih podataka počela je dosezati i u druga područja, kao što su modeli obuke u ekologiji i kod različitih primjena u ekonomiji. Napredak u dubokom učenju (osobito duboke konvolucijske neuronske mreže i rekurentne neuronske mreže) potaknuo je napredak i istraživanje u obradi slika i videa, analizi teksta, pa čak i prepoznavanju govora.

2.2. Podjela umjetne inteligencije

Uobičajeno i ponavljajuće gledište o najnovijim otkrićima u istraživanju umjetne inteligencije je da su razumni i inteligentni strojevi tek na pomolu. Strojevi bolje od nas razumiju verbalne naredbe, razlikuju slike, voze automobile i igraju igrice. [34]

Postoje četiri vrste umjetne inteligencije:

1. Reaktivni strojevi,
2. Ograničeno pamćenje,
3. Teorija uma,
4. Samosvijest.

2.2.1. Reaktivni strojevi

Najosnovniji tipovi AI sustava su isključivo reaktivni i nemaju sposobnost formiranja sjećanja niti korištenja prošlih iskustava za donošenje trenutnih odluka. Ova vrsta inteligencije uključuje računalo koje izravno percipira svijet i djeluje prema onome što vidi te se ne oslanja na unutarnji koncept svijeta. U temeljnom radu, istraživač umjetne inteligencije, Rodney Brooks, tvrdio je da bi trebalo izrađivati samo ovakve strojeve. Njegov glavni razlog bio je taj što ljudi nisu baš dobri u programiranju točnih simuliranih svjetova za korištenje računala, što se u AI stipendijama naziva "prikazom" svijeta.

Kao savršen primjer ove vrste uzet je Deep Blue, IBM-ovo super-računalo za igranje šaha, koje je pobijedilo međunarodnog šahovskog velemajestora Garryja Kasparova u kasnim 1990-ima. Deep Blue može prepoznati figure na šahovskoj ploči i znati svaki njihov pokret. Može predvidjeti koji bi sljedeći potez mogao biti za njega ili njegovog protivnika. Jedna od funkcija Deep Blue-a je da može izabrati najoptimalniji potez pored svih mogućnosti. Deep Blue nema pojma o prošlosti, niti sjećanja na ono što se dogodilo prije. Osim rijetko korištenog pravila specifičnog za šah protiv ponavljanja istog poteza tri puta, Deep Blue ignorira sve prije sadašnjeg trenutka. Sve što radi je promatranje trenutnih pozicija figura na šahovskoj ploči i odabir mogućeg sljedećeg poteza. Inovacija u dizajnu Deep Bluea nije bila proširenje raspona mogućih poteza koje je računalo razmatralo. Umjesto toga, programeri su pronašli način da suze svoj pogled,

da prestanu slijediti neke potencijalne buduće poteze, na temelju toga kako su ocijenili njihov ishod. Bez ove sposobnosti, Deep Blue bi trebao biti još moćnije računalo da zapravo pobijedi Kasparova.

Kao sličan primjer, Googleov AlphaGo (slika 17), koji je pobijedio vrhunske ljudske Go stručnjake, također ne može procijeniti sve potencijalne buduće poteze. Njegova metoda analize je sofisticiranija od Deep Blueove, jer AlphaGo koristi neuronsku mrežu za procjenu razvoja igre.



Slika 17: Google AlphaGo [35]

Ove metode poboljšavaju sposobnost AI sustava da bolje igraju određene igre, ali se ne mogu lako promijeniti ili primijeniti na druge situacije. Ove računalizirane imaginacije nemaju koncept šireg svijeta što znači da ne mogu funkcionirati izvan specifičnih zadataka koje su im dodijeljene i te ih je zbog toga lako prevariti.

Računalizirane imaginacije ne mogu interaktivno sudjelovati u svijetu na način na koji zamišljamo AI sustave jednog dana. Umjesto toga, ova vrsta strojeva će se ponašati na potpuno isti način svaki put kada naiđu na istu situaciju. To može biti vrlo dobro za osiguravanje pouzdanosti AI sustava.

2.2.2. Ograničena memorija

Ova klasa sadrži strojeve koji mogu pogledati u prošlost. Primjer su samovozeći automobili (slika 18) koji već rade nešto od ovoga. Na primjer, promatraju brzinu i smjer drugih automobila. To se ne može učiniti u samo jednom trenutku, već je potrebno identificirati određene objekte i pratiti ih tijekom vremena.

Ova zapažanja dodaju se unaprijed programiranim prikazima svijeta samovozećih automobila, koji također uključuju oznake traka, semafore i druge važne elemente, poput zavoja na cesti. Oni su uključeni kada automobil odluči kada će promijeniti traku, kako bi se izbjeglo presijecanje drugog vozača ili udarca obližnjeg automobila.

Jednostavne informacije o prošlosti ovakvog tipa su samo prolazne. One se ne spremaju kao dio zbirke iskustava automobila iz kojih se može učiti, na način na koji ljudski vozači prikupljaju iskustvo tijekom godina za volanom.



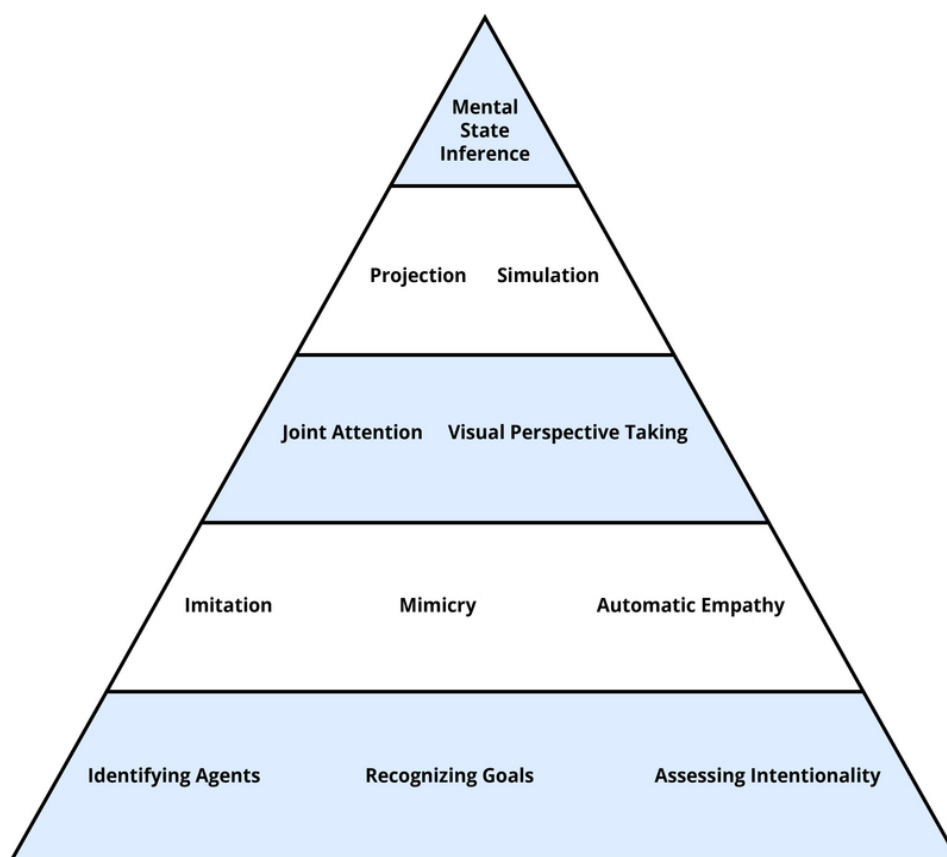
Slika 18: Googleov samovozeći automobil [36]

2.2.3. Teorija uma

Teoriju uma se može nazvati važnom razdjelnicom između strojeva kojih ima trenutno i strojeva koji će se izrađivati u budućnosti. Strojevi u sljedećoj, naprednijoj klasi ne

samo da formiraju predstave o svijetu, već i o drugim agentima ili entitetima u svijetu. U psihologiji se to naziva „Teorija uma“ (slika 19) što u objašnjenju podrazumijeva da shvaćanje ljudi, stvorenja i ostalih objekata u svijetu mogu posjedovati misli i emocije koje utječu na njihovo ponašanje.

Ovo je ključno za način na koji su ljudi formirali društva, jer je to omogućilo društvene interakcije. Bez razumijevanja motiva i namjera jednih-drugih i bez uzimanja u obzir onoga što netko drugi zna o nekome ili okolini, zajednički rad je u najboljem slučaju težak, a u najgorem nemoguć.



Slika 19: Piramidalni prikaz Teorije uma [37]

2.2.4. Samosvijest

Posljednji korak razvoja umjetne inteligencije je izgradnja sustava koji mogu oblikovati prikaze o sebi. U konačnici, istraživači umjetne inteligencije će morati, ne samo razumjeti svijest, već i izgraditi strojeve koji je imaju.

U određenom smislu, ovo je proširenje „Teorije uma”, koje posjeduju umjetne inteligencije trećeg tipa. Svijest se s razlogom naziva i „samosviješću”. Svjesna bića su svjesna sebe, znaju za svoja unutarnja stanja i sposobna su predvidjeti osjećaje drugih. Primjer, pretpostavlja se da je netko tko trubi iza nekoga u prometu ljut ili nestrpljiv, jer se tako ta osoba osjeća kada trubi drugome. Bez teorije uma, ljudi ne bi mogli donositi takve zaključke.

Iako su ljudi vjerojatno daleko od stvaranja strojeva koji su samosvjesni, trebali bi svoje napore usmjeriti na razumijevanje pamćenja, učenja i sposobnosti zasnivanja odluka na prošlim iskustvima. Ovo je važan korak za razumijevanje same ljudske inteligencije. I ključno je kod toga da li postoji želja za dizajniranjem ili razvijanjem strojeva koji su više nego izuzetni u klasificiranju onoga što vide ispred sebe.

2.3. Osnovni koncepti umjetne inteligencije

Prema filozofiji umjetne inteligencije, smatra se da se umjetna inteligencija dijeli na dvije glavne vrste, a to su „slaba umjetna inteligencija“ i „jaka umjetna inteligencija“.

[38]

Slaba umjetna inteligencija

Slaba umjetna inteligencija je razmišljanje usmjereno na razvoj tehnologije koja je sposobna izvesti unaprijed planirane poteze na temelju nekih pravila i primijeniti ih za postizanje određenog cilja. Načelo koje stoji iza slabe umjetne inteligencije jednostavno je činjenica da se strojevi mogu natjerati da djeluju kao da su inteligentni. Na primjer, kada ljudski igrač igra šah protiv računala, ljudski igrač može se osjećati kao da računalo zapravo čini impresivne poteze. Ali šahovska aplikacija uopće nije prikaz razmišljanja i planiranja. Sve poteze koje povuče čovjek, prethodno ubaci u računalo i na taj način se osigurava da softver povuče prave poteze u pravo vrijeme. [38]

Jaka umjetna inteligencija

Suprotno slaboj umjetnoj inteligenciji, jaka umjetna inteligencija razvija tehnologiju koja može razmišljati i funkcionirati slično kao i ljudi, ne samo oponašajući ljudsko ponašanje u određenoj domeni. Načelo koje stoji iza jake umjetne inteligencije jest da bi se strojevi mogli natjerati na razmišljanje ili drugim riječima oponašati i predstavljati

ljudske umove u budućnosti. Ako je to slučaj, ti će strojevi imati sposobnost rasuđivanja, razmišljanja i izvršavanja svih funkcija koje je čovjek sposoban učiniti. No, prema većini ljudi, ova tehnologija nikada neće biti razvijena ili će barem potrajati jako dugo. Međutim, jaka umjetna inteligencija, koja je u početnoj fazi, puno obećava zahvaljujući nedavnom razvoju nanotehnologije i umjetne neuronske mreže što se gleda kao buduća primjena jake umjetne inteligencije. [38]

2.3.1. Strojno učenje

Strojno učenje je grana umjetne inteligencije i računalne znanosti koja se usredotočuje na korištenje podataka i algoritama za oponašanje načina na koji ljudi uče, postupno poboljšavajući njegovu točnost. Upravo je strojno učenje važna komponenta područja znanosti o podacima. Korištenjem statističkih metoda algoritmi se osposobljavaju za izradu klasifikacija ili predviđanja, otkrivajući ključne uvide unutar projekata rudarenja podataka. Ti uvidi naknadno pokreću donošenje odluka unutar aplikacija i poduzeća, idealno utječući na ključne pokazatelje rasta. Kako se veliki podaci nastavljaju širiti i rasti, potražnja na tržištu za znanstvenicima podataka će se povećati, što će od njih zahtijevati da pomognu u identifikaciji najrelevantnijih poslovnih pitanja, a potom i podataka za odgovore. [39]

2.3.1.1. Koraci algoritma strojnog učenja

Algoritam strojnog učenja sadrži sljedeće korake:

- Uokvirivanje problema - uokviravanje problema strojnog učenja u smislu onoga što je potrebno predvidjeti i kakva se vrsta podataka promatranja posjeduje za takva predviđanja,
- Prikupljanje podataka - podaci mogu biti strukturirani ili nestrukturirani,
- Priprema podataka - učitavanje podataka na prikladno mjesto i postavljanje istih za obuku strojnog učenja,
- Odabir modela - značajan korak za odabir legitimnog modela za implementaciju i predviđanje rezultata; postoje brojni modeli koje dugoročno izrađuju stručnjaci i znanstvenici pri čemu su neki vrlo prikladni za slikovne podatke, a neki za numeričke podatke,
- Podaci o obuci - podaci postupno poboljšavaju sposobnost modela da predvidi rezultat,

- Evaluacija - dopušta testiranje modela u odnosu na podatke koji nikada nisu korišteni za obuku,
- Ugađanje parametara - za poboljšanje daljnje obuke pretpostavljaju se neki parametri i pokus s drugim vrijednostima,
- Predviđanje - ovo je korak u kojem se dobiva rješenje. [40]

2.3.1.2. Algoritmi strojnog učenja

Strojno učenje koristi sljedeće pristupe:

- nadgledano učenje,
- nenadgledano učenje,
- polu-nadgledano učenje,
- učenje s pojačanjem.

NADGLEDANO UČENJE

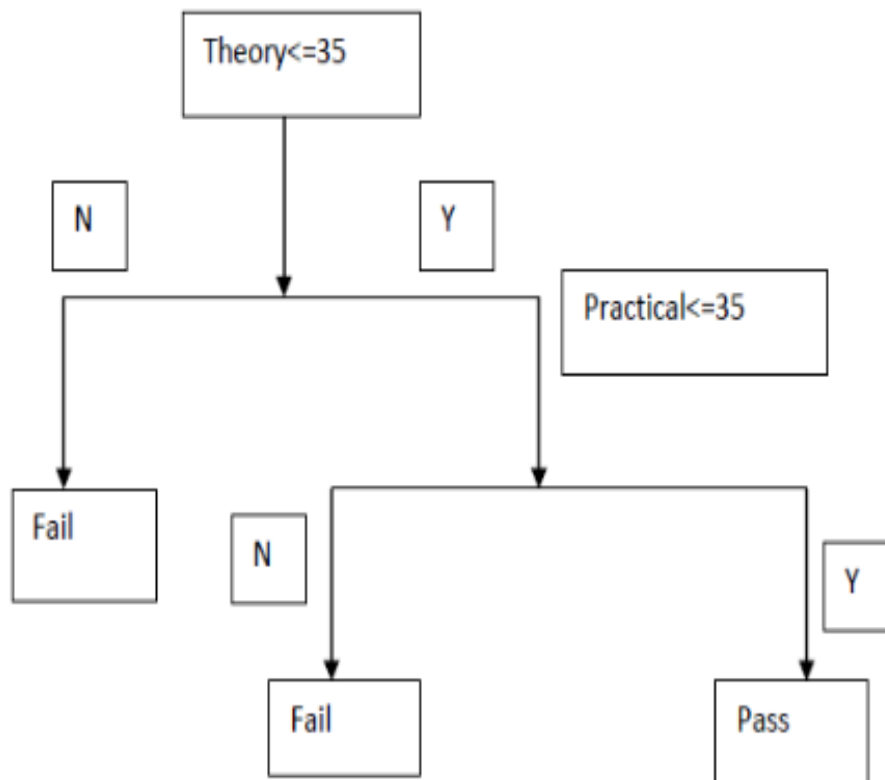
Nadgledano učenje uključuje klasifikacijske algoritme, koji kao ulaz uzimaju skup podataka i klasu svakog podatka kako bi računalo moglo naučiti kako klasificirati nove podatke. Klasifikacija može koristiti logičku regresiju, klasifikacijska stabla, strojeve za vektorsku podršku, nasumične šume, umjetne neuronske mreže (ANN) te druge algoritme. Nadgledano učenje je jednostavno i lako razumljivo. Ono ovisi o ranijim podacima. Dani podaci su označeni podaci, na primjer, podaci o vremenskoj prognozi, vremenu, praznicima, odabiru rute, kućanskim troškovima i tako dalje. Algoritam učenja koristi ove označene podatke i pokušava procijeniti dane označene podatke s ulazom čime podučava stroj. [40]

Nakon što je stroj obučen, počinje predviđati i donositi odluku kada mu se daju novi podaci. Algoritmi regresije predviđaju procjenu atributa entiteta („regresija” ovdje ima opsežan smisao od samo statističke regresije). Algoritmi regresije uključuju linearnu regresiju, stabla odlučivanja, Bayesove mreže, „fuzzy“ klasifikaciju i ANN. [41] [42]

Evo nekoliko vrsta tehnika regresije:

1. Stablo odlučivanja

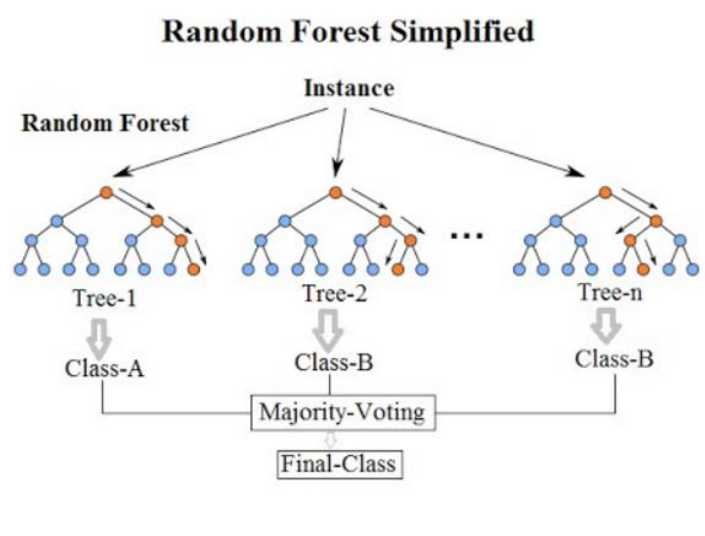
Algoritam stabla odlučivanja (slika 20.) je jednostavan nadgledani algoritam strojnog učenja. Sastoji se od korijenskog čvora, grana i čvorova lista. Svaki unutarnji čvor označava test na atributu, svaka grana označava rezultat testa, a svaki listni čvor ima oznaku klase. [41] [43]



Slika 20: Stablo odlučivanja [40]

2. Šuma nasumičnih odluka

Šume nasumičnih odluka (slika 21) su najprilagodljiviji i najjednostavniji način za korištenje algoritma nadgledanog učenja. Može se koristiti i za klasifikaciju i za regresiju. Međutim, općenito se koristi za klasifikaciju. Šuma se sastoji od drveća. Šume nasumičnih odluka imaju niz namjena, na primjer, mehanizam za preporuke, klasifikaciju slika i odabir značajki. [41] [43]

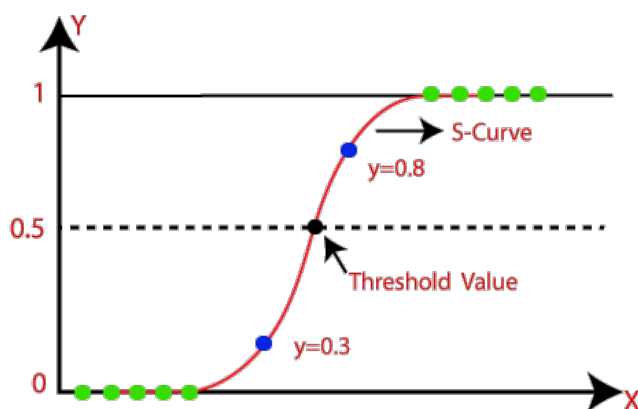


Slika 21: Dijagram šume nasumičnih odluka [44]

3. Logistička regresija

Metoda logističke regresije koristi se za procjenu vjerojatnosti ciljane vrijednosti. Ciljana vrijednost je diskretna vrijednost što znači da je u binarnom obliku s podacima kodiranim u 1 za napredak/da i 0 za razočaranje/ne. [43]

Logistička regresija koristi sigmoidnu ili logit funkciju koja će zgnečiti najprikladniju ravnu liniju koja tada mapira sve vrijednosti uključujući vrijednosti prekoračenja od 0 do 1 raspona. Tako formira krivulju u obliku slova "S". Sigmoidna funkcija uklanja učinak odstupanja i čini izlaz između 0 do 1 (slika 22). [45]



Slika 22: Dijagram logističke regresije [45]

4. Naive Bayes

Naive Bayes jedan je od algoritama vjerojatnosnog strojnog učenja koji se temelji na Bayesovom teoremu (slika 23). Pri strojnom učenju je korisan za tekstualne podatke. Neke primjene ove metode uključuju filtriranje neželjene pošte, razvrstavanje dokumenata, predviđanje raspoloženja itd. [41]

$$P(c | x) = \frac{P(x | c)P(c)}{P(x)}$$

The diagram shows the formula $P(c | x) = \frac{P(x | c)P(c)}{P(x)}$ with arrows pointing to its components: $P(c | x)$ is labeled 'Posterior Probability', $P(x | c)$ is labeled 'Likelihood', $P(c)$ is labeled 'Class Prior Probability', and $P(x)$ is labeled 'Predictor Prior Probability'.

