

Psihološki obrasci i teorije motivacije za kognitivnu i kolaborativnu robotiku

Sinjeri, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:185085>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-15**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Luka Sinjeri

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Luka Sinjeri

Zagreb, 2021.

ZADATAK

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Luka Sinjeri** Mat. br.: 0035212349

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Psihološki obrasci i teorije motivacije za kognitivnu i kolaborativnu robotiku**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Psychological patterns and theories of motivation for cognitive and collaborative robotics**

Opis zadatka:


Postizanje sve viših stupnjeva automatizacije i daljnji napredak u robotici podrazumijevaju napore za opredmećivanjem ljudskih kognitivnih sposobnosti, gdje potencijal primjene imaju psihološki obrasci i teorije motivacije ljudskog ponašanja, kako na individualnom tako i na kolaborativnom (skupnom) planu. Pritome, kolaborativnost istodobno označava situaciju interakcije čovjek-stroj ali i onu u kojoj se zbiva interakcija unutar autonomne skupine strojeva.

U radu je potrebno:

1. istražiti i navesti odabrana relevantna istraživanja u području kognitivne i kolaborativne robotike
2. istražiti i opisati odabrane pristupe u vezi ljudskih obrazaca ponašanja i teorija motivacije
3. naznačiti mogućnosti primjene odabranih psiholoških obrazaca i teorija motivacije za oblikovanje i rad kolaborativnih robotskih sustava.

Zadatak zadan:
30. studenoga 2020.

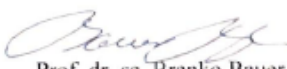
Zadatak zadao:


Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Datum predaje rada:
1. rok: 18 veljače 2021.
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.
3. rok: 23. rujna 2021.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 22.2. – 26.2.2021.
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Branko Bauer

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici i svojoj obitelji i prijateljima koji su me podržavali tijekom trajanja preddiplomskog studija, uz čiju sam pomoć savladao sve prepreke koje su mi stajale na putu.

U Zagrebu, 18. veljače 2021.

Luka Sinjeri

SAŽETAK

Razvojem robotike dolazi se do sve većih dostignuća u području automatizacije, naime, zamjene ljudskog rada robotskim. Trenutna tehnologija nije dovoljno razvijena kako bi omogućila potpuno autonoman rad robota, stoga je nužan ljudski nadzor i kolaboracija čovjeka i stroja. U svakom radnom okruženju u kojem je prisutan čovjek postavlja se pitanje motivacije i zainteresiranosti za obavljanje traženog posla, iz čega proistječe da je nužno poznavati osnovne psihološke obrasce ponašanja proizašle iz teorija motivacije kako bi se ostvarili visoki zahtjevi za učinkovitošću u autonomnih robota. Stoga se u ovome radu nastojalo dati pogled na budućnost kroz razmatranje primjene i daljnjeg razvoja kognitivne robotike koji će s vremenom omogućiti potpuno autonoman rad robota i na taj način maksimirati učinkovitost proizvodnih sustava. Dok se to ne postigne, naglasak bi trebao biti na kvalitetnijoj implementaciji kolaboracije između robota i čovjeka koja podrazumijeva daljnju čovjekovu samospoznaju upotrebom teorija motivacije, upravo u svrhu ostvarenja punog potencijala kognitivnih robota.

Ključne riječi: autonomni roboti, kognitivna robotika, kolaborativna robotika, teorije motivacije

SUMMARY

With the development of robotics, there are increasing achievements in the field of automation, namely, the replacement of human labour with robotic. Current technology is not developed enough to enable entire autonomous operation of a robot and therefore, human supervision and collaborative work between human and machine is required. In every work environment in which people are present comes the question of motivation and interest for required work to be done and therefore, it is crucial to identify fundamental psychological behavioral patterns which originate from theories of motivation in order to achieve high level of efficiency required. A look in the future is also provided by the examination of application and continuous development of cognitive robotics which will enable autonomous work by robots and hence maximize efficiency of manufacturing systems. Until it happens, focus should be on better implementation of collaborative work between robot and human which implies further self-cognition by means of theories of motivation in order to achieve full potential of cognitive robots.