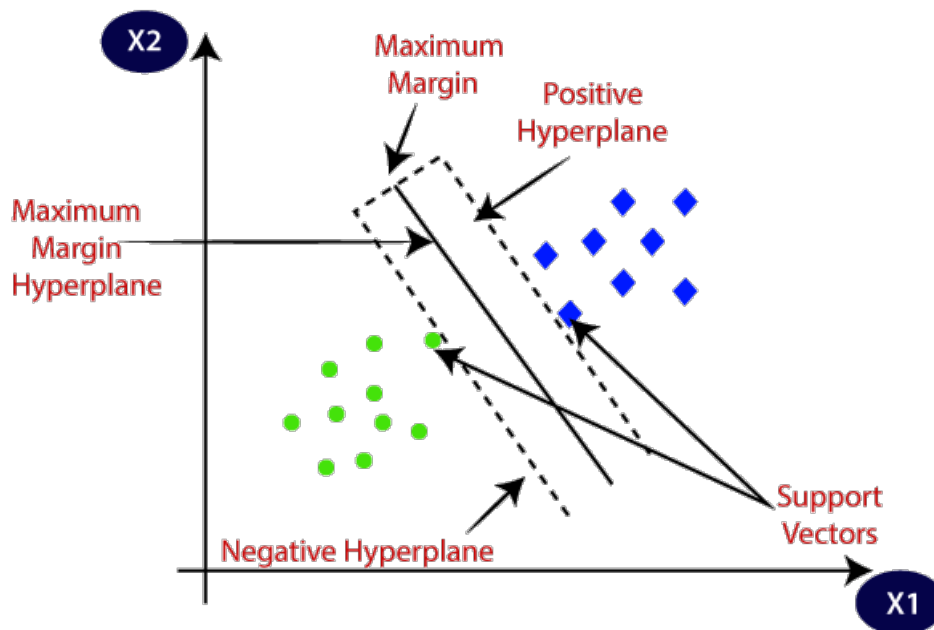
$$P(c | X) = P(x_1 | c) \times P(x_2 | c) \times \dots \times P(x_n | c) \times P(c)$$

Slika 23: Jednadžba Bayesovog teorema [46]

5. Stroj s potpornim vektorima

Strojevi s potpornim vektorima (engl. *support vector machines*, *SVMs*) skup su povezanih metoda nadgledanog učenja koje se koriste za klasifikaciju i regresiju. Međutim, oni se općenito koriste u problemima klasifikacije. [47]

Cilj algoritma stroja s potpornim vektorima je stvoriti najbolju liniju ili granicu odluke koja može odvojiti n-dimenzionalni prostor u klase tako da možemo lako staviti novu podatkovnu točku u ispravnu kategoriju u budućnosti. Ova granica najbolje odluke naziva se hiperravnina. Stroj s potpornim vektorima odabire ekstremne točke/vektore koji pomažu u stvaranju hiperravnine. Ovi ekstremni slučajevi se nazivaju potporni vektori, pa se algoritam naziva strojem s potpornim vektorima. Na slici 24 je prikazan dijagram u kojem postoje dvije različite kategorije koje su klasificirane pomoću granice odluke ili hiperravnine. [48]



Slika 24: Dijagram stroja s potpornim vektorima [48]

SVM-ovi imaju svoj poseban način implementacije za razliku od drugih algoritama strojnog učenja. Nedavno su iznimno popularni zbog svoje sposobnosti rješavanja više kontinuiranih i kategoričkih varijabli. [41]

NENADGLEDANO UČENJE

Nenadgledano učenje se sastoji od algoritama za grupiranje, koji kao ulaz uzimaju skup podataka koji pokriva različite dimenzije i segmentiraju ga u grupe koje ispunjavaju određene standarde.

Za razliku od nadgledanog učenja, umjesto korištenja podataka s oznakama, nenadgledano učenje se vodi s podacima i alatom za razumijevanje svojstava podataka. Algoritam nenadgledanog učenja potiče osobu da otkrije širok raspon uzoraka u podacima. Izlaz nenadgledanog učenja je grupa ili skup podataka koji imaju slične značajke. [42]

Vrste ovog algoritma su:

- grupiranje
- asocijacija

Grupiranje

Grupiranje je metoda skupljanja objekata u skupine tako da objekti s najviše sličnosti ostaju u skupini i imaju manje ili nikakve sličnosti s objektima druge skupine. Analiza grupiranjem pronalazi zajedništva između objekata podataka i kategorizira ih prema prisutnosti i odsutnosti tih zajedničkih osobina. [49]

Asocijacija:

Pravilo asocijacije je metoda nenadgledanog učenja koja se koristi za pronalaženje odnosa između varijabli u velikoj bazi podataka. Određuje skup stavki koje se pojavljuju zajedno u skupu podataka. Pravilo udruživanja čini marketinšku strategiju učinkovitijom. Kao što su ljudi koji kupuju X-artikl (npr. kruh) također su skloni kupovati Y-artikl (maslac/džem). Tipičan primjer pravila o udruživanju je analiza tržišne košarice. [49]

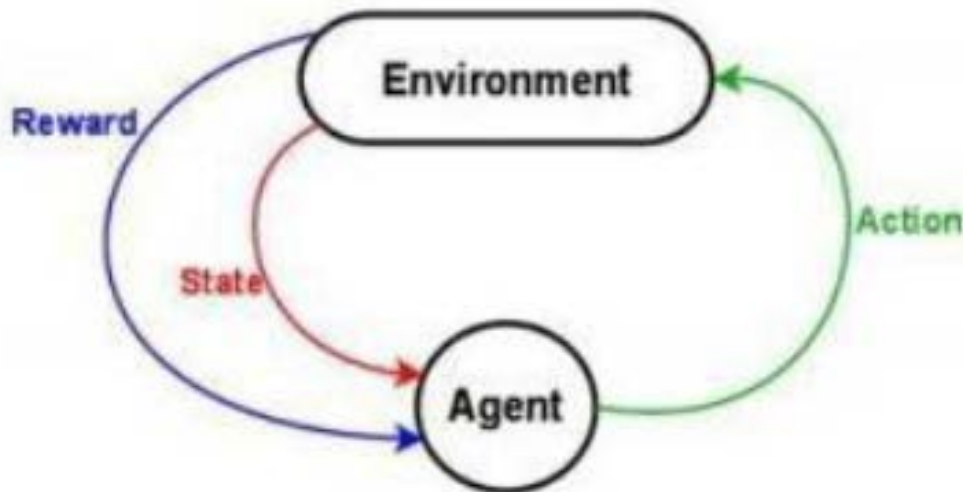
POLU-NADGLEDANO UČENJE

Polu-nadgledano učenje spada između nadgledanog i nenadgledanog učenja. Mnogi istraživači strojnog učenja otkrili su da neoznačeni podaci, kada se koriste kod kombinacije s malom količinom označenih podataka, mogu stvoriti jako impresivno poboljšanje u preciznosti učenja. Za obuku koristi i označene i neobilježene podatke, obično manju količinu označenih podataka s većom količinom neobilježenih podataka (jer su neobilježeni podaci jeftiniji i potrebno je manje truda za prikupljanje). Ova vrsta učenja može se koristiti metodama, na primjer: klasifikacija, regresija i predviđanje. Polu-nadgledano učenje je vrijedno kada su troškovi vezani uz označavanje „previsoki“ da bi se uopće moglo razmisliti o dopuštanju potpuno označenog procesa obuke. Rani primjeri toga uključuju razlikovanje lica pojedinca na web kameri. [40]

UČENJE S POJAČANJEM

Algoritam učenja s pojačanjem (slika 25) je drugačiji od algoritma nadgledanog i nenadgledanog učenja. Algoritam nadgledanog učenja izučava podatke s ključem odgovora, no algoritam učenja s pojačanjem izučava podatke bez ključa ispravnog odgovora. Učenje s pojačanjem može se razumjeti s konceptima agenata, okruženja, stanja, akcija i nagrada. Agent za učenje s pojačanjem bira što će učiniti kako bi izvršio

zadani zadatak. U nedostatku skupa podataka za obuku, agent za učenje s pojačanjem koristi iskustvo. Učenje s pojačanjem razlikuje se od drugih vrsta metoda učenja, jer sustav nije obučen s uzorkom skupa podataka, ili možda, sustav uči putem pokušaja i pogrešaka. Na taj način, grupiranje plodonosnih izbora donijet će jačanje procesa, jer se brine o aktualnom pitanju. [41] [47]

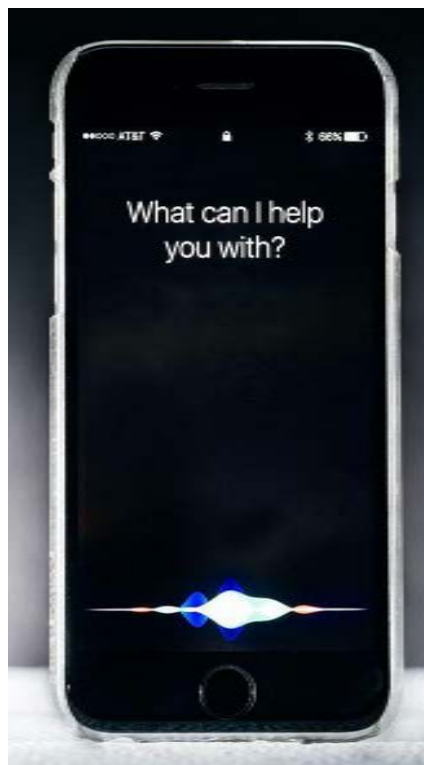


Slika 25: Algoritam učenja s pojačanjem [40]

2.3.1.3. Primjeri upotrebe strojnog učenja

Prepoznavanje govora

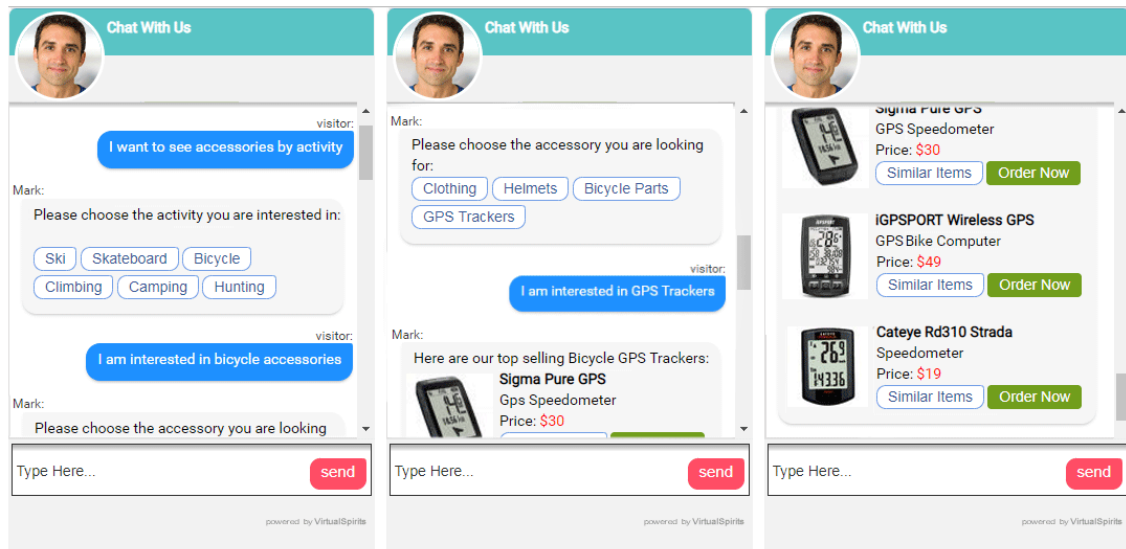
Također je poznato kao automatsko prepoznavanje govora (*engl. automatic speech recognition, ASR*), računalno prepoznavanje govora ili govor-u-tekst, a to je sposobnost koja koristi obradu prirodnog jezika za obradu ljudskog govora u pisani format. Mnogi mobilni uređaji uključuju prepoznavanje govora u svoje sustave za provođenje glasovnog pretraživanja, npr. Siri (slika 26), ili omogućiti veću pristupačnost oko slanja poruka. [39]



Slika 26: Apple-ova Siri [50]

Služba za korisnike

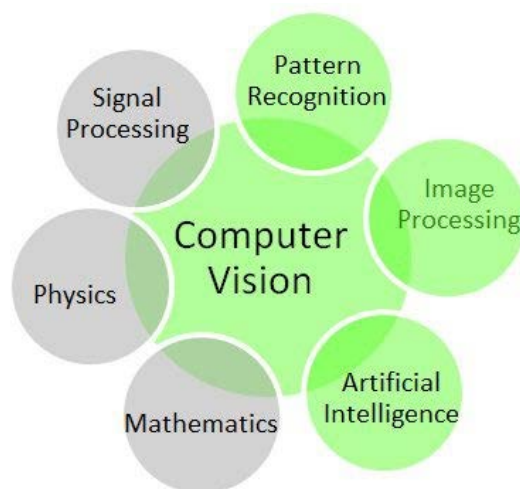
Online chatbotovi (slika 27) zamjenjuju ljudske agente kod tehničke podrške za kupce. Odgovaraju na često postavljana pitanja o temama kao što je npr., dostava, daju personalizirane savjete, unakrsnu prodaju proizvoda ili predlažu veličine za korisnike, mijenjajući način na koji se razmišlja o angažmanu korisnika na web-stranicama i platformama društvenih medija. Primjeri uključuju botove za razmjenu poruka na stranicama e-trgovine s virtualnim agentima, aplikacije za razmjenu poruka, kao što su Slack i Facebook Messenger, i zadatke koje obično obavljaju virtualni asistenti i glasovni asistenti. [39]



Slika 27: Primjer e-commerce chatbota [51]

Računalni vid

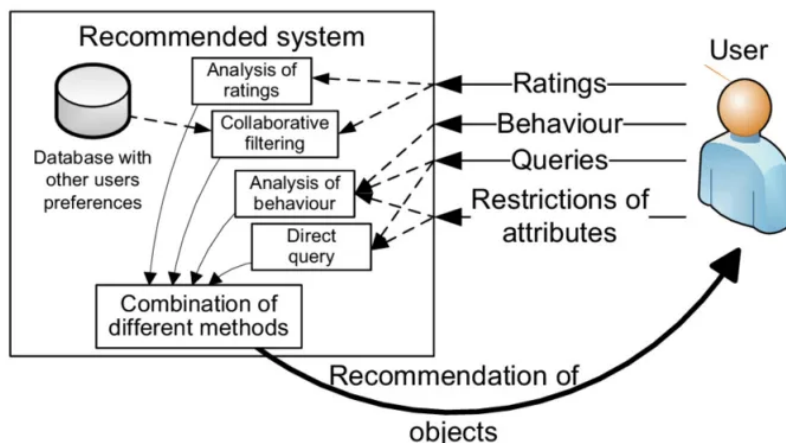
Ova tehnologija umjetne inteligencije omogućuje računalima i sustavima da izvuku značajne informacije iz digitalnih slika, videozapisa i drugih vizualnih ulaza i na temelju tih ulaza može poduzeti akciju (slika 28). Sposobnost pružanja preporuka razlikuje se od zadataka prepoznavanja slika. Pokrenut konvolucijskim neuronskim mrežama, računalni vid ima primjene unutar označavanja fotografija u društvenim medijima, radiološke slike u zdravstvu i samovozećih automobila u automobilskoj industriji. [39]



Slika 28: Računalni vid [52]

Sustav preporuka

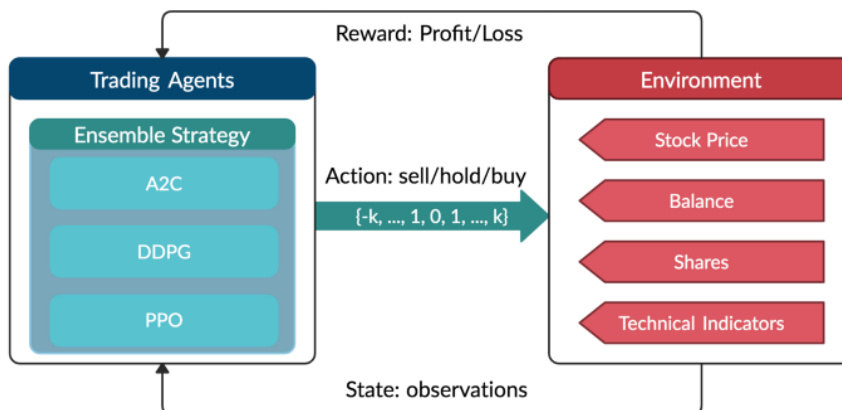
Koristeći podatke o ponašanju u prošlosti, AI algoritmi mogu pomoći u otkrivanju trendova podataka koji se mogu koristiti za razvoj učinkovitijih strategija unakrsne prodaje. To se koristi za davanje relevantnih preporuka za dodatke kupcima tijekom procesa naplate za online trgovce. [39]



Slika 29: Shema sustava preopruka [53]

Automatizirano trgovanje dionicama

Dizajnirane za optimizaciju portfelja dionica, platforme za visokofrekventno trgovanje vođene umjetnom inteligencijom ostvaruju tisuće ili čak milijune trgovanja dnevno bez ljudske intervencije. [39] Autmatizirano trgovanje dionicama je prikazano shemom na slici 30.



Slika 30: Shema automatiziranog trgovanja dionicama [54]

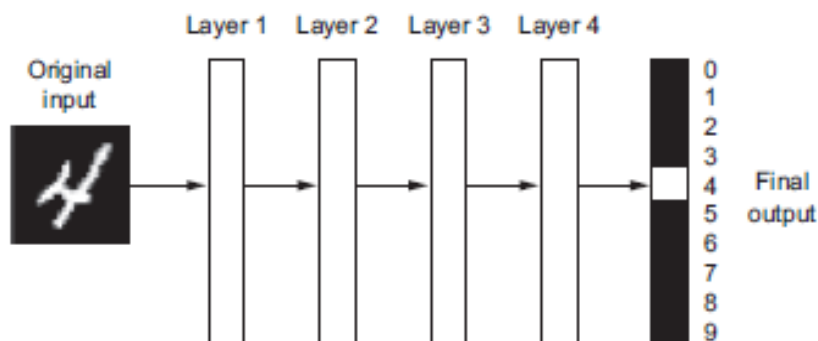
2.3.2. Duboko učenje

Duboko učenje je specifično podpodručje strojnog učenja, to jest, novi pristup učenju prikaza iz podataka koji stavlja naglasak na učenje uzastopnih slojeva sve značajnijih prikaza. Termin „duboko“ u dubokom učenju nije referenca na bilo kakvu vrstu dubljeg razumijevanja postignutog pristupom, nego stoji za ideju uzastopnih slojeva prikaza. Koliko slojeva doprinosi modelu podataka naziva se dubina modela. Drugi prikladni nazivi za područje mogu biti učenje slojevitih i hijerarhijskih prikaza. Moderno duboko učenje često uključuje desetke ili čak stotine uzastopnih slojeva prikaza te se svi oni uče automatski iz izlaganja podacima o obuci. U međuvremenu, drugi pristupi strojnom učenju imaju tendenciju da se usredotoče na učenje samo jednog ili dva sloja prikaza podataka; stoga se ponekad nazivaju plitkim učenjem. [55]

U dubokom učenju, slojeviti prikazi se uče putem modela zvanih neuronske mreže, strukturiranih u doslovne slojeve naslagane jedan na drugi. Pojam neuronske mreže odnosi se na neurobiologiju, ali iako su neki od središnjih koncepata dubokog učenja razvijeni djelomično crpljenjem inspiracije iz ljudskog razumijevanja mozga, modeli dubokog učenja nisu modeli mozga. Nema dokaza da mozak implementira nešto poput mehanizama učenja koji se koriste u modernim modelima dubokog učenja. [55]

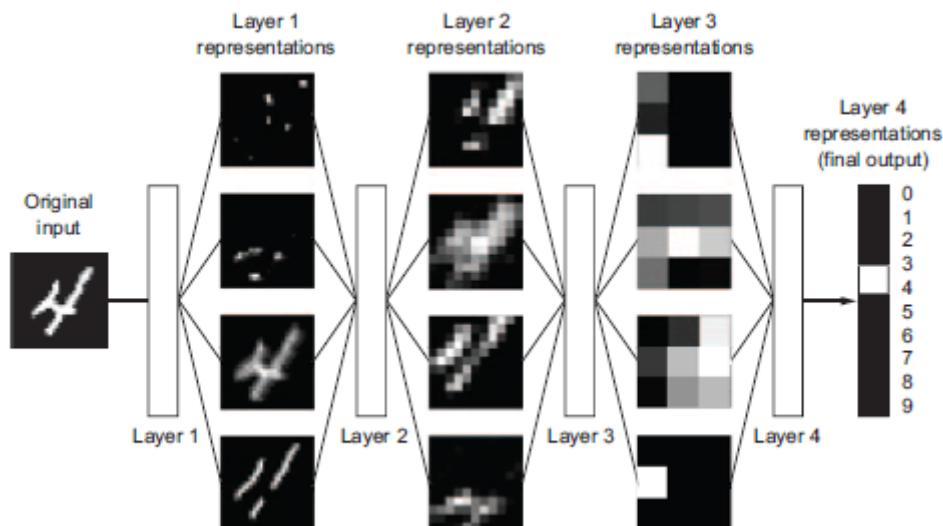
2.3.2.1. Princip rada dubokog učenja

Na slici 31 je prikazano kako mreža koja je duboka nekoliko slojeva transformira sliku znamenke kako bi prepoznala o kojoj se znamenki radi.



Slika 31: Duboka neuronska mreža za klasifikaciju znamenki [55]

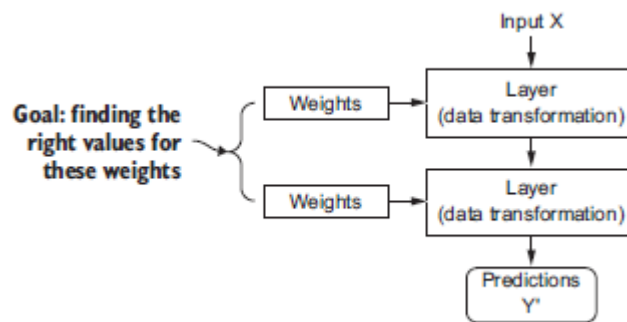
Kod slike 32, prikazano je kako mreža pretvara znamenkastu sliku u prikaze koji se sve više razlikuju od izvorne slike i sve su informativniji o konačnom rezultatu. Duboka neuronska mreža se može zamisliti kao višestupanjska operacija destilacije informacija, gdje informacije prolaze kroz uzastopne filtere i izlaze sve pročišćenije (to jest, korisne za neki zadatak). [55]



Slika 32: Duboki prikazi naučeni pomoću modela klasifikacije znamenki [55]

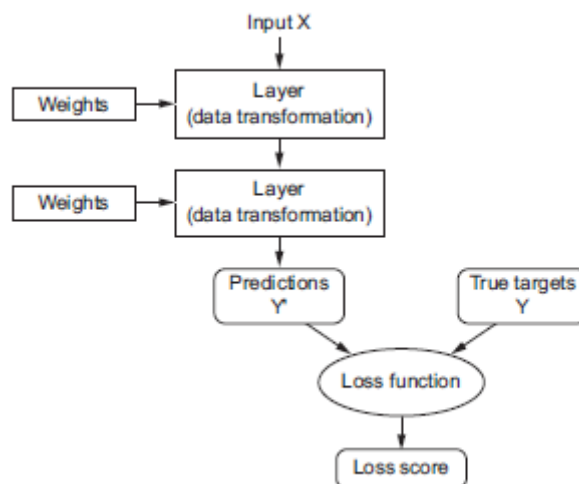
Sa slika 31 i 32 je upravo prikazano ono što je duboko učenje, u tehničkom smislu je to višestupanjski način učenja prikaza podataka. To je prikazano kao jednostavna ideja ali, kako se ispostavilo, vrlo jednostavni mehanizmi, dovoljno skalirani, mogu na kraju izgledati kao magija.

Specifikacija onoga što sloj čini svojim ulaznim podacima pohranjena je u težinama sloja, koje su u biti hrpa brojeva. U tehničkom smislu, može se reći da je transformacija koju provodi sloj parametrizirana svojim težinama (sliku 33). U ovom kontekstu učenje znači pronalaženje skupa vrijednosti za težine svih slojeva u mreži, tako da će mreža ispravno preslikati primjere ulaza na njihove povezane ciljeve, ali ovdje je stvar u tome da duboka neuronska mreža može sadržavati desetke milijuna parametara. Pronalaženje ispravne vrijednosti za sve njih može se činiti zastrašujućim zadatkom, pogotovo s obzirom na to da će pri izmjeni vrijednosti jednog parametra utjecati na ponašanje svih ostalih parametra. [55]



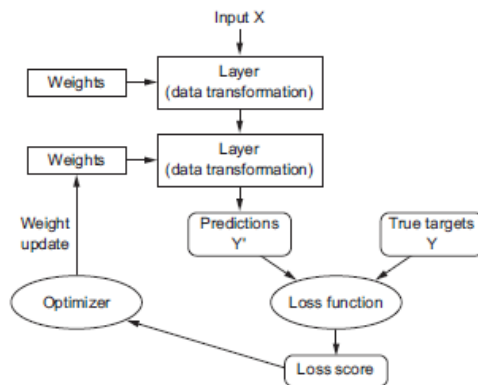
Slika 33: Parametrizacija neuronske mreže [55]

Da bi se nešto kontroliralo, prvo je potrebno imati mogućnost da se to može promatrati. Kod kontroliranja izlaza neuronske mreže, potrebno je biti u mogućnosti izmjeriti koliko je taj izlaz daleko od onoga se očekiva. To je zadatak funkcije gubitka mreže, koja se također naziva ciljna funkcija. Funkcija gubitka uzima predviđanja mreže i pravog cilja čime izračunava ocjenu udaljenosti, bilježeći koliko je dobro mreža radila na ovom specifičnom primjeru prikazanom na slici 34. [55]



Slika 34: Funkcija gubitka mreže [55]

Temeljni trik u dubokom učenju je korištenje ovog rezultata kao povratnog signala za malo podešavanje vrijednosti utega, u smjeru koji će smanjiti ocjenu gubitka za primjer prikazan na slici 35. Ova prilagodba je posao optimizatora, koji implementira ono što se naziva algoritam propagacije unatrag, središnji algoritam u dubokom učenju.



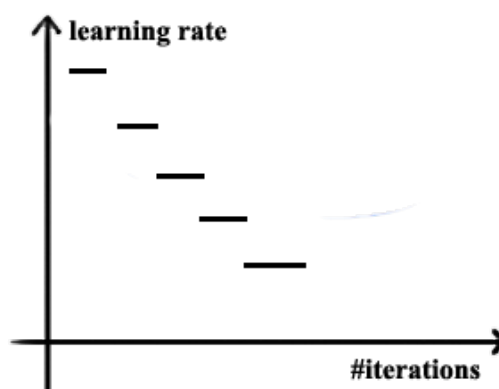
Slika 35: Ocjena gubitka mreže [55]

2.3.2.2. Metode dubokog učenja

Za stvaranje snažnih modela dubokog učenja mogu se koristiti različite metode. [56] Te metode su:

Metoda smanjenja stope učenja

Stopa učenja (slika 36) je hiperparametar, faktor koji definira sustav ili postavlja uvjete za njegov rad prije procesa učenja koji kontrolira koliku promjenu doživljava model kao odgovor na procijenjenu grešku svaki put kada se promijene težine modela. Previsoke stope učenja mogu rezultirati nestabilnim trenažnim procesima ili učenjem neoptimalnog skupa utega. Stope učenja koje su premale mogu proizvesti dugotrajan proces treninga koji može zapeti. [56]

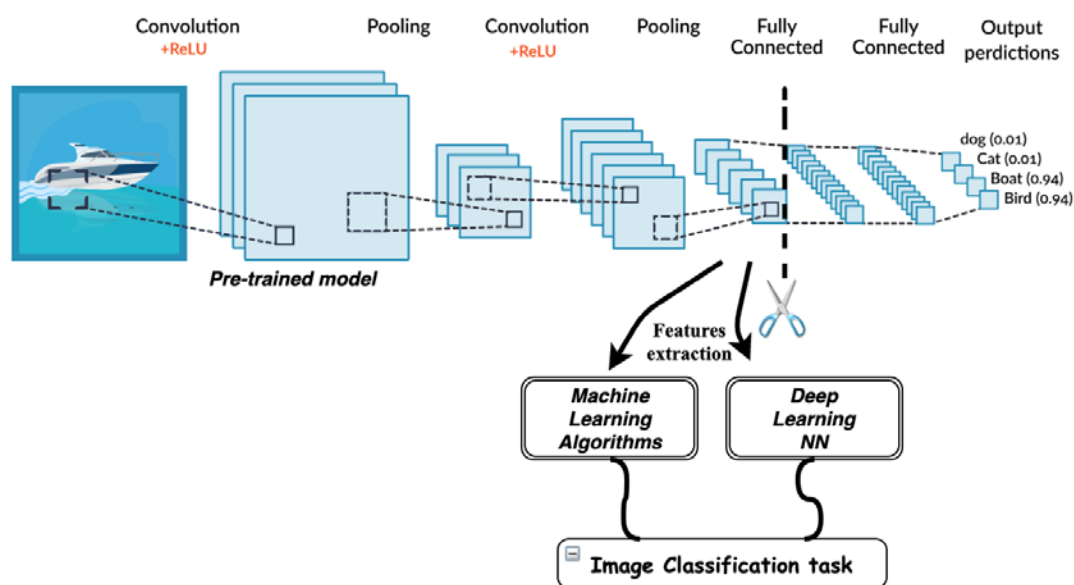


Slika 36: Dijagram stope učenja [57]

Metoda opadanja brzine učenja, također nazvana adaptivna stopa učenja je proces prilagođavanja brzine učenja kako bi se povećala izvedba i smanjilo vrijeme treninga. Najlakše i najčešće prilagodbe brzine učenja tijekom treninga uključuju tehnike za smanjenje stope učenja tijekom vremena. [56]

Metoda prijenosa učenja

Ovaj proces uključuje usavršavanje prethodno obučenog modela; zahtijeva sučelje za unutarnje dijelove već postojeće mreže. Prvo, korisnici u postojeću mrežu unose nove podatke koji sadrže prethodno nepoznate klasifikacije. Nakon prilagodbe mreže, novi se zadaci mogu izvoditi s specifičnijim sposobnostima kategorizacije. Ova metoda ima prednost što zahtijeva mnogo manje podataka od drugih, čime se vrijeme izračunavanja smanjuje na minute ili sate. [56] Shema ove metode je prikazana na slici 37.

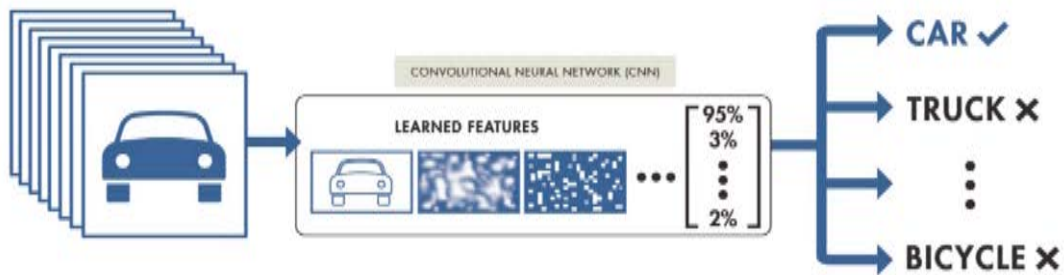


Slika 37: Shema metode prijenosa učenja [58]

Metoda nultog treninga

Ova metoda zahtijeva od razvojnog programera da prikupi veliki skup označenih podataka i konfigurira mrežnu arhitekturu koja može naučiti značajke i model. Upravo ova tehnika je posebno korisna za nove aplikacije, kao i aplikacije s velikim brojem izlaznih kategorija. Međutim, to je općenito manje uobičajen pristup, jer zahtijeva

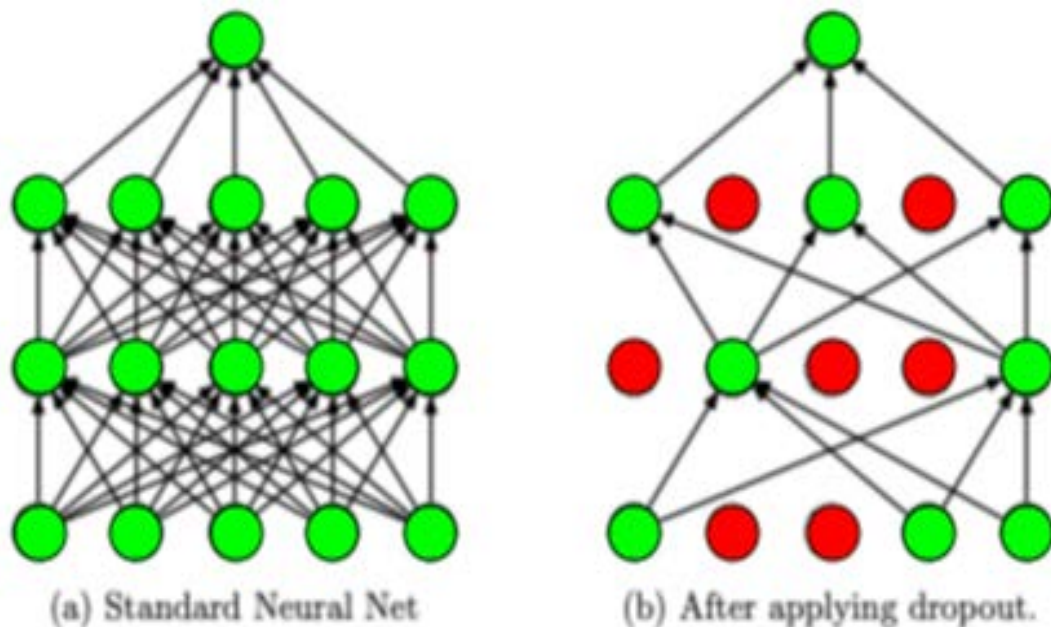
neumjerene količine podataka, zbog čega trening traje nekoliko dana ili tjedana. [56]
Primjer ove metode prikazan je preko sheme na slici 38.



Slika 38: Shema metode trening od nule [59]

„Dropout“ metoda

Ova metoda pokušava riješiti problem preopterećenja u mrežama s velikim količinama parametara nasumičnim ispuštanjem jedinica i njihovih veza iz neuronske mreže tijekom treninga (slika 39). Dokazano je da „Dropout“ metoda može poboljšati performanse neuronskih mreža na zadacima nadziranog učenja u područjima kao što su prepoznavanje govora, klasifikacija dokumenata i računalna biologija. [56]



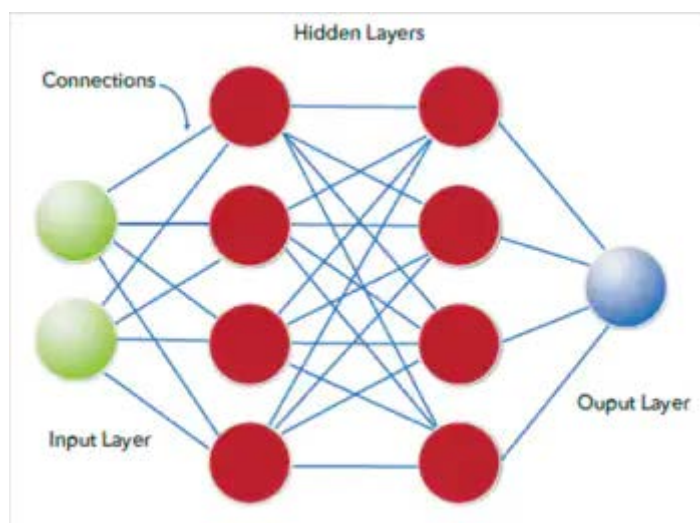
Slika 39: Upotreba „Dropout“ metode [60]

2.3.3. Neuronske mreže

Neuronska mreža je metoda u umjetnoj inteligenciji koja uči računala da obrađuju podatke na način koji je inspiriran ljudskim mozgom. To je vrsta procesa strojnog učenja, nazvanog duboko učenje, koji koristi međusobno povezane čvorove ili neurone u slojevitoj strukturi koja nalikuje ljudskom mozgu. Neuronske mreže stvaraju prilagodljive sustave koje računala koriste da uče iz svojih pogrešaka i kontinuirano se poboljšavaju. Umjetne neuronske mreže stoga pokušavaju riješiti komplicirane probleme, poput sažimanja dokumenata ili prepoznavanja lica, s većom točnošću. [61]

2.3.3.1. Princip rada neuronske mreže

Jednostavna neuronska mreža (slika 40) uključuje ulazni sloj, izlazni (ili ciljani) sloj i između njih, skriveni sloj. Slojevi su povezani putem čvorova, a te veze čine „mrežu“, neuronsku mrežu međusobno povezanih čvorova. [62]



Slika 40: Jednostavna neuronska mreža [62]

Čvor u neuronskoj mreži je po uzoru na neuron u ljudskom mozgu. Podaci se unose u neuronsku mrežu kroz ulazni sloj, koji komunicira sa skrivenim slojevima. Obrada se odvija u skrivenim slojevima kroz sustav ponderiranih veza. Čvorovi u skrivenom sloju zatim kombiniraju podatke iz ulaznog sloja sa skupom koeficijenata i ulazima dodjeljuju odgovarajuće težine, a zatim se zbrajaju ovi produkti ulazne težine. Zbroj se prenosi kroz funkciju aktivacije čvora, koja određuje opseg u kojem signal mora

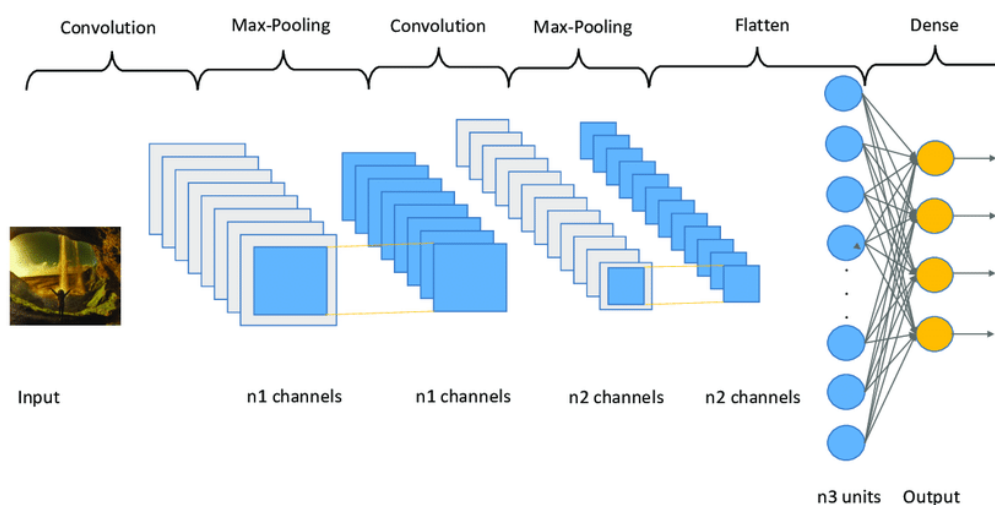
napredovati dalje kroz mrežu kako bi utjecao na konačni izlaz. Konačno, skriveni slojevi povezuju se s izlaznim slojem gdje se dohvaćaju rezultati.

2.3.3.2. Vrste neuronskih mreža

Postoje različite vrste dubokih neuronskih mreža i svaka ima prednosti i nedostatke, ovisno o upotrebi. Primjeri uključuju:

Konvolucijska neuronska mreža (CNN)

Ona sadrže pet vrsta slojeva: ulaz, konvolucija, udruživanje, potpuno povezano i izlazno. Svaki sloj ima specifičnu svrhu, kao što je sažimanje, povezivanje ili aktiviranje. Konvolucijske neuronske mreže popularizirale su klasifikaciju slika i detekciju objekata. Međutim, CNN-ovi su također primijenjeni na druga područja, kao što su obrada prirodnog jezika i predviđanje. [62] Na slici 41 je prikazana shema konvolucijske neuronske mreže.