Key words: autonomous robots, cognitive robotics, collaborative robotics, theories of motivation

SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY	IV
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA.....	IX
1. UVOD.....	1
2. KOGNITIVNA ROBOTIKA.....	2
2.1. Općenito o kognitivnoj robotici	2
2.2. Braitenbergovo istraživanje	3
2.2.1. Vozilo	3
2.2.2. Primjeri vozila [6]	4
2.2.3. Ponašanje.....	5
2.3. Metode učenja [2]	6
2.3.1. Motorni žamor.....	6
2.3.2. Imitacija.....	6
2.3.3. Stjecanje znanja.....	6
2.4. Smisao kognitivne robotike [7]	7
2.5. Prikaz znanja [7]	8
2.5.1. Vrste radnji.....	8
2.5.2. Opažanja	9
2.6. Rasuđivanje kognitivnih robota [7]	10
2.7. Visoka razina kontrole i programiranja kognitivnih robota [7]	10
2.8. Zaključak o kognitivnoj robotici	11

3. INDUSTRIJSKA KOLABORATIVNA ROBOTIKA	13
3.1. Povijesni razvoj [12].....	14
3.2. Primjena [13]	14
3.3. Sigurnost	17
3.4. Vrste kolaboracije čovjeka i robota	18
3.5. Prednosti kolaborativnih robota [13]	19
3.6. Budućnost kolaborativne robotike	20
4. TEORIJE MOTIVACIJE.....	21
4.1. Općenito o motivaciji.....	21
4.2. Maslowljeva teorija hijerarhija potreba.....	22
4.3. Herzbergova teorija motivacije	24
4.4. Teorija samoodređenja [20]	25
4.5. Teorija protoka [21].....	26
4.6. Transakcijska analiza [22]	27
4.7. Hedonizam i evolucija [20]	28
4.8. Primjena u radnim procesima [18].....	29
5. MOGUĆNOSTI PRIMJENE PSIHOLOŠKIH OBRAZACA I TEORIJA MOTIVACIJE ZA OBLIKOVANJE I RAD KOLABORATIVNIH ROBOTSKIH SUSTAVA.....	32
6. ZAKLJUČAK	33
7. LITERATURA.....	35

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
AOP		eng. <i>Agent Oriented Programming</i> – programiranje usmjereno agentu
eng.		engleski
IFR		eng. <i>International Federation of Robotics</i> – Međunarodna federacija robotike
ISO		eng. <i>International Organization for Standardization</i> – Međunarodna organizacija za normizaciju
p.n.e.		prije nove ere

POPIS SLIKA

Slika 1. Inteligentni agent [4]	3
Slika 2. Braitenbergova vozila 2a i 2b [6].....	5
Slika 3. Složeno ponašanje vozila [6]	5
Slika 4. Elementi robota zasnovanog na umjetnoj inteligenciji [9]	9
Slika 5. Čovjek i robot [11].....	13
Slika 6. Industrijski robot FANUC CR-35iA [14]	15
Slika 7. Industrijski roboti [15]	15
Slika 8. Kolaboracija čovjeka i robota [16].....	17
Slika 9. Vrste kolaboracije [13].....	18
Slika 10. Procjena prodaje kolaborativnih robota [17]	20
Slika 11. Maslowljeva hijerarhija potreba [18].....	23
Slika 12. Dvočimbenička teorija [18]	24

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razlika između objektnog programiranja (OP) i programiranja usmjerenog agentu (AOP) [8].....	7
---	---

1. UVOD

Ljudi su od početaka civilizacije pokušavali pronaći načine kako bi si olakšali život i učinili ga ugodnijim