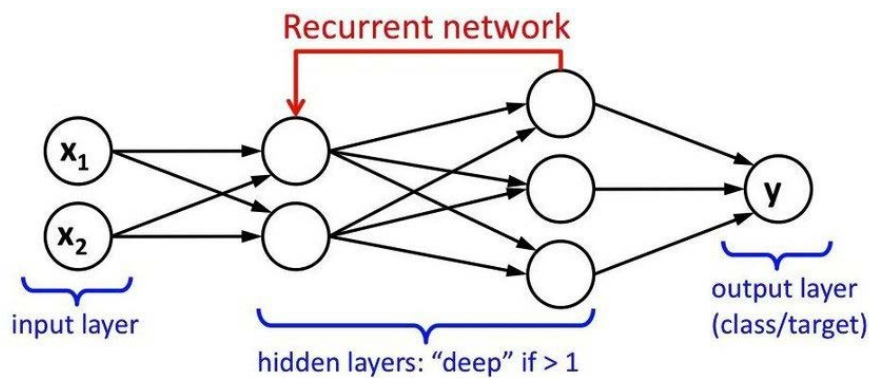


Slika 41: Shema konvolucijske neuronske mreže [63]

Rekurentna neuronska mreža (RNN)

Takva vrsta koristi sekvencijalne informacije kao što su podaci s vremenskim žigom sa senzorskog uređaja ili izgovorena rečenica koja je sastavljena od niza pojmova. Za razliku od tradicionalnih neuronskih mreža, svi ulazi u rekurentnu neuronsku mrežu nisu neovisni jedan o drugom, a izlaz za svaki element ovisi o izračunima od njegovih prethodnih elemenata. RNN se koriste u aplikacijama za predviđanje i vremenske serije,

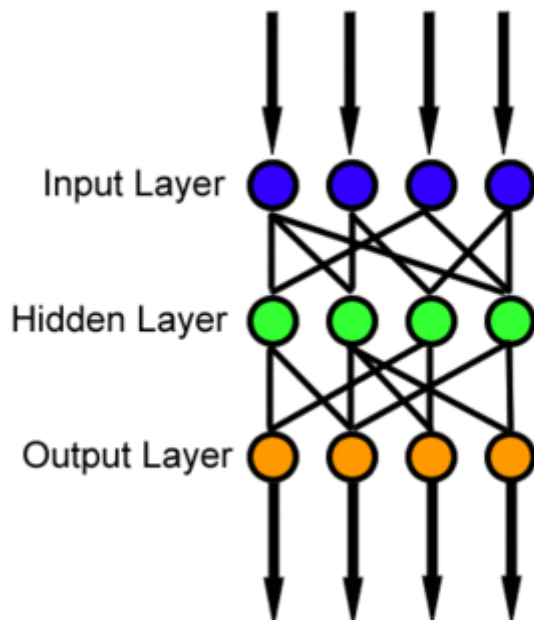
analizi osjećaja i drugim tekstualnim aplikacijama. [62] Rekurentna neuronska mreža je prikazana shemom na slici 42.



Slika 42: Shema rekurentne neuronske mreže [64]

Neuralne mreže naprijed

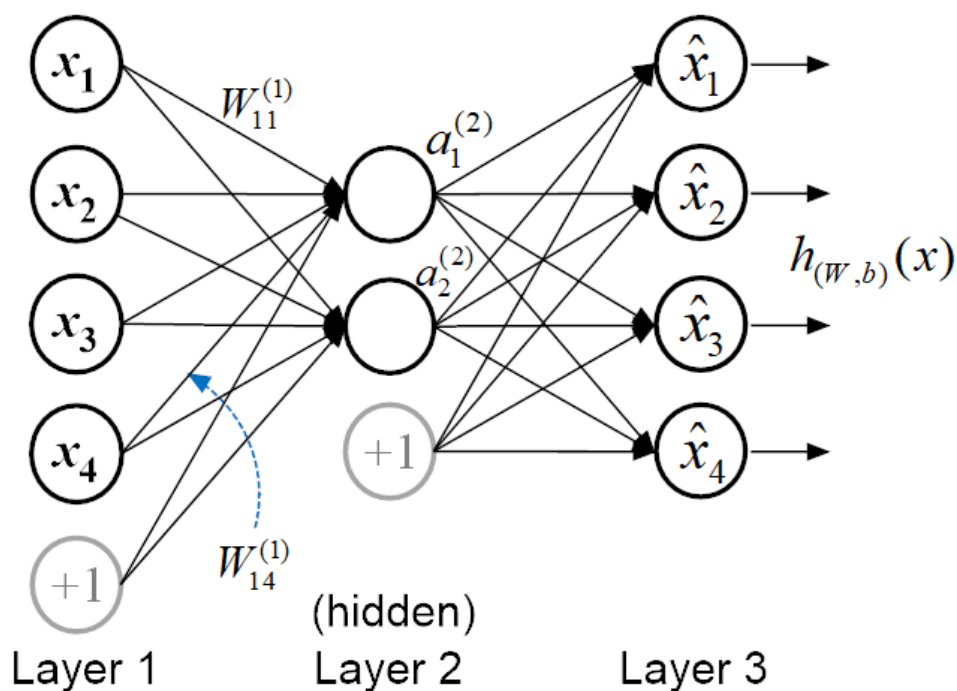
Vrsta neuronskih mreža u kojima je svaki perceptron u jednom sloju povezan sa svakim perceptronom iz sljedećeg sloja. Kao što je prikazano na slici 43, informacije se prenose naprijed s jednog sloja na sljedeći samo u smjeru naprijed te nema povratnih petlji. [62]



Slika 43: Shema neuralne mreže naprijed [65]

Autoenkoderska neuralna mreža

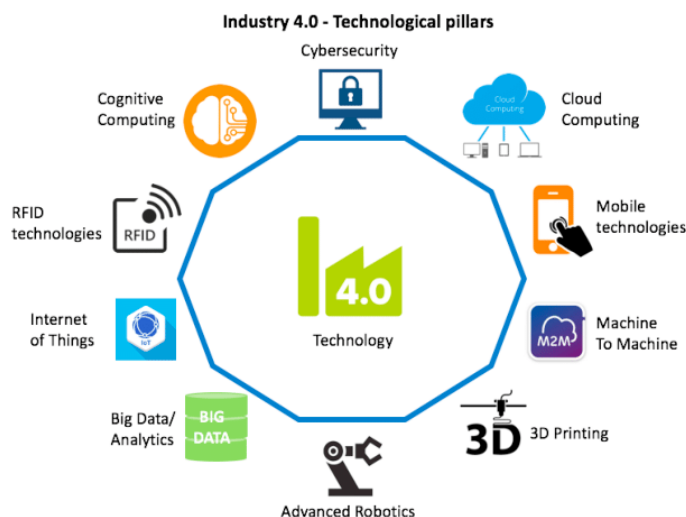
Ova vrsta se koristi za stvaranje apstrakcija koje se nazivaju koderi, kreiranih iz zadanog skupa ulaza. Iako slični tradicionalnijim neuronskim mrežama, autoenkoderi nastoje sami modelirati ulaze, pa se stoga metoda smatra nenadgledanom. Pretpostavka autoenkodera je desenzibilizirati nebitno i senzibilizirati relevantno. Kako se slojevi dodaju, daljnje apstrakcije se formuliraju na višim slojevima (slojevi najbliži točki u kojoj se uvodi sloj dekodera). Te apstrakcije mogu koristiti linearni ili nelinearni klasifikatori. [62] Autoenkoderska neuralna mreža je prikazana shemom na slici 44.



Slika 44: Shema autoenkoderske neuralne mreže [66]

3. INDUSTRIJA 4.0

Industrija 4.0 ili 4. Industrijska revolucija naglasak stavlja na digitalnu tehnologiju iz posljednjih desetljeća na sasvim novu razinu uz pomoć međusobne povezanosti putem Interneta stvari (*engl. Internet of Things, IoT*), pristupa podacima u stvarnom vremenu i uvođenja kibernetičko-fizičkih sustava. Industrija 4.0 nudi sveobuhvatniji, međusobno povezani i cjeloviti pristup proizvodnji. Povezuje fizičko s digitalnim i omogućuje bolju suradnju i pristup odjelima, partnerima, dobavljačima, proizvodima i ljudima. Industrija 4.0 omogućuje vlasnicima tvrtki da bolje kontroliraju i razumiju svaki aspekt svog rada, a omogućuje im i trenutne podatke kako bi povećali produktivnost, poboljšali procese i potaknuli rast. [67]



Slika 45: Industrija 4.0 [68]

3.1. Načela dizajna Industrije 4.0

Industrija 4.0 u svom okviru obuhvaća šest načela dizajna [69] To su:

- decentralizacija,
- virtualizacija,
- interoperabilnost,
- modularnost,
- sposobnost u stvarnom vremenu,
- orijentacija na uslugu.

Decentralizacija

Decentralizacija se u Industriji 4.0 shvaća kao veća sposobnost lokalnih tvrtki i specifičnih operacija, kao i onih koje provode strojevi, da sami donose svoje odluke. Umjesto korištenja središnjih računala ili hijerarhijskog donošenja odluka, omogućavajući i dopuštajući lokalnim operaterima da odgovore na promjene i prilagode, ovaj princip pruža veću fleksibilnost i olakšava korištenje stručnosti. To se može shvatiti kao dekompozicija klasične proizvodne hijerarhije za promjenu poduzeća kao decentralizirane samoorganizacije. Međutim, načelo decentralizacije ne može se promatrati samo za strojeve jer se odnosi na autonomiju koja se daje ljudima kao suradnicima u Industriji 4.0. Ljudi imaju veću slobodu identificiranja aspekata, analize parametara i donošenja odluka kad god je to potrebno, s ciljem općeg dobra za svoje područje djelovanja u industriji kao i za njegovu punoću.

Virtualizacija

Korištenjem nadzora i komunikacije između uređaja (*engl. machine-to-machine, M2M*), „virtual twin“ se može izvući iz industrije. Podaci senzora povezani su s virtualnim modelima postrojenja i simulacijskim modelima. Tako se može stvoriti virtualna kopija fizičkog svijeta. U slučaju neuspjeha, zaposlenik se može obavijestiti. Osim toga, sve potrebne informacije, kao što su sljedeći radni koraci ili sigurnosne odredbe, ostaju dostupne. Virtualizaciju u Industriji 4.0 ljudi koriste kao vrlo potencijalne alate za pomoć ljudskom radu. Ovo načelo pojednostavljuje vrijeme, analizu i donošenje odluka zaposlenika i uspostavljenih timova pružajući, dijeleći i sintetizirajući informacije virtualno, brzo i u stvarnom vremenu.

Interoperabilnost

Načelo interoperabilnosti u proizvodnom okruženju Industrije 4.0 znači da kibernetičko-fizički sustav (*engl. cyber-physical system, CPS*) obuhvaća inteligentne strojeve i inteligentne sustave za pohranu podataka i objekte sposobne za autonomnu razmjenu informacija, pokretanje akcija i neovisnu kontrolu jedni nad drugima. Ugrađeni proizvodni sustavi su vertikalno povezani s poslovnim procesima unutar industrije, a horizontalno, s lancem vrijednosti, povezivanjem softvera i programa. Interoperabilnost je također povezana s radom koji se obavlja s čovjek-stroj interakcijom, a sastoji se i od

spособnosti ljudi da skladno rade sa strojevima, tako da se uloženi trud sinkronizirano ostvaruje u svim industrijskim aktivnostima.

Modularnost

Princip modularnosti uključuje modularne sustave koji se mogu fleksibilno prilagoditi promjenjivim zahtjevima zamjenom ili proširenjem pojedinačnih proizvodnih modula, čineći dodavanje ili uklanjanje modula mnogo lakšim. Ovi se modularni sustavi mogu jednostavno prilagoditi u slučaju sezonskih fluktuacija ili promjena u potrebama proizvodnje proizvoda, kao u slučaju uključivanja novih tehnologija. Stoga se proizvodnja uvijek može prilagoditi ekološkim, sustavnim i promjenjivim zahtjevima kupaca bez greške, gubitka produktivnosti ili nezadovoljstva kupaca.

Sposobnost u stvarnom vremenu

Načelo sposobnosti u stvarnom vremenu navodi da će se u procesu proizvodnje inteligentni strojevi sa specifičnim softverom automatski prilagoditi procesu i donošenju odluka od strane CPS-a produktivnim potrebama, prateći na taj način kvalitetu proizvoda kako bi donosili odluke u svakom trenutku. potreba. Ovo međusobno povezivanje će minimizirati zlouporabu resursa, otpada, materijalnog otpada i povećati energetska učinkovitost. Princip sposobnosti u stvarnom vremenu jedan je od najistaknutijih aspekata Industrije 4.0 jer je odgovoran za osiguranje da industrija ima najbolje moguće vrijeme odgovora na unutarnje i vanjske podražaje dijeljenjem, primanjem i analizom podataka i informacija u stvarnom vremenu.

Orijentacija na uslugu

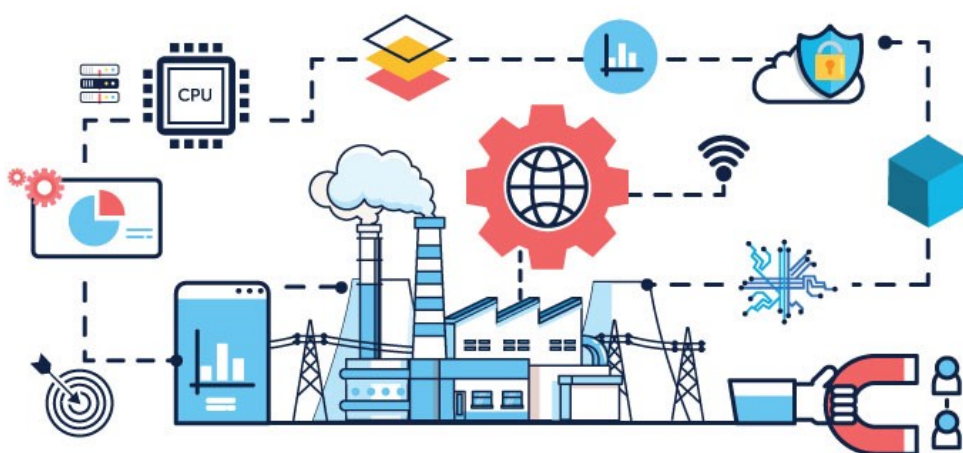
Uz načelo orijentacije na usluge, Industrija 4.0 čuva performanse svoje mreže u partnerstvu sa svim svojim dionicima, bilo da su kupci, partnerske industrije i dobavljači, između mnogih drugih. Svatko može imati pristup korisnim uslugama, proizvodima i informacijama o industriji koristeći virtualne i digitalne platforme dostupne u svakom trenutku.

3.2. Ključne tehnologije u Industriji 4.0

Glavni ciljevi Industrije 4.0 su poboljšati i nadograditi postojeće proizvodne pogone, sustave i tehnologije upravljanja i održavanja na inteligentnu razinu korištenjem ključnih tehnologija kao što su IoT, IoS, CPS, autonomna, fleksibilna i kooperativna robotika, simulacije koje koriste stvarne podatke o vremenu i zrcaljenje stvarnog svijeta u virtualni model, analitiku velikih podataka, proširenu stvarnost, aditivnu proizvodnju, informacijske i komunikacijske tehnologije te napredne mrežne tehnologije. Također, Industrija 4.0 se nastoji pozabaviti dinamičnim globalnim tržištem i konkurentskom prirodom današnjih industrija u skladu s promjenjivim potrebama kupaca i tržišta. Horizontalna i vertikalna integracija sustava omogućit će da se sposobnosti, funkcije, odjeli i poduzeća razvijaju u međusobno povezanoj mreži koja omogućuje automatizirani lanac vrijednosti. [70]

3.2.1. Industrijski internet stvari

Industrijski internet stvari (*engl. Industrial Internet of Things, IIoT*) prikazan na slici 46 je posebna kategorija IoT-a koja se fokusira na njegove primjene i slučajevne upotrebe u modernim industrijama i inteligentnoj proizvodnji. IIoT, koji se koristi u kontekstu Industrije 4.0, može se smatrati složenim sustavom različitih sustava i uređaja. Točnije, s ciljem proizvodnje sustava koji funkcionira učinkovitije od zbroja njegovih dijelova, IIoT kombinira nekoliko suvremenih ključnih tehnologija [70]

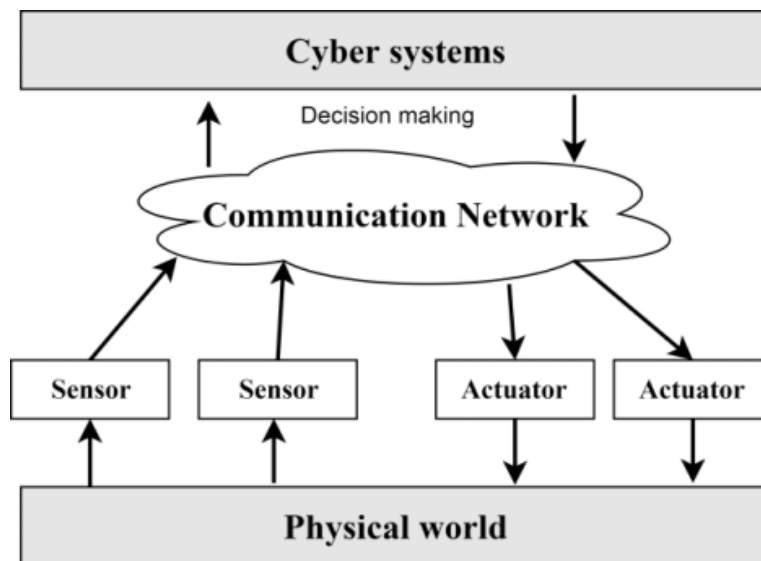


Slika 46: Industrijski internet stvari [71]

Korištenjem odgovarajućih usluga, mrežnih tehnologija, aplikacija, senzora, softvera, međuprograma i sustava za pohranu, IIoT pruža rješenja i funkcije koje razvijaju uvid i poboljšavaju potencijal i sposobnost praćenja i kontrole poslovnih procesa i imovine. Usluge i aplikacije IIoT-a pružaju vitalna rješenja za učinkovitije raspoređivanje, planiranje i kontrolu proizvodnih operacija i sustava. Dodatno, putem različitih međusobno povezanih uređaja koji mogu komunicirati i komunicirati međusobno i s centraliziranim kontrolerima, IIoT će decentralizirati analitiku i donošenje odluka, čineći tako odgovore i reakcije u stvarnom vremenu izvedivima. Kao rezultat toga, sveukupna dostupnost i mogućnost održavanja poduzeća je poboljšana, njihova operativna učinkovitost je poboljšana, produktivnost je ubrzana, njihovo vrijeme dolaska proizvoda na tržište je smanjeno smanjenjem neplaniranih zastoja i njihova je ukupna operativna učinkovitost optimizirana, čime se ostvaruje ogroman potencijal za neviđene razine gospodarskog rasta i učinkovitosti produktivnosti. [70]

3.2.2. Kibernetičko-fizički sustavi

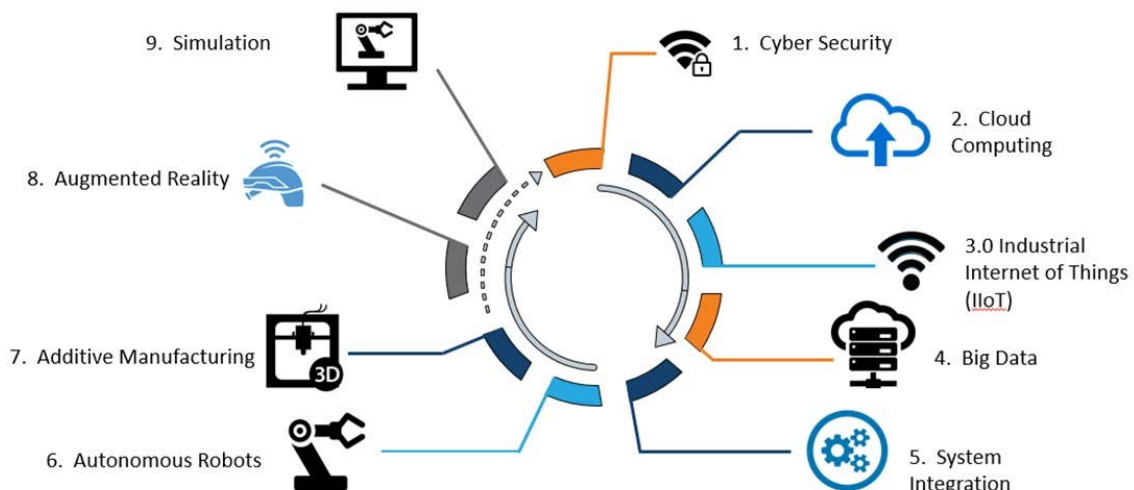
Kibernetičko-fizičke tehnologije i programski okviri sve su više prihvaćeni u industriji zbog značajnog tehnološkog napretka u domenama računalnih znanosti, ICT-a i proizvodnje. Za razliku od tradicionalnih ugrađenih sustava, CPS-omogućeni sustavi sadrže „kibernetičko-upletene usluge kao što su kontrolni algoritmi i računski kapaciteti“ zajedno sa specijaliziranim računalnim sposobnostima, fizičkom imovinom i umreženim interakcijama te također uključuju veliki broj transdisciplinarnih metodologija. Koncept CPS-a olakšava ekosustav kibernetičke proizvodnje, gdje pametni strojevi obrađuju proizvodne podatke putem bežičnog ugrađenog mrežnog sustava. Štoviše, CPS-ovi su definirani kao transformativne tehnologije koje mogu neprimjetno povezati fizički s virtualnim svijetom kroz svoje napredne i nove sustave. Stoga su dizajnirani i razvijeni tako da imaju i fizičke ulaze i izlaze kako bi omogućili i poboljšali interakciju s ljudima koristeći inovativne modalitete. [70] CPS je prikazan shemom na slici 47.



Slika 47: Shema kibnetičko-fizičkog sustava [72]

3.2.3. Računarstvo u oblaku

Računarstvo u oblaku (*engl. Cloud Computing*) prikazano na slici 48 je skup mrežnih usluga, koji pružaju skalabilnu, zajamčenu kvalitetz usluge, normalno personaliziranu, jeftinu računsku infrastrukturu na zahtjev, kojoj se može pristupiti na jednostavan i sveobuhvatan način. Računarstvo u oblaku igra vodeću ulogu u poboljšanju i transformaciji trenutne industrije jer je riječ o vrsti outsourcinga koji kombinira veliki broj računalnih poslužitelja i resursa s ciljem nuđenja računalnih programa, usluga visoke razine i resursa na zahtjev ili plaćanje po ciklusu u stvarnom vremenu. Računarstvo u oblaku podijeljeno je na tri razine ponude usluga, a to su softver kao usluga (*engl. Software as a Service, SaaS*), platforma kao usluga (*engl. Platform as a Service, PaaS*) i infrastruktura kao usluga (*engl. Infrastructure as a Service, IaaS*) koje podržavaju različite razine virtualizacije i upravljanja stogom rješenja. [70]



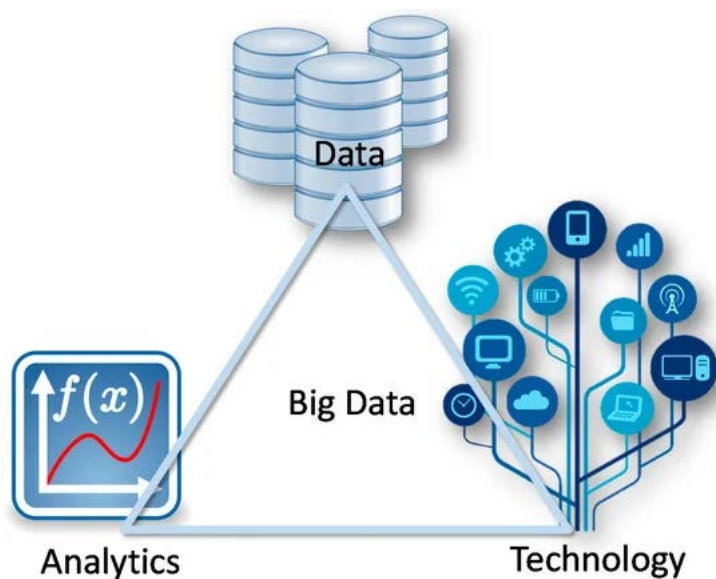
Slika 48: Shema računarstva u oblaku [73]

Upotreba naprednih aplikacija i usluga koje se dinamički povećavaju s povećanim brojem korisnika smatra se jednom od glavnih prednosti računarstva u oblaku, štoviše, korisnici i poduzeća imaju brz pristup aplikacijama, programima i uslugama koje se brzo osiguravaju uz minimalan napor upravljanja i koje se nalaze u „oblaku“ u bilo koje vrijeme i s bilo kojeg mjesta. Stoga poduzeća u industrijskoj domeni naširoko koriste različite aplikacije temeljene na oblaku kako bi unaprijedile ključne za svoje učinkovito funkcioniranje sustava, kao što su upravljanje odnosima s klijentima (*engl. Client Relations Manager, CRM*), upravljanje ljudskim resursima (*engl. Human Resources Management, HRM*) i drugi. [70]

3.2.4. Big data i napredna analitika podataka

Digitalizacija svakodnevnog života usvajanjem pametnih uređaja i naprednih tehnologija (npr. IoT, umjetna inteligencija, društvene mreže, itd.) dovela je do povećanja izvora podataka i raznolikosti digitalnog sadržaja kao i podataka vrste, forme i strukture. Posljedično, generira se ogromna količina heterogenih podataka, nazvanih „big data“, koja se eksponencijalno povećava na dnevnoj bazi. Ključni pokretači su: podaci, tehnologija i analitika (slika 49). Volumen, raznolikost, istinitost, brzina i vrijednost ključni su čimbenici koji karakteriziraju i razlikuju velike podatke od tradicionalnih podataka. Veliki podaci igraju ključnu ulogu u industrijama i inteligentnoj proizvodnji jer poduzećima mogu pružiti brojne prednosti, zasluge i prednosti kroz različite prediktivne i preskriptivne uvide. Stoga bi poduzeća koja žele

ostati konkurentna trebala dati prednost implementaciji i korištenju suvremenih naprednih analitičkih alata, tehnika, metoda i aplikacija s ciljem obrade velikih podataka, prikupljanja inteligencije i dohvaćanja vrijednosti vitalnih podataka u svakom pojedinom slučaju. Ti se alati nazivaju analitika velikih podataka (*engl. Big Data Analytics*) i koriste paralelne i analitičke tehnike za analizu ogromnog volumena raznolikih podataka koji se brzo transformiraju što omogućuje prikupljanje, proces i upravljanje vitalnim informacijama i statistikama. Daleko najučinkovitiji način da poduzeća steknu goleme prednosti u odnosu na svoje konkurente, optimiziraju operacije, poboljšaju produktivnost, kvalitetu i učinkovitost i smanje operative troškove je korištenje svih novostečenih znanja kako bi se generirali neprocjenjivi uvidi i poboljšali servis i održavanje opreme. Ipak, kako bi u potpunosti iskoristila velike podatke i iskoristila sve njihove prednosti, poduzeća moraju promijeniti svoju kulturu donošenja odluka i uzeti u obzir da bez obzira na to koliko se povećava potencijal velikih podataka i analitičkih alata, potreba za ljudskim uvidom ne bi trebala biti zanemaren. [70]

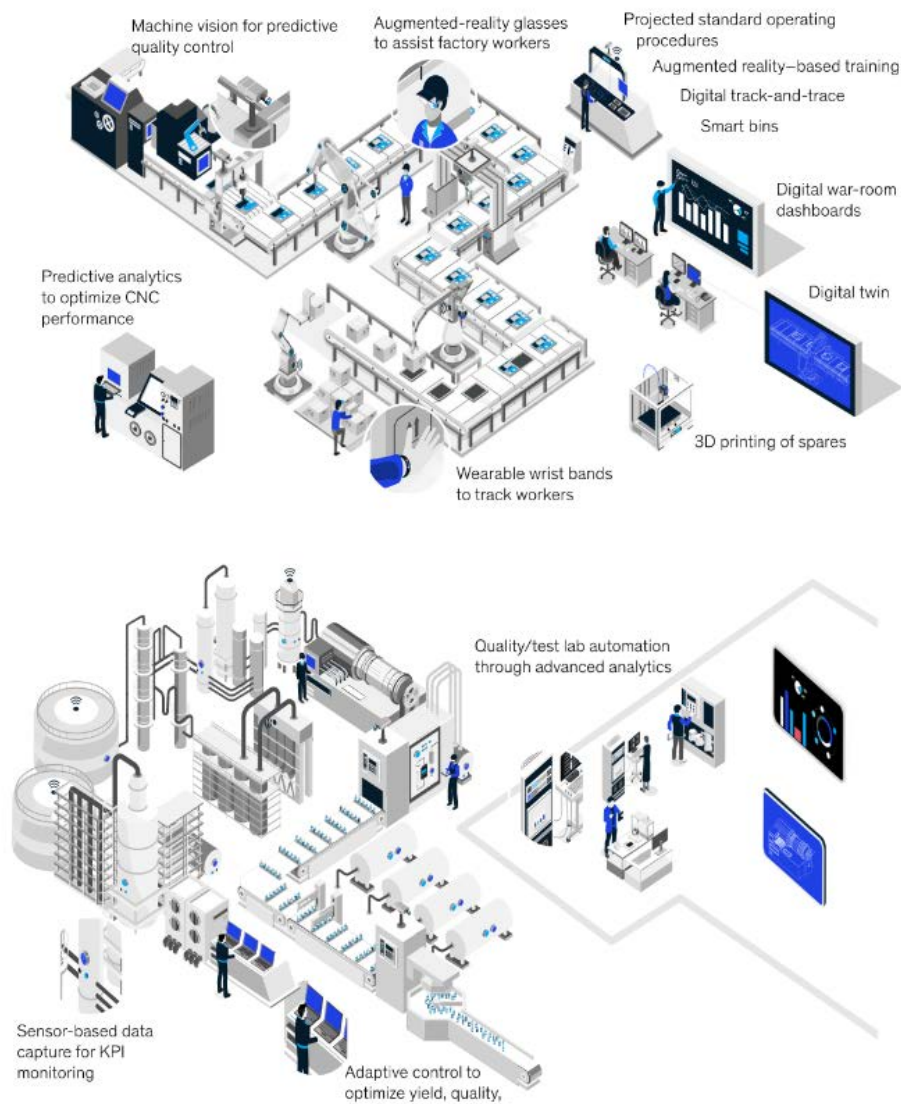


Slika 49: Ključni pokretači koji su u osnovi pokreta Big Data [73]

3.3. Pametna proizvodnja

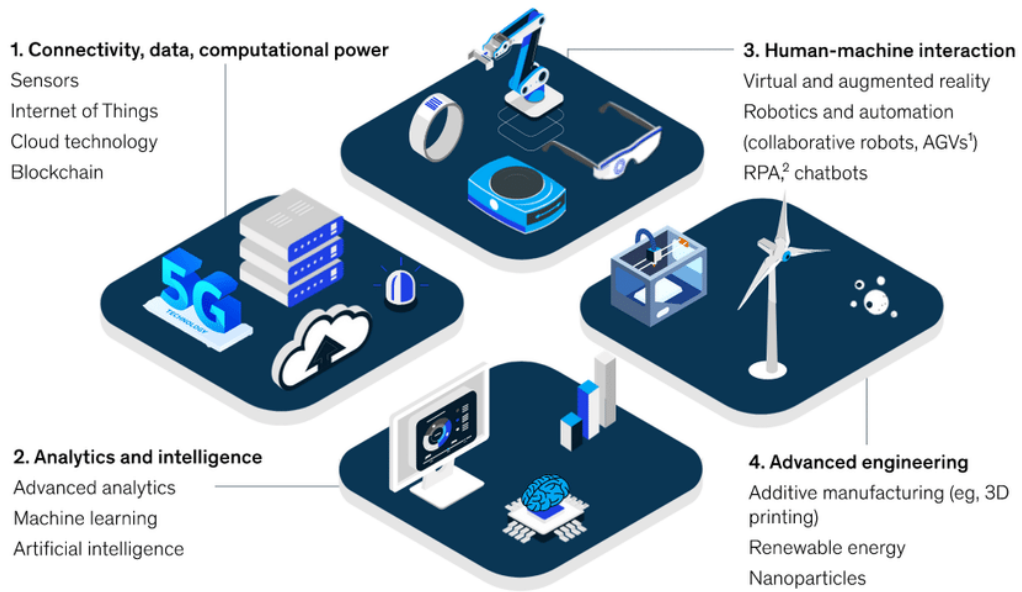
Proizvodnja se sastoji od ključne industrijske komponente koja ima vitalni utjecaj na život ljudi i gospodarstvo nacije. Osim toga, to je jedno od najvećih i vrlo međusobno povezanih IoT tržišta i uključuje širok raspon operacija, procesa, usluga, proizvoda itd. S ciljem poboljšanja cjelokupne proizvodnje, produktivnosti i upravljanja kvalitetom proizvoda u različitim fazama životnog ciklusa proizvoda, IoT nudi aplikacije i usluge koje uključuju napredno praćenje i praćenje, optimizaciju performansi i mogućnosti održavanja te interakciju s ljudskim strojem. Stoga je razumljivo da IoT može pružiti mnoga rješenja za proizvodnu domenu koju karakterizira njegova složenost i širina aplikacija, raznoliki kibernetičko-fizički sustavi i njegove metodologije upravljanja proizvodnim operacijama. [70]

U kontekstu Industrije 4.0, inteligentna proizvodnja, također poznata kao pametna proizvodnja, koristi arhitekturu orijentiranu na usluge i smatra se novim proizvodnim modelom koji koristi prednosti i u potpunosti koristi različite napredne informacije i proizvodne tehnike, metodologije i tehnologije. Cilj mu je temeljna transformacija tradicionalnih poduzeća u inteligentna kako bi se učinkovito odgovorilo na ekonomiju dinamičke potražnje usmjerenu na kupce, partnere i javnost; upravljanje performansama i varijabilnosti poduzeća; integrirano inženjerstvo računalnih materijala u stvarnom vremenu i brze kvalifikacije, usluge lanca opskrbe vođene potražnjom i široka uključenost radne snage. Inteligentna proizvodnja koristi kombiniranu inteligenciju ljudi, procesa i strojeva kako bi se povećala proizvodnja, kvaliteta proizvoda i učinkovitost produktivnosti (slika 50). Nudi pametna rješenja za otkrivanje i praćenje potencijalnih oštećenja, kvarova i kvarova. Štoviše, poboljšava kontrolu i upravljanje, poboljšava održavanje i dostupnost te optimizira upravljanje i dijeljenje resursa. Osim toga, primjenjuje najsuvremenije tehnologije na različite tradicionalne sustave, usluge i proizvode. Kao rezultat toga, očito je da inteligentna proizvodnja ima drastičan utjecaj na cjelokupnu funkciju i ekonomsko stanje poduzeća te će utrti put za napredak modernih industrija. [70]



Slika 50: Proces proizvodnje u pametnoj tvornici [74]

Inteligentna proizvodnja ima za cilj razvoj u stvarnom vremenu, autonomnih i čovjeku sličnih inteligentnih sustava donošenja odluka koji smanjuju potrebu za ljudskim sudjelovanjem i intervencijom. Kako bi se to postiglo, koriste se umjetna inteligencija, strojno učenje, genetski algoritmi i druge napredne tehnologije, metodologije i tehnike kao što je prikazano na slici 51. Ova činjenica čini glavni čimbenik razlikovanja između inteligentne proizvodnje i tradicionalne proizvodnje. Usprkos tome, cilj obje proizvodne domene ostaje isti, odnosno zadovoljiti zahtjeve kupaca i potrebe tržišta, kao i maksimizirati profit uz istovremeno minimiziranje mogućih troškova i otpada. [70]



Slika 51: Temeljne tehnologije Industrije 4.0 [74]

4. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE NA RADNOM MJESTU

Radnici se oduvijek suočavaju s praćenjem radnika i praćenjem učinka gdje sveobuhvatni motiv poslovnog profita dominira uvjetima radnog odnosa, a radnici žele pristojan i ugodan život, plaćeni svojim radom i predanošću svom poslodavcu. Danas se, međutim, radni odnos mijenja. Strojevi, analogni i digitalni, s vremenom su se koristili kako bi pomogli dizajnerima radnog mjesta izračunati rezultate rada i time, zapravo, zamijeniti rad putem automatizacije. Kroz integraciju alata i aplikacija umjetne inteligencije, neki strojevi imaju nove odgovornosti, pa čak i autonomiju, a od njih se očekuje da pokažu različite oblike ljudske inteligencije i sami donose odluke o radnicima. [75]

U tablici 2 je prikazano gdje i kako se implementiraju nove tehnologije na radnim mjestima. To su vrste inteligencije koje se očekuju od ovih tehnologija, a zatim, precizni načini na koje menadžment koristi podatke proizvedene takvim tehnološkim procesima uz pretpostavke odgovarajućih vrsta inteligencije. Postoji niz načina na koje menadžment koristi najnovije tehnologije dok AI zauzima središnje mjesto. Podaci se prikupljaju iz aktivnosti kandidata za posao i radnika tijekom vremena, od telefonskih poziva, korištenja računala, ulaska i izlaza pomoću „pametnih kartica” pa sve do danas, gdje su čak i fizički pokreti i osjećaji prate i nadziru, kao i korištenje društvenih medija.

Tablica 2: Tehnologije na radnom mjestu [75]

Tehnologija:	algoritmi, umjetna inteligencija, strojno učenje	analitika ljudi, chatbotovi (intervjui, software, AI, ML, kodiranje emocija)	coboti, nosiva tehnologija (RFID, kontrolne ploče, tableti, pametne naočale)
Vrsta inteligencije:	prediktivna, preskriptivna, deskriptivna	učinkovita, pomoćna, prediktivna, opisna	pomoćna, surdanička
Gdje/što:	dom, ulica	ured, pozivni centar	tvornica, skladište
Odlučivanje:	ljudski resursi (HR), praćenje učinka (PM), mikro-menadžment (MM)	HR, PM, MM	HR, PM, MM

Za ljudske resurse koji se nazivaju „veliki podaci“ (*engl. „big data“*), kada dosegnu dovoljno velik volumen, zbirke podataka se koriste za obuku algoritama koji predviđaju kandidate za posao i talente te sposobnosti radnika: praćenje, mjerenje i poticanje izvedbe; postavljanje i procijena rezultata rada; povezivanje radnika sa klijentima; prosuđivanje stanja i emocija; osiguravanje modularne obuke u tvornici; traženje obrasca u radnoj snazi i mnogo više. [75]

4.1. Analitika ljudi

Umjetna inteligencija se danas smatra najinovativnijem i najperspektivnijem područjem za upravljanje radnim mjestom i radnom snagom. Oko 40% funkcija ljudskih resursa koje se primjenjuju diljem svijeta u malim i velikim tvrtkama sada koriste aplikacije koje su proširene umjetnom inteligencijom.

Istraživanje provedeno od strane PricewaterhouseCoopers agencije pokazuje da sve više globalnih poduzeća počinje uviđati vrijednost umjetne inteligencije u podršci upravljanju radnom snagom. Nadalje, tvrdi se da 32% odjela za osoblje u tehnološkim tvrtkama i drugima redizajnira organizacije uz pomoć umjetne inteligencije kako bi se optimiziralo „prilagodljivost i učenje“ čime bi se najbolje integrirali uvidi stečeni iz povratnih informacija i tehnologije zaposlenika. Nedavno izvješće kompanije IBM pokazuje da polovica glavnih službenika za ljudske resurse identificiranih za studiju predviđa i prepoznaje potencijale tehnologije u operacijama koje okružuju ljudski resurso te stjecanju i razvoju talenata. Izvješće agencije Deloitte pokazuje da 71% međunarodnih tvrtki analitiku ljudi smatra visokim prioritetom za svoje organizacije bi trebala omogućiti organizacijama ne samo da pruže dobre poslovne uvide, već se i bave onim što se naziva "problem ljudi." [75]

Termin „problem ljudi” se također naziva i pod terminom „ljudski rizici”. Taj termin ima nekoliko dimenzija:

- upravljanje talentima,
- zdravlje i sigurnost,
- etika zaposlenika,
- različitosti i jednakosti,
- odnosi među zaposlenicima,

- kontinuitet poslovanja,
- reputacijski rizik.

Analitika ljudi sve je popularnija praksa ljudskih resursa gdje se „veliki podaci“ i digitalni alati koriste za mjerenje, izvješćivanje i razumijevanje učinka zaposlenika, aspekata planiranja radne snage, upravljanja talentima i operativnog upravljanja. Svaki sektor i organizacija zahtijevaju ljudske resurse, koji je odgovoran za sve, od aktivnosti zapošljavanja do pripreme ugovora o radu i upravljanja odnosom između radnika i poslodavaca. [75]

4.1.1. Upravljanje ljudskim kapitalom

Prakse ljudskih resursa poboljšane umjetnom inteligencijom mogu pomoći menadžerima da steknu naizgled objektivnu mudrost o ljudima čak i prije nego što ih zaposle, sve dok uprava ima pristup podacima o potencijalnim radnicima, što ima značajne implikacije za prilagođavanje zaštite radnika i sprječavanje rizika sigurnosti i zdravlja na radu (*engl. Occupational Safety and Health, OSH*) na individualnoj razini (slika 52). U idealnom slučaju, alati za analizu ljudi mogu pomoći poslodavcima da donesu dobre odluke o radnicima.



Slika 52: Upravljanje ljudskim kapitalom [76]

Drugi oblik analitike ljudi uključuje snimljene intervjue za posao, gdje se AI koristi za prosuđivanje verbalnih i neverbalnih znakova. Jedan takav proizvod proizvodi grupa pod nazivom HireVue i taj proizvod koristi preko 600 tvrtki. Ovu praksu provode

organizacije uključujući Nike, Unilever i Atlantic Public Schools, koje koriste proizvode koji poslodavcima omogućuju intervjuiranje kandidata pred kamerom. Cilj ovoga je smanjiti pristranost koja može nastati ako je, na primjer, razina energije sugovornika niska ili ako menadžer zapošljavanja ima veći afinitet prema intervjuu na temelju sličnosti, na primjer, dobi, rase i srodnih demografskih podataka. [75]

4.1.2. Praćenje učinka

Dok se upravljanje učinkom može vidjeti na većini radnih mjesta, postoje stotine metoda koje su isprobane i testirane tijekom mnogo godina. Možda najpoznatije doba kada je upravljanje učinkom počelo koristiti tehnologiju za donošenje odluka o učinku radnika u industrijalizirajućem svijetu bilo je razdoblje znanstvenog upravljanja.

Postoji velika literatura o upravljanju učinkom. Počevši od znanstvenog upravljanja, koja je proizašla iz različitih disciplina, iz organizacijske psihologije, sociologije, sociologije rada i kritičkih studija upravljanja u kojima su istraživači promatrali načine na koje organizacije pokušavaju uravnotežiti produktivnost s upravljanje radničkim aktivnostima i organizirati različite mehanizme koji okružuju te procese. [75]

4.1.3. Sigurnost i zdravlje na radu

Ako procesi algoritamskog odlučivanja u analitici ljudi i upravljanju učinkom ne uključuju ljudsku intervenciju i etičko razmatranje, ovi alati za ljudske resurse mogli bi izložiti radnike povećanim strukturnim, fizičkim i psihosocijalnim rizicima i stresu. Rizici od stresa na području zaštite na radu nastaju ako radnici osjećaju da se odluke donose na temelju brojeva i podataka kojima nemaju pristup, niti moć nad njima. To je posebno zabrinjavajuće ako podaci analitike ljudi dovode do restrukturiranja radnog mjesta, zamjene posla, promjene opisa posla i slično. Analitika ljudi vjerojatno će povećati stres radnika ako se podaci koriste u procjenama i upravljanju učinkom bez dužne pažnje u procesu i provedbi što dovodi do pitanja o mikroupravljanju i osjećaju da su „špijunirani“. Ako radnici znaju da se njihovi podaci čitaju radi otkrivanja talenata ili radi odlučivanja o mogućim otpuštanjima, mogli bi se osjećati pod pritiskom da unaprijede svoj radni učinak i počnu se prekomjerno raditi, što predstavlja rizik za sigurnost i zdravlje na radu. Drugi rizik nastaje s odgovornošću, gdje se tvrdnje tvrtki o

prediktivnim kapacitetima kasnije mogu ispitati za točnost ili se kadrovski odjeli smatraju odgovornim za diskriminaciju. [75]

Jedan stručnjak za vezu s radnicima naznačio je da prikupljanje podataka o radnicima za donošenje odluka kao što se vidi u analitici ljudi, stvorilo probleme koji se javljaju s umjetnom inteligencijom na radnim mjestima. Radnička vijeća često nisu svjesna moguće upotrebe takvih upravljačkih alata ili se sustavi postavljaju bez konzultacija s radničkim vijećima i radnicima. Još više rizika na području zaštite na radu nastaje, poput stresa radnika i gubitka posla, kada se implementacija tehnologija vrši na brzinu i bez odgovarajućeg savjetovanja i obuke ili komunikacije. [75]

4.2. Roboti na radnom mjestu

4.2.1. Coboti

Roboti su u mnogim slučajevima izravno zamijenili radnike na montažnoj traci u tvornicama, a ponekad se AI brka s automatizacijom. Automatizacija u svom čistom smislu uključuje, na primjer, eksplicitnu zamjenu ljudske ruke za ruku robota. Niže kvalificirani, ručni rad povijesno je bio najviše ugrožen i još uvijek je pod visokim rizikom od automatizacije. Sada se automatizacija može nadopuniti autonomnim ponašanjem stroja ili takozvanim „razmišljanjem“. Dakle, AI dimenzija automatizacije odražava gdje mozgovi radnika, kao i njihovi udovi, možda više nisu potrebni. [75]

Danas se coboti (slika 53) integriraju u tvornice i skladišta gdje rade zajedno s ljudima na zajednički način. Oni pomažu u sve većem rasponu zadataka, umjesto da nužno automatiziraju čitave poslove. Kao jedan primjer, Amazon ima 100.000 kobota s AI-om, što je skratilo potrebu za obukom radnika na manje od dva dana.

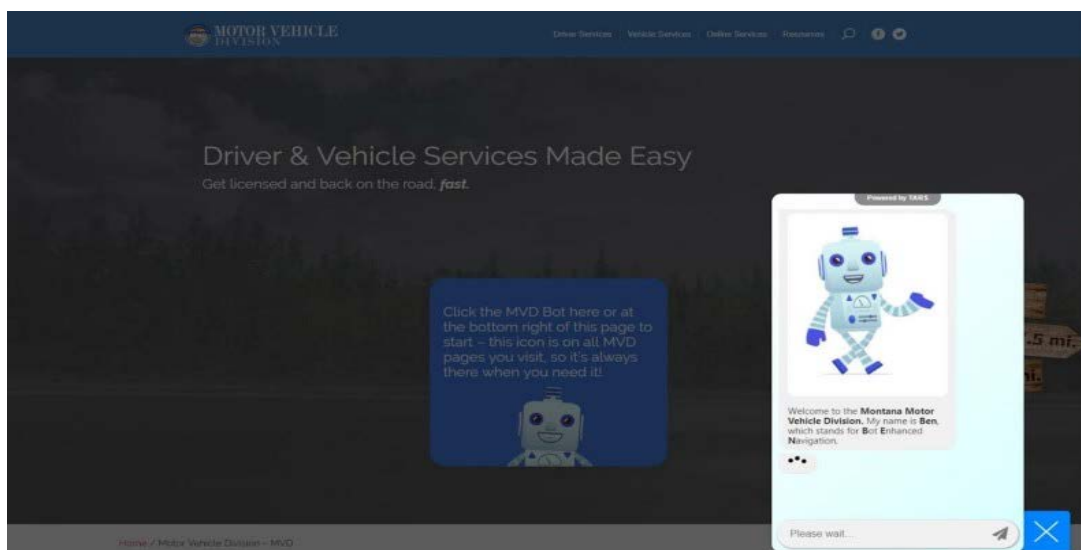


Slika 53: Cobot u zračnoj industriji [77]

4.2.2. Chatboti

„Chatbot“ je alat poboljšana umjetnom inteligencijom koji se može nositi s visokim postotkom osnovnih upita za korisničku službu, oslobađajući ljude koji rade u pozivnim centrima da se bave složenijim pitanjima. Chatboti rade zajedno s ljudima, ne samo u fizičkom smislu nego i unutar pozadinskog dijela sustava te su implementirani za rješavanje upita kupaca putem telefona. [75]

Na primjer, tvrtka Dixons Carphone koristi konverzacijski chatbot koji se zove Cami (slika 54). Cami može odgovoriti na pitanja potrošača prve razine na web stranici Curry i putem Facebook messenger-a. Osiguravajuća tvrtka Nuance pokrenula je chatbot pod imenom Nina kako bi odgovarao na pitanja i pristupio dokumentaciji iz 2017. godine. Tvrtka Morgan Stanley je osigurala 16.000 financijskih savjetnika sa algoritmima za strojno učenje kod automatizacije rutinskih zadataka.



Slika 54: Cami chatbot [78]

Sve veći broj aktivnosti već se bilježi i mjeri u pozivnim centrima. Riječi koje se koriste u e-mailovima ili se izgovaraju glasno mogu se izvući iz podataka kako bi se odredilo raspoloženje radnika, proces koji se naziva „analiza osjećaja“. Izrazi lica također se mogu analizirati kako bi se uočili znakovi umora i raspoloženja koji bi mogli dovesti do donošenja loših prosudbi, a time i do smanjenja rizika od prekomjernog rada. Ali chatbotovi, iako su dizajnirani da budu pomoćni strojevi, i dalje predstavljaju

psihosocijalne rizike oko straha od gubitka posla i zamjene. Radnici bi trebali biti osposobljeni da razumiju ulogu i funkciju robota na radnom mjestu te da znaju koliki su njihov doprinos suradnje i pomoći. [75]

4.2.3. Sigurnost i zdravlje na radu s robotima

Coboti mogu smanjiti rizike za OSH jer dopuštaju sustavima umjetne inteligencije da obavljaju druge vrste svakodnevnih i rutinskih uslužnih zadataka u tvornicama koje povijesno stvaraju stres, prekomjerni rad, mišićno-koštane poteškoće, pa čak i dosadu ponavljajućeg rada za ljude. [75]

Postoje tri vrste rizika u vezi s OSH u interakcijama ljudi/kobota/okoliša:

- rizici sudara robota/ljudi, gdje strojno učenje može dovesti do nepredvidivog ponašanja robota;
- sigurnosni rizici, gdje internetske veze robota mogu utjecati na integritet programiranja softvera, što dovodi do ranjivosti u sigurnosti;
- okoliš, gdje degradacija senzora i neočekivano ljudsko djelovanje, u nestrukturiranim okruženjima, mogu dovesti do rizika za okoliš

AI-dopušteno prepoznavanje uzoraka i glasa te strojni vid znače da ne samo da su nekvalificirani poslovi u opasnosti od zamjene, već se sada niz nerutinskih i neponavljajućih poslova mogu obavljati pomoću kobota i drugih aplikacija i alata. U tom svjetlu, automatizacija poboljšana umjetnom umjetnom inteligencijom omogućuje mnogo više aspekata rada koje obavljaju računala i drugi strojevi. Jedan primjer zaštite na radu pomoću alata s AI-om nalazi se u kemijskoj tvrtki koja proizvodi optičke dijelove za strojeve. Proizvedeni sitni čipovi moraju se skenirati radi pogrešaka. Prije je posao jedne osobe bio otkrivati pogreške vlastitim očima, sjedeći nepokretno, ispred ponovljenih slika čipova po nekoliko sati. Sada je AI u potpunosti zamijenio ovaj zadatak. Rizici zaštite na radu, koji su sada, naravno, eliminirani, uključuju mišićno-koštane poteškoće te naprezanje i oštećenje očiju. [75]

Međutim, roboti s AI-om u tvornicama i skladištima stvaraju stres i niz ozbiljnih problema ako se ne implementiraju na odgovarajući način. Jedan sindikalist sa sjedištem u Ujedinjenom Kraljevstvu naznačio je da su digitalizacija, automatizacija i

algoritamsko upravljanje, toksični i da su osmišljeni da oduzmu osnovna prava milijunima ljudi. Potencijalni problemi u vezi s OSH također mogu uključivati psihosocijalne čimbenike rizika ako se ljude tjera na posao cobotovim tempom (umjesto da cobot radi tempom osobe) i sudar između cobota i osobe. Drugi slučaj interakcije stroj/čovjek koji stvara nove radne uvjete i rizike u vezi s OSH je slučaj kada je jedna osoba dodijeljena da „brine“ o jednom stroju te joj se šalju obavijesti i ažuriranja statusa o strojevima na osobni uređaj poput pametnog telefona ili prijenosnog računala. To može dovesti do rizika od prekomjernog rada, gdje se radnici osjećaju odgovornim da zabilježe obavijesti izvan radnog vremena, kada je ravnoteža između posla i života poremećena. [75]

Jedan stručnjak za umjetnu inteligenciju i rad raspravljao je o razvoju oko Interneta stvari na radnim mjestima, gdje sustavi povezani između strojeva rade zajedno s ljudskim radom u tvornicama i skladištima. Problemi s unosom podataka, netočnosti i greške sa sustavima od stroja do stroja stvaraju značajne rizike u vezi s OSH, kao i pitanja odgovornosti. Senzori, softver i povezanost mogu biti neispravni i nestabilni, a sve ranjivosti uvode pitanja o tome tko je pravno odgovoran za bilo kakvu štetu koja se pojavi. [75]

4.3. Nosive tehnologije

Nosivi uređaji za samopraćenje sve se više viđaju na radnim mjestima. Jedna nova značajka automatizacije i procesa Industrije 4.0, gdje je u tijeku automatizacija poboljšana umjetnom inteligencijom, je u području proizvodnje veličine serije. Ovaj proces uključuje slučajeve u kojima se radnicima daju naočale s ekranima i funkcionalnošću virtualne stvarnosti, poput HoloLenses i Google naočala (slika 55 i 56), ili računalnih tableta na štandovima unutar proizvodne linije koji se koriste za obavljanje zadataka na licu mjesta u proizvodnim linijama. Model montažne trake nije potpuno nestao, gdje radnik obavlja jedan ponovljen, specifičan zadatak nekoliko sati odjednom, ali je metoda veličine serije drugačija. Korištena u strategijama agilne proizvodnje, ova metoda uključuje manje narudžbe napravljene unutar određenih vremenskih parametara, umjesto stalne masovne proizvodnje koja ne uključuje zajamčene kupce. [75]



Slika 55: Microsoft HoloLens [79]



Slika 56: Google naočale [80]

Radnicima je omogućena vizualna obuka na licu mjesta koju omogućuje HoloLens ekran ili tablet te izvode novi zadatak koji se nauče odmah i provodi samo u vremenskom razdoblju potrebnom za proizvodnju određene narudžbe koju tvornica dobije. [75]

4.3.1. Sigurnost i zdravlje na radu s nosivom tehnologijom

Korištenje uređaja za obuku na licu mjesta, istrošenih ili na neki drugi način, znači da radnici trebaju manje prethodno postojećeg znanja ili obuke jer rade od slučaja do slučaja. Stoga se javlja rizik od intenziviranja rada, jer zaslone na glavi ili tablete računala postaju slični živim instruktorima za nekvalificirane radnike. Nadalje, radnici ne uče dugoročne vještine jer se od njih zahtijeva izvođenje modularnih aktivnosti na licu mjesta u procesima montaže po narudžbi, potrebnim za izradu predmeta po mjeri u različitim razmjerima. Iako je to dobro za učinkovitost tvrtke u proizvodnji, metode veličine serije dovele su do značajnih rizika u pogledu zaštite na radu jer onemogućavaju radnike. Kvalificirana radna snaga potrebna je samo za osmišljavanje

programa obuke na licu mjesta koje koriste radnici koji se više ne moraju specijalizirati. [75]

4.4. „Gig work“

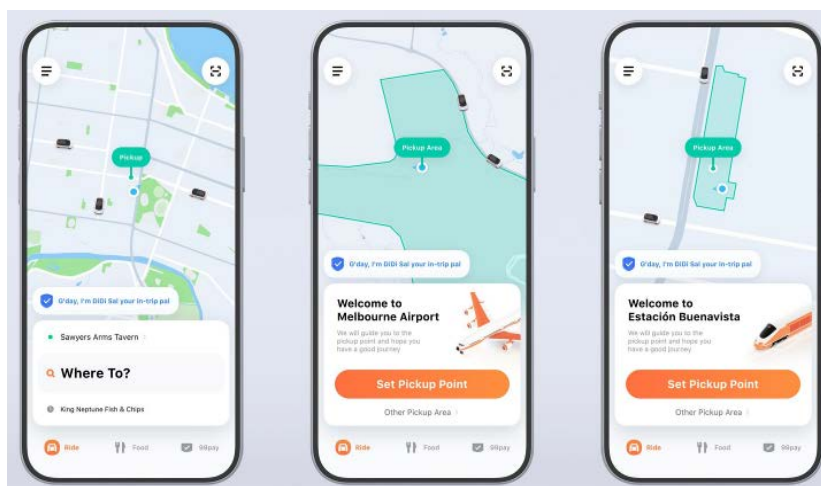
“Gig work” se postiže korištenjem online aplikacija, koje se nazivaju i platformama. Posao se može obavljati putem interneta, na računalima kod kuće, knjižnicama i kafićima. Na primjer, uključuje rad na prevođenju i dizajnu ili izvanmrežno gdje je posao dobiven putem interneta, ali izveden izvan mreže, kao što je vožnja taksija (slika 57) ili rad na čišćenju. Ne koriste svi algoritmi umjetnu inteligenciju, ali podaci proizvedeni uslugama usklađivanja klijenta i radnika i korisnička procjena radnika platforme pružaju podatke koji treniraju profile koji zatim rezultiraju ukupnim višim ili nižim ocjenama. [75]



Slika 57: Usluga prijevoza [75]

Nadzor i praćenje svakodnevno su iskustvo za kurire i taksiste već dugi niz godina, ali porast broja izvanmrežnih radnika koji obavljaju dostavu hrane biciklom prema platformi, isporuku narudžbi i taksu usluge relativno je nov. Kao primjer, tvrtke Uber i Deliveroo zahtijevaju od radnika da instaliraju određenu aplikaciju na svoje telefone, koji se nalaze na kontrolnoj ploči ili upravljaču vozila, a klijente stječu korištenjem satelitskih tehnologija za karte i usklađivanjem softvera kojim se upravlja algoritmom. Prednosti korištenja umjetne inteligencije u „gig worku“ mogu biti zaštita vozača i

putnika. DiDi (slika 58), kineska usluga prijevoza, koristi AI softver za prepoznavanje lica za identifikaciju radnika dok se prijavljuju na aplikaciju. DiDi koristi ove podatke kako bi osigurao identitet vozača, što se smatra metodom prevencije kriminala.



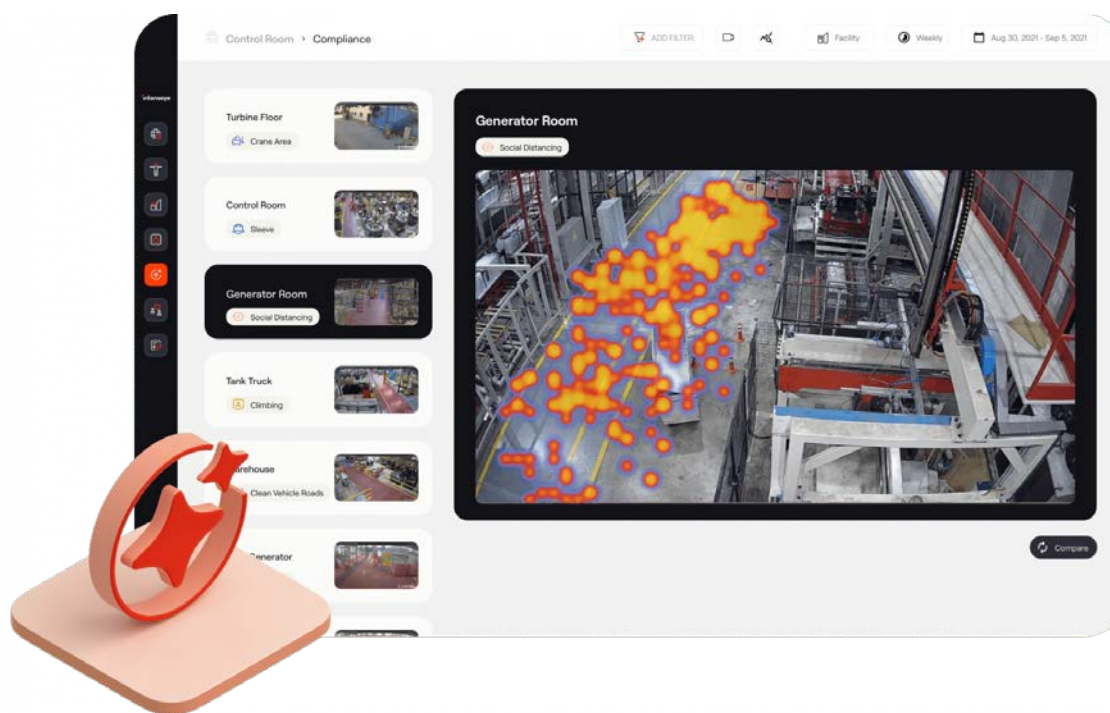
Slika 58: DiDi Passenger aplikacija [81]

4.4.1. Sigurnost i zdravlje pri „gig worku“

Digitalizacija nestandardnog rada kao što je „gig work“ kod kuće, te taksi i usluge dostave u izvanmrežnom „gig worku“, metoda je upravljanja radnim mjestom koja se temelji na kvantificiranju zadataka na detaljnoj razini, gdje se plaća samo eksplicitno vrijeme za kontakt. Što se tiče radnog vremena, pripremni rad za poboljšanje reputacije i razvoj potrebnih vještina u radu s online svirkama nije plaćen. Nadzor je normaliziran, ali je stres i dalje prisutan. Online „gig work“, oslanja se na nestandardne oblike zapošljavanja koji povećavaju mogućnosti dječjeg rada, prisilnog rada i diskriminacije. Postoje dokazi o rasizmu, pri čemu je prijavljeno da klijenti usmjeravaju uvredljive i uvredljive komentare na platformama. Očigledno je i rasističko ponašanje među radnicima. Dio posla koji se obavlja na internetskim platformama vrlo je neugodan, kao što je posao koji obavljaju moderatori sadržaja koji pregledavaju velike skupove slika i od njih se traži uklanjanje uvredljivih ili uznemirujućih slika, uz vrlo malo olakšanja ili zaštite oko toga. Postoje jasni rizici kršenja zaštite na radu u područjima pojačanog psihosocijalnog nasilja i stresa, diskriminacije, rasizma, zlostavljanja, neslobodnog i maloljetničkog rada zbog nedostatka osnovne zaštite u tim radnim okruženjima. [75]

5. PREVENCIJA MOGUĆIH NESREĆA KORIŠTENJEM SUSTAVA INTESEYE

Intenseye (slika 59) je softverska platforma za sigurnost i zdravlje radnika koja s AI-om pomaže najvećim svjetskim poduzećima da skaliraju sigurnost i zdravlje zaposlenika u prostoru svojih objekata. Tvrtka je 2018. godine osnovana u Istanbulu od strane Sercana Esena i Serhata Cillidaga. Sjedište tvrtke je u New Yorku i Istanbulu.



Slika 59: Sustav Intenseye [82]

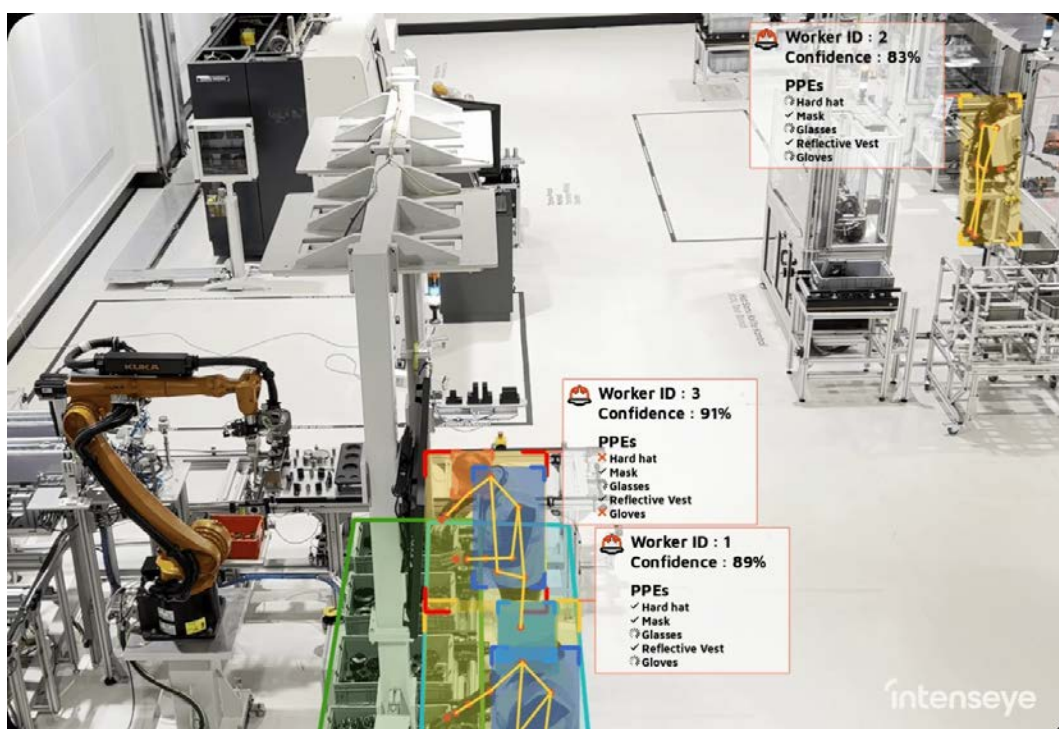
Koristeći najnovija otkrića u računalnom vidu, Intenseye ovlašćuje timove za zaštitu na radu da nadziru svoje objekte 24/7, primaju obavijesti o prekršajima u stvarnom vremenu i operacionaliziraju svoje postupke brzog odgovora.

5.1. Pregled sustava

Intenseyeov krajnji cilj je spriječiti incidente i povećati sigurnost na radnom mjestu. Koristeći platformu za videoanalizu s AI-om, zadaća Intenseye sustava je otkriti nesigurne uvjete i djelovati u stvarnom vremenu, omogućiti preventivne mjere kontrole prije nego što se incident dogodi, omogućiti brzu reakciju na incident ili hitnu situaciju i pomoći u preciznom dokumentiranju i analizi nesigurnih radnji i uvjeti za poduzimanje

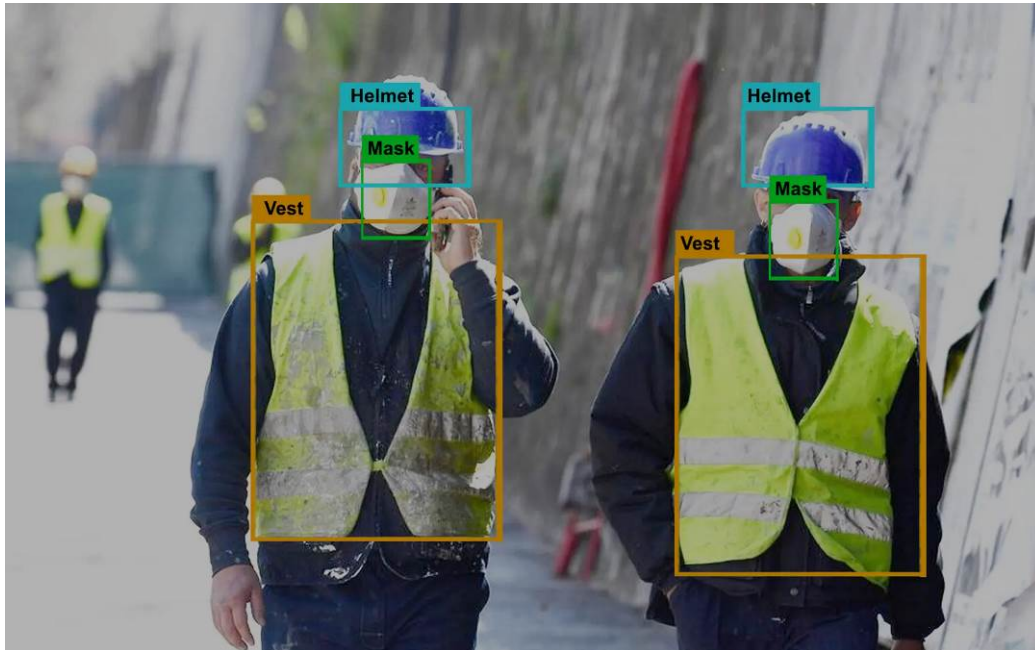
daljnjih mjera opreza. [83] Kada sustav Intenseye uoči neki prekršaj ili neželjeni događaj, stručnjaci zaštite na radu odmah primaju upozorenje putem teksta, pametnog zvučnika, pametnog uređaja ili e-maila.

Na slici 60 je prikazano kako sustav Intenseye analizira trenutno stanje mjesta rada i radnike koji rade na mjestu rada. Sustav analizira na taj način da detektira u kakvom položaju radnici obavljaju rad i koju osobnu zaštitnu opremu koriste. Preko tih informacija, sustav Intenseye odlučuje da li se rad obavlja na siguran i ergonomičan način.



Slika 60: Analiza mjesta rada [82]

Tijekom pandemije COVID-19, cilj sustava Intenseye je podržati praćenje usklađenosti s potrebnim ili preporučenim mjerama kontrole pandemije kao što su socijalna distanca i maska za lice (slika 61).



Slika 61: Detekcija osobne zaštitne opreme [84]

Intenseye obavještava zaposlenike da sustav koristi postojeće kamere, analizirajući snimku prebačenu s kamera pomoću softvera Intenseye. Osposobljen za prepoznavanje i analizu opasnih zona, vozila i osobne zaštitne opreme, sustav detektira prekršaje u stvarnom vremenu, 24/7, istovremeno sa svih dostupnih kamera. Kao rezultat toga, sustav ima trostruku svrhu za sigurnost na radnom mjestu: prevenciju nesreća, brzu reakciju u slučaju incidenta i nužde te pravilno razumijevanje nesigurnih radnji i uvjeta na radnim mjestima. Kako navodi Intenseye, podaci s kamera nisu pohranjeni u hardveru već samo u sigurnoj memoriji. Brišu se u roku od nekoliko sekundi nakon analize. Izlaz je anonimiziran i agregiran te je interna i vanjska komunikacija šifrirana. Sustav se ne oslanja na tjelesne znakove i stoga ne koristi prepoznavanje lica ili biometriju. Međutim, čuva snimke kršenja sigurnosti s zamagljenim licima pojedinaca. [83]

5.1.1. Integracija pametnih uređaja

Sustav Intenseye se može povezati s raznim pametnim uređajima i pružiti integraciju API obavijesti za pokretanje postojećih pametnih zvučnika u postrojenju. Na primjer, slika 62 prikazuje kada vozač viličara počne voziti iznad definiranog ograničenja brzine

pri čemu se aktivira automatizirano zvučno upozorenje kako bi se pomoglo radniku da ispravi svoju nesigurnu radnju. [83]



Slika 62: Upozorenje na prekoračenje brzine [83]

Pametni uređaji koji su integrirani u sustav Intenseye su:

- pametni utikači
- umreženi zvučnici
- upravljačke ploče

Pametni utikači

Služe za ojačanje sustava upozorenja u postrojenju. Na primjer, indikatorsko svjetlo se uključuje kada se dva viličara približavaju jedan drugome iz slijepog kuta. [83]

Umreženi zvučnici

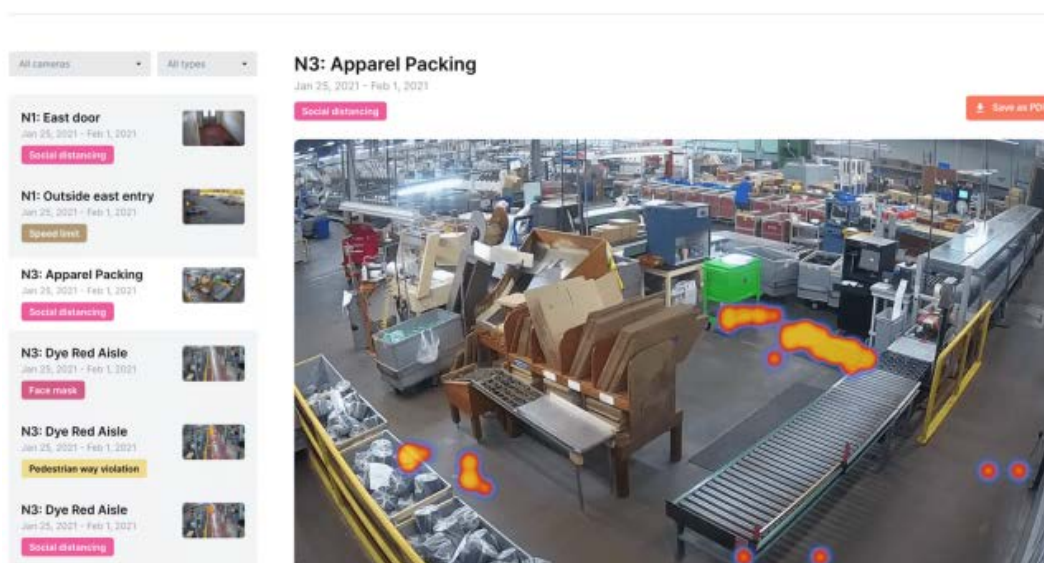
Intenseye se može povezati s mrežnim zvučnicima kako bi pokrenuo prilagođene audio poruke kako bi pomogao ispraviti nesigurna ponašanja u stvarnom vremenu. Na slici 63 je primjer gdje ako radnik ne koristi zaštitne rukavice, zvučna poruka će ga obavijestiti o neposrednoj opasnosti te neće dozvoliti upotrebu stroja sve dok radnik ne stavi zaštitne rukavice. [83]



Slika 63: Zvučno upozorenje za nenošenje zaštitnih rukavica [83]

Upravljačke ploče

Intenseye može slati API obavijesti u stvarnom vremenu uspostavljenim sustavima inženjerske kontrole (slika 64). Na primjer, ova integracija može obavijestiti Intenseye ako je stroj siguran za ulazak, na temelju njegovog trenutnog radnog statusa. Ako se utvrdi da područje nije sigurno, aktivirat će se upozorenje. Aktivirano upozorenje također se može poslati kao obavijest web servisu ili API-ju koji se izvodi na objektu.



Slika 64: Nadzorna ploča Intenseye sustava [82]

5.2. Etička evaluacija sustava

5.2.1. Preciznost i pouzdanost

Tradicionalno, mjere sigurnosti na radnom mjestu oslanjaju se na ručne inspekcije na licu mjesta od strane stručnjaka zaštite na radu koji obavljaju rutinske obilaske. Posljednjih godina ručna inspekcija je dopunjena praćenjem CCTV kamera. Osim što zahtijeva značajnu radnu snagu, ni posjete inspektora ni nadzor kamerom ne mogu pružiti 24/7 procjenu rizika u stvarnom vremenu. Korištenjem postojećih kamera koje snimaju različite kutove u stvarnom vremenu 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu, Intenseye nastoji biti znatno točniji i pouzdaniji u otkrivanju sigurnosnih kršenja. Intenseyeovo vlastito istraživanje s provjerom valjanosti kupaca sugerira da je njihov sustav 98% točan. Sustav je dizajniran za kontinuirano poboljšanje, učenje iz prikupljenih podataka i kontinuirano mjerenje točnosti i pouzdanosti. Daljnja procjena točnosti i pouzdanosti Intenseyea imala bi koristi od dokumentiranih, javno dostupnih i provjerenih podataka koji uključuju podatke o kvarovima sustava i lažno pozitivnim i lažno negativnim stopama. [83]

5.2.2. Zaštita i sigurnost

Intenseyeove sigurnosne mjere uključuju korištenje šifriranih podataka, nepohranjivanje podataka koji se mogu identificirati i sigurnosne revizije za prodor. Cilj tehnologije Intenseye je povećati sigurnost radnika smanjenjem broja nesreća i ozljeda, te tijekom pandemije, sprječavanjem širenja COVID-19. Pružajući 24/7 sigurnosnu kontrolu, cilj Intenseye sustava je pridonijeti sigurnosti radnika 24 sata dnevno (slika 62). To je posebno važno tijekom noćnih smjena kada su radnici posebno umorni i podložni greškama koje izmiču tradicionalnoj inspekciji sigurnosti. Osim toga, budući da sustav nije autonoman, ne predstavlja izravnu sigurnosnu prijetnju pojedincima izazivanjem autonomne reakcije. Daljnja procjena sigurnosti i sigurnosti sustava koristila bi dokumentiranim, javno dostupnim i provjerenim podacima o kontinuiranoj upotrebi Intenseye sustava. [83]



Slika 65: Nadzor i analiza sustava Intenseye [85]

5.2.3. Dobrobit i utjecaj

Intenseyeov cilj da radno mjesto učini sigurnijim izravno pridonosi dobrobiti radnika. Zapravo, veća sigurnost na radnom mjestu također bi povećala dobrobit radničkih obitelji i potencijalnih radnika. Ozljede na radnom mjestu značajne su prijetnje zdravlju radnika, kvaliteti života u smislu morbiditeta i životnog vijeka. Budući da sposobnost radnika da nastave svoj posao ovisi o njihovoj fizičkoj sposobnosti za rad, te ozljede također utječu na egzistenciju radnika i kao rezultat toga na njihovu kvalitetu života u smislu prihoda, štednje te fizičkog i mentalnog zdravlja. Stoga sustav Intenseye koji učinkovito smanjuje ozljede na radnom mjestu čini radnike boljim fizički, psihički i financijski. Tjelesno i psihičko blagostanje radnika ne utječe samo na njihov vlastiti financijski status već i na njihovu sposobnost da financijski doprinose obitelji. Tijekom pandemije COVID-19 postoji dodatni rizik za radnike u tvornicama i skladištima. Ako radnici ne poštuju preporučene mjere kao što su socijalno distanciranje i nošenje maski, prijete im opasnost da prenose zarazu međusobno, na svoje obitelji i šire. [83]

Intenseyeovi učinci na dobrobit nadilaze radnike i utječu na njihovu obitelji radnika. Sigurnije radno mjesto s manje ozljeda rezultira nižim poslovnim troškovima i potrošnjom na zdravstvenu zaštitu. Smanjenjem ozljeda i nesreća, Intenseye može povećati produktivnost i učinkovitost uz smanjenje troškova poslovanja kroz smanjenje troškova novih ili zamjenskih zaposlenika, osiguranja, popravka oštećene robe i opreme i istrage nesreća. Ukratko, čineći radno mjesto sigurnijim, Intenseye može uštedjeti resurse i koristiti društvu. Procjena utjecaja također mora uzeti u obzir utjecaj tehnologije na okoliš i procijeniti ga u odnosu na druge metode. Intenseye poduzima mjere za smanjenje troškova okoliša korištenjem računarstva u oblaku i prijenosa učenja. [83]

5.3. Autonomija sustava

5.3.1. Ljudska kontrola i nadzor

Sustav Intenseye ne izaziva autonomnu reakciju, već pruža informacije putem interaktivne nadzorne ploče koja omogućuje stručnjaku zaštite na radu da promatra, razumije i reagira na nesigurne radnje i uvjete. Time bi se moglo reći da ovlašćuje i poduzetnike i inspektore. Omogućuje vlasnicima poduzeća da prilagode sustav dajući im kontrolu kako bi osigurali da je njihova vlastita procjena rizika integrirana u analizu, a inspektorima daje snimke zaslona nesigurnih radnji i uvjete za njihovu daljnju evaluaciju. Sustav je u svakom trenutku pod ljudskom kontrolom. [83]

5.3.2. Transparentnost i objašnjivost

Intenseye pruža informacije o sposobnostima svog sustava (otkrivanje nesigurnih radnji i uvjeta), njegovim ograničenjima (oslanjanje na kutove kamere i feed ograničeno na pravila koja su definirali Intenseye i kupac), njegov učinak na individualno donošenje odluka (pružanje snimke zaslona kršenja sigurnosti za daljnje postupanje od strane stručnjaka zaštite na radu), te njegov postupak u donošenju odluka (definiranje kako se djelo kategorizira kao prijetnja sigurnosti). Iako to ne znači da stručnjaci zaštite na radu ili vlasnici poduzeća razumiju svaku metodu koju sustav koristi i svaki korak koji poduzima, to ipak osigurava da je sustav transparentan i objašnjiv u svojoj funkciji.

Pružajući sveobuhvatnije informacije o kršenju sigurnosti, sustav omogućuje točnije i relevantnije informacije pojedincima (odnosno inspektorima i kupcima) da donose informirane odluke. Osim toga, automatizacijom ponavljajućeg i svakodnevnog aspekta sigurnosne i zdravstvene inspekcije, sustav Intenseye omogućuje inspektorima sigurnosti i kupcima da iskoriste svoje vještine za rješavanje problema, dok im daje relevantne informacije o problemima. U svom trenutnom dizajnu, Intenseye sustav ne surađuje izravno s radnicima i pruža im informacije o vlastitom i/ili kršenju sigurnosti na njihovom radnom mjestu. Moglo bi se ustvrditi da stalna provjera njihove sigurnosti smanjuje radnički angažman u smislu njihove osobne odgovornosti. [83]

5.3.3. Privatnost radnika

Kako bi osigurao privatnost radnika, Intenseye, prema dizajnu ne prikuplja niti koristi nikakve osobne ili biometrijske podatke. Dizajnirano, sustav ne dopušta praćenje osoba koje se mogu identificirati. Također ne pohranjuje nikakve podatke koji nisu incidenti i poslodavcu daje samo agregate i analize. Međutim, u slučaju kršenja sigurnosti, sustav snima snimku zaslona koja dokumentira ovo kršenje. Kako bi zaštitio privatnost radnika, sustav zamagljuje lica pojedinaca prije nego što sliku učini dostupnom na nadzornoj ploči. Iako to štiti individualni identitet unutar sustava Intenseye, pojedinci se mogu ponovno identificirati tako da se snimka zaslona upari s izvornim feedom kamere. Iako bi se ponovna identifikacija mogla smatrati problemom privatnosti, pažljiviji pregled otkriva da vjerojatno ne predstavlja ozbiljno kršenje „osobnog“ prostora ili podataka. Problem ponovne identifikacije pojavljuje se samo kada sustav zabilježi kršenje sigurnosti u označenim zonama. Drugim riječima, cilj snimke zaslona nije uhvatiti pojedince tijekom njihovih osobnih interakcija i osobnog vremena. Također ne prati učinak radnika općenito. [83]

6. ZAKLJUČAK

Sigurnost na radnom mjestu je i trebala bi biti primarna briga u svakom trenutku. Međutim, tradicionalne metode onemogućuju praćenje svakog radnika i proizvodne linije u stvarnom vremenu.

Cilj ovog rada je bio prikazati kako se upotrebom umjetne inteligencije i dugim dostupnim tehnologijama može stvoriti sigurnije radno mjesto, povećati ukupna učinkovitost i značajno smanjiti razni zastoji na mjestu rada.

Uključivanje umjetne inteligencije na radnom mjestu može znatno poboljšati uvjete. Umjetna inteligencija kao tehnologija je vrlo interesantna te ona sa svojim algoritmima sve više prodire u svijet rada, okupljajući niz tehnologija s kojima se radnici na radnom mjestu svakodnevno susreću. Tehnika koja se trenutno najviše koristi u području umjetne inteligencije je upravo duboko učenje. Duboko učenje pokušava oponašati rad ljudskog mozga pri procesu učenja te primjeni znanja koje je stečeno tijekom učenja. Upravo kombinacijom tih napredaka, umjetnoj inteligenciji je omogućeno da pronade primjenu u zaštiti na radu na radnom mjestu.

Industrija 4.0 je temelj današnje industrije te zbog toga je od izuzetne važnosti. Ona omogućuje vlasnicima poduzeća da bolje kontroliraju i razumiju svaki aspekt svog poslovanja te im omogućuje da iskoriste trenutne podatke za povećanje produktivnosti, poboljšanje procesa i poticanje rasta. Njezinom primjenom se također unaprjeđuje sigurnost i zdravlje radnika.

Upotreba umjetne inteligencije i koncepta Industrije 4.0 na radnom mjestu u Republici Hrvatskoj još uvijek nije dovoljno rasprostranjena, ali je u blagom porastu. Uvođenjem koncepta Industrije 4.0 te novih tehnologija koje koriste umjetnu inteligenciju kao što su roboti, nosive tehnologije i sl. doći će do povećanja sigurnosti na radnim mjestima diljem Republike Hrvatske čime će se ujedno i povećati produktivnost radnika te u konačnici, ekonomsko stanje. Hrvatska industrija treba uvidjeti važnost te primjeniti dostupne nove tehnologije i koncepte kako bi se zaštitila, povećala produktivnost, osnažila gospodarsko stanje te ono najvažnije, očuvala hrvatskog radnika u smislu financija i zdravlja.

7. LITERATURA

- [1] **Mijwel M. M.:** „*History of Artificial Intelligence*“, Sveučilište u Bagdadu, Bagdad, (2015.), str. 1-3
- [2] Wikipedia: *History of artificial intelligence*, https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence, pristupljeno 29.5.2022.
- [3] Britannica: *Colossus computer*, <https://www.britannica.com/technology/Colossus-computer>, pristupljeno 29.5.2022.
- [4] **Kaplan A., Haenlein M.:** „*Siri, Siri, in my hand: Who’s the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence*“, Business Horizons, **62** (2019.), 1, str. 15-25
- [5] **Newquist H. P.:** „*The Brain Makers: Genius, Ego, And Greed in the Quest For Machines That Think*“, Sams Publishing, New York, (1994.), ISBN 978-0-9885937-1-8
- [6] **Kaplan A.:** „*Artificial Intelligence, Business and Civilization: Our Fate Made in Machines*“, Routledge Focus, London; New York, (2022.), ISBN 978-1-0321553-1-9
- [7] **McCorduck P.:** „*Machines Who Think (2nd Edition)*“, A.K. Peters Ltd., Natick, (2004.), ISBN 978-1-56881-205-2
- [8] Wikipedia: *John Hopkins Beast*, https://en.wikipedia.org/wiki/Johns_Hopkins_Beast pristupljeno 30.5.2022.
- [9] Moe: *John Hopkins Beast: An Automaton Similar to Bacteria/Fungi*, <https://gnosticwarrior.com/john-hopkins-beast.html>, pristupljeno 30.5.2022.
- [10] **McCulloch W. S., Pitts W.:** „*A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*“, Bulletin of Mathematical Biophysics, **5** (2022.), str. 115-133.
- [11] **Piccinini G.:** „*The First Computational Theory of Mind and Brain: A Close Look at McCulloch and Pitts's „Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity*“““, Synthese, **141** (2004.), str. 175-215
- [12] Jef Akst: *Machine, Learning, 1951*, <https://www.the-scientist.com/foundations/machine--learning--1951-65792>, pristupljeno 30.5.2022.
- [13] St. George B., Gillis A. B.: *Turing Test*, <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Turing-test>, pristupljeno 30.5.2022.
- [14] Wikipedia: *Turingov test*, https://hr.wikipedia.org/wiki/Turingov_test, pristupljeno 1.6.2022.
- [15] Computer Hope: *ELIZA*, <https://www.computerhope.com/jargon/e/eliza.htm>,

pristupljeno 1.6.2022.

[16] Umjetna Inteligencija: *Povijest Umjetne Inteligencije*, <https://umjetna-inteligencija.webnode.page/>, pristupljeno 1.6.2022.

[17] Ather S. H.: *A History of Artificial Intelligence: From ancient civilization to the present day*, <https://ahistoryofai.com/logic-theorist/>, pristupljeno 2.6.2022.

[18] Wikipedia: *Symbolic Artificial Intelligence*, https://en.wikipedia.org/wiki/Symbolic_artificial_intelligence, pristupljeno 2.6.2022.

[19] Dickson B.: *What is symbolic artificial intelligence?*, <https://bdtechtalks.com/2019/11/18/what-is-symbolic-artificial-intelligence/>, pristupljeno 2.6.2022.

[20] **Russell S. J., Norvig, P.**: „*Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.)*“, Prentice Hall, New Jersey, (2002.), ISBN 0-13-790395-2

[21] Tutorialspoint: *Artificial Intelligence - Fuzzy Logic Systems*, https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_fuzzy_logic_systems.htm, pristupljeno 2.6.2022.

[22] Singh R.: *The Rise and Fall of Symbolic AI*, <https://towardsdatascience.com/rise-and-fall-of-symbolic-ai-6b7abd2420f2>, pristupljeno 2.6.2022.

[23] Foote K. D.: *A Brief History of Artificial Intelligence*, <https://www.dataversity.net/brief-history-artificial-intelligence/>, pristupljeno 4.6.2022.

[24] Wikipedia: *Expert System*, https://en.wikipedia.org/wiki/Expert_system, pristupljeno 4.6.2022.

[25] Barker V. E., O'Connor D. E.: „*Expert systems for configuration at Digital: XCON and beyond*“, Communications of the ACM, **32** (1989.), str. 11

[26] IBM: „*Deep Blue*“, <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deep-blue>, pristupljeno 4.6.2022.

[27] Mint: „*The flawed IQ of artificial intelligence*“, <https://www.livemint.com/Sundayapp/H1LUhNTwb8bdj8TIDRahWM/The-flawed-IQ-of-artificial-intelligence.html>, pristupljeno 4.6.2022.

[28] Wikipedia: „*DARPA Grand Challenge*“, [https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge_\(2005\)](https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge_(2005)), pristupljeno 4.6.2022.

[29] **Stevens D., Hoffmann G., Thrun S.**: „*Online Speed Adaptation Using Supervised Learning for High-Speed, Off-Road Autonomous Driving.*“, Laboratorij za umjetnu inteligenciju Stanford, Stanford, (2007.), str. 2

- [30] Wikipedia: „DARPA Urban Challenge“, [https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge_\(2007\)](https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge_(2007)), pristupljeno 5.6.2022.
- [31] **Urmson C. i drugi:** „*Autonomous Driving in Urban Environments: Boss and the Urban Challenge*“, Springer Tracts in Advanced Robotics, **56** (2009.), str. 2
- [32] The New York Times: „*Computer Wins on ‘Jeopardy!’: Trivial, It’s Not*“, <https://www.nytimes.com/2011/02/17/science/17jeopardy-watson.html>, pristupljeno 5.6.2022.
- [33] javaTpoint: „*Agents in Artificial Intelligence*“, <https://www.javatpoint.com/agents-in-ai>, pristupljeno 5.6.2022.
- [34] HintzeA.: „*Understanding the Four Types of Artificial Intelligence*“, <https://www.govtech.com/computing/understanding-the-four-types-of-artificial-intelligence.html>, pristupljeno 5.6.2022.
- [35] BlueShadow: „*AlphaGo, Google’s Artificial Intelligence*“, <http://opendeep.tech.com/alphago-googles-artificial-intelligence>, pristupljeno 4.6.2022.
- [36] DW.com: „*Google, Fiat Chrysler strike driverless car deal*“, <https://www.dw.com/en/google-fiat-chrysler-strike-driverless-car-deal/a-19233277>, pristupljeno 5.6.2022.
- [37] Malle B.: „*Theory of Mind*“, <https://nobaproject.com/modules/theory-of-mind>, pristupljeno 5.6.2022.
- [38] Povezani pojmovi i usporedbe, analiza razlika: „*Razlika Između Jake AI I Slabe AI*“, <https://hr.differencevs.com/6848886-difference-between-microphage-and-macrophage>, pristupljeno 6.6.2022.
- [39] IBM: „*Machine Learning*“, <https://www.ibm.com/in-en/cloud/learn/machine-learning>, pristupljeno 6.6.2022.
- [40] **Gurung S.:** „*Brief study on machine learning*“, Nepalski fakultet informatičke tehnologije, Lalitpur, (2020.)
- [41] **Buradkar V. T., More M.:** „*Introduction to Machine Learning and Its Applications: A Survey*“, Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Soft Computing, **5** (2020.), str 12
- [42] **Louridas P., Ebert C.:** „*Machine Learning*“, IEEE Software, **33** (2016.), str. 112
- [43] Joy A.: „*Supervised Learning Algorithms: An Illustrated Guide*“, <https://www.pythonistaplanet.com/supervised-learning-algorithms>, pristupljeno 7.6.2022.
- [44] Wikipedia: „*Random forest*“, https://en.wikipedia.org/wiki/Random_forest,

pristupljeno 6.6.2022.

[45] Krantiwadmare: „*Logistic Regression in Machine Learning*“, <https://medium.com/analytics-vidhya/logistic-regression-in-machine-learning-f3a90c13bb41>,

pristupljeno 6.6.2022.

[46] Ray S.: „*6 Easy Steps to Learn Naive Bayes Algorithm with codes in Python and R*“, <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/naive-bayes-explained/>,

pristupljeno 7.6.2022.

[47] **Kshirsagar P., Akojwar D. S.:** „*Classification Human Motion using EEG Signals*“, International Journal of Computer Application, **46** (2016.)

[48] javaTpoint: „*Support Vector Machine Algorithm*“, <https://www.javatpoint.com/machine-learning-support-vector-machine-algorithm>, pristupljeno 7.6.2022.

[49] javaTpoint: „*Unsupervised Machine Learning*“, <https://www.javatpoint.com/unsupervised-machine-learning>, pristupljeno 7.6.2022.

[50] Eckel E.: „*Apple's Siri: A cheat sheet*“, <https://www.techrepublic.com/article/apples-siri-the-smart-persons-guide/>, pristupljeno 8.6.2022.

[51] virtualspirits: „*Ecommerce Chatbots - Online Research Minus the Hassle*“, <https://www.virtualspirits.com/chatbots-in-ecommerce-online-research-minus-the-hassle.aspx>, pristupljeno 8.6.2022.

[52] Khandelwal P.: „*7 Steps to Understanding Computer Vision*“, <https://www.kdnuggets.com/2016/08/seven-steps-understanding-computer-vision.html>,

pristupljeno 8.6.2022.

[53] pjanguue: „*I will build recommendation engine using machine learning*“, <https://www.fiverr.com/pjanguue/make-recommendations-based-on-recommender-system-using-machine-learning>, pristupljeno 8.6.2022.

[54] Yang B.: „*Deep Reinforcement Learning for Automated Stock Trading*“, <https://towardsdatascience.com/deep-reinforcement-learning-for-automated-stock-trading-f1dad0126a02>, pristupljeno 8.6.2022.

[55] **Chollet F.:** „*Deep Learning with Python*“, Manning Publications Co., Shelter Island (2018.), str. 8-12

[56] Burns E., Brush K.: „*Deep Learning*“, <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/deep-learning-deep-neural-network>, pristupljeno 9.6.2022.

[57] Haswani V.: „*Learning Rate Decay and methods in Deep Learning*“, <https://mediu>

m.com/analytics-vidhya/learning-rate-decay-and-methods-in-deep-learning-2cee564f910b, pristupljeno 9.6.2022.

[58] Famigliani L.: „*Transfer Learning with Deep Learning & Machine Learning Techniques*“, <https://medium.com/@lorenzofamigliani/transfer-learning-with-deep-learning-machine-learning-techniques-b4052befe7e2>, pristupljeno 9.6.2022.

[59] Gudikandula P.: „*Deep view on transfer learning with iamge classification pytorch*“, <https://purnasai.github.io/Deep-view-on-Transfer-learning-with-iamge-classification-Pytorch/>, pristupljeno 9.6.2022.

[60] McNealis N., Oberoi A.: „*A Simple Introduction to Dropout Regularization (With Code!)*“, <https://medium.com/analytics-vidhya/a-simple-introduction-to-dropout-regularization-with-code-5279489dda1e>, pristupljeno 9.6.2022.

[61] AWS.Amazon: „*What is a Neural Networks?*“, <https://aws.amazon.com/what-is/neural-network/>, pristupljeno 10.6.2022.

[62] SAS.com: „*Neural Networks: What they are & why they matter*“. https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/neural-networks.html, pristupljeno 10.6.2022.

[63] ResearchGate: „*A vanilla Convolutional Neural Network (CNN) representation.*“, https://www.researchgate.net/figure/A-vanilla-Convolutional-Neural-Network-CNN-representation_fig2_339447623, pristupljeno 10.6.2022.

[64] ResearchGate: „*Recurrent neural network or Long Short Term Memory*“, https://www.researchgate.net/figure/Recurrent-neural-networkRNN-or-Long-Short-Term-MemoryLSTM-5616_fig2_324883736, pristupljeno 10.6.2022.

[65] Wikipedia: „*Feedforward neural network*“, https://en.wikipedia.org/wiki/Feedforward_neural_network, pristupljeno 10.6.2022.

[66] ResearchGate: „*An autoencoder neural network.*“, https://www.researchgate.net/figure/An-autoencoder-neural-network_fig1_327129141, pristupljeno 10.6.2022.

[67] MachineDesk: „*Industrija 4.0 - Budućnost proizvodnje*“, <https://www.machine-desk.com/industrija-4-0/industrija-4-0-buducnost-proizvodnje#cetvrta-industrijska-revolucija-ili-industrija-4-0>, pristupljeno 10.6.2022.

[68] Guler B.: „*Where is the Industry 4.0 in our life?*“, <https://aie-internship.com/where-is-the-industry-4-0-in-our-life-by-busra-guler/>, pristupljeno 11.6.2022.

[69] **Hamilton Ortiz J.**: „*Industry 4.0 - Current Status and Future Trends*“, IntechOpen, London (2020.), str. 7-9

- [70] **Lampropoulos G., Siakas K., Anastasiadis T.:** „*INTERNET OF THINGS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0: AN OVERVIEW*“, International Journal of Entrepreneurial Knowledge, **7** (2019.), str. 10-13
- [71] Smith A.: „*What is the Industrial IoT? All about Industrial Internet of Things*“, <https://medium.com/altizon/what-is-the-industrial-iot-all-about-industrial-internet-of-things-902d9a6ec797>, pristupljeno 11.6.2022.
- [72] ResearchGate: „*Cyber physical system view*“, https://www.researchgate.net/figure/Cyber-physical-system-view_fig1_329457261, pristupljeno 11.6.2022.
- [73] **Reis M., Gins G.:** „*Industrial Process Monitoring in the Big Data/Industry 4.0 Era: from Detection, to Diagnosis, to Prognosis*“, Processes, **5** (2017.), str. 2
- [74] **Agrawal M., Eloom K., Mancini M., Patel A.:** „*Industry 4.0: Reimagining manufacturing operations after COVID-19*“, Izdavačka kuća Šleskog tehnološkog sveučilišta, Gliwice (2021.), str. 188-194
- [75] **Moore P. V. i drugi:** „*Work in the Age of Data*“, BBVA OpenMind, e-knjiga (2020) str. 94-102
- [76] asappayroll.com: „*Maximizing Your Human Capital Management*“, <https://asappayroll.com/maximizing-your-human-capital-management/>, pristupljeno 14.6.2022.
- [77] ABT team: „*How Cobots Are Transforming The Aircraft Manufacturing Industry?*“, <https://www.americanbarnstormerstour.com/how-cobots-are-transforming-the-aircraft-manufacturing-industry/>, pristupljeno 13.6.2022.
- [78] Patel A.: „*[Case Study] Beating the System with BEN and CAMI : How Chatbots can Transform Government Interaction*“, <https://hellotars.com/blog/chatbots-customer-support-gov>, pristupljeno 14.6.2022.
- [79] J. D.: „*Microsoftov HoloLens nije ono što mislite da jest*“, <https://www.tportal.hr/tehnolo/clanak/microsoftov-hololens-nije-ono-sto-mislite-da-jest-20150122>, pristupljeno 14.6.2022.
- [80] Statt N.: „*Google opens its latest Google Glass AR headset for direct purchase*“, <https://www.theverge.com/2020/2/4/21121472/google-glass-2-enterprise-edition-for-sale-directly-online>, pristupljeno 18.6.2022.
- [81] iF Design: „*DiDi Global Passenger App*“, <https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/didi-global-passenger-app/310787>, pristupljeno 18.6.2022.
- [82] Intenseye.com: „*Intenseye*“, <https://www.intenseye.com/>, pristupljeno 20.6.2022.

[83] AI ETHICS LAB: „*INTENSEYE ETHICS EVALUATION*“, https://aiethicslab.com/wp-content/uploads/2021/05/AIELab_Intenseye-Ethics.pdf, pristupljeno 20.6.2022.

[84] AI Gecko: „*AI (Artificial Intelligence) in Computer Vision & Deep Learning, for Food & Coronavirus*“, <https://www.aigecko.com/>, pristupljeno 20.6.2022.

[85] AI ETHICS LAB: „*Lab’s Work with Intenseye on the Ethics of their ‘AI for Workplace Safety’*“, <https://aiethicslab.com/intenseye/>, pristupljeno 20.6.2022.

8. PRILOZI

8.1. Popis simbola

AI, UI - umjetna inteligencija
ML - strojno učenje
LSTM - dugotrajno kratkoročno pamćenje
CTC - konekcionistička vremenska klasifikacija
ANN - umjetna neuronska mreža
SVM - stroj s potpornim vektorima
CNN - konvolucijska neuronska mreža
RNN - rekurentna neuronska mreža
IoT – Internet stvari
CPS - kibernetički-fizički sustav
IoS - Internet usluga
IIoT - Industrijski internet stvari
FR - ljudski resursi
OSH - sigurnost i zdravlje na radu
CCTV - televizija zatvorenog kruga
API - programsko sučelje za aplikacije

8.2. Popis slika

Slika 1: Colossus Mark 1 [3].....	3
Slika 2: Johns Hopkins Beast robot [9].....	6
Slika 3: Stohastički neuralno analogni pojačani kalkulator [12].....	7
Slika 4: Turingov test [14]	8
Slika 5: ELIZA, prvi chatbot [15].....	8
Slika 6: Tvorci moderne umjetne inteligencije [16]	9
Slika 7: Računalni program Logic Theorist [17].....	10
Slika 8: Dijagram toka programa simboličke umjetne inteligencije [19].....	11
Slika 9: Shema „fuzzy“ logike umjetne inteligencije [21]	12
Slika 10: Symbolics 3640 platforma sa LISP ekspertnim sustavom [24]	14
Slika 11: Arhitektura XSEL/XCON ekspertnog sustava [25]	15

Slika 12: Šahovski meč između Garrya Kasparova i Deep Bluea [27]	16
Slika 13: Autonomni Volkswagen Tuareg „Stanley“ [29]	17
Slika 14: Autonomni Chevrolet Tahoe „Boss“ [31]	17
Slika 15: Watson protiv dvojice prvaka [32]	18
Slika 16: Shematski prikaz inteligentnog agenta [33]	19
Slika 17: Google AlphaGo [35]	21
Slika 18: Googleov samovozeći automobil [36].....	22
Slika 19: Piramidalni prikaz Teorije uma [37]	23
Slika 20: Stablo odlučivanja [40].....	27
Slika 21: Dijagram šume nasumičnih odluka [44].....	28
Slika 22: Dijagram logističke regresije [45]	28
Slika 23: Jednadžba Bayesovog teorema [46]	29
Slika 24: Dijagram stroja s potpornim vektorima [48]	30
Slika 25: Algoritam učenja s pojačanjem [40].....	32
Slika 26: Apple-ova Siri [50]	33
Slika 27: Primjer e-commerce chatbota [51]	34
Slika 28: Računalni vid [52]	34
Slika 29: Shema sustava preopruga [53].....	35
Slika 30: Shema automatiziranog trgovanja dionicama [54].....	35
Slika 31: Duboka neuronska mreža za klasifikaciju znamenki [55].....	36
Slika 32: Duboki prikazi naučeni pomoću modela klasifikacije znamenki [55].....	37
Slika 33: Parametrizacija neuronske mreže [55]	38
Slika 34: Funkcija gubitka mreže [55]	38
Slika 35: Ocjena gubitka mreže [55].....	39
Slika 36: Dijagram stope učenja [57].....	39
Slika 37: Shema metode prijenosa učenja [58].....	40
Slika 38: Shema metode trening od nule [59].....	41
Slika 39: Upotreba „Dropout“ metode [60]	41
Slika 40: Jednostanva neuronska mreža [62].....	42
Slika 41: Shema konvolucijske neuronske mreže [63]	43
Slika 42: Shema rekurentne neuronske mreže [64]	44
Slika 43: Shema neuralne mreže naprijed [65]	44

Slika 44: Shema autoenkoderske neuralne mreže [66]	45
Slika 45: Industrija 4.0 [68]	46
Slika 46: Industrijski internet stvari [71]	49
Slika 47: Shema kibernetičko-fizičkog sustava [72].....	51
Slika 48: Shema računarstva u oblaku [73]	52
Slika 49: Ključni pokretači koji su u osnovi pokreta Big Data [73].....	53
Slika 50: Proces proizvodnje u pametnoj tvornici [74]	55
Slika 51: Temeljne tehnologije Industrije 4.0 [74]	56
Slika 52: Upravljanje ljudskim kapitalom [76].....	59
Slika 53: Cobot u zračnoj industriji [77].....	61
Slika 54: Cami chatbot [78]	62
Slika 55: Microsoft HoloLens [79]	65
Slika 56: Google naočale [80].....	65
Slika 57: Usluga prijevoza [75].....	66
Slika 58: DiDi Passenger aplikacija [81]	67
Slika 59: Sustav Intenseye [82].....	68
Slika 60: Analiza mjesta rada [82].....	69
Slika 61: Detekcija osobne zaštitne opreme [84].....	70
Slika 62: Upozorenje na prekoračenje brzine [83]	71
Slika 63: Zvučno upozorenje za nenošenje zaštitnih rukavica [83]	72
Slika 64: Nadzorna ploča Intenseye sustava [82]	72
Slika 65: Nadzor i analiza sustava Intenseye [85].....	74

8.3. Popis tablica

Tablica 1: Povijest značajnih događaja tijekom razvoja umjetne inteligencije [4]	4
Tablica 2: Tehnologije na radnom mjestu [75].....	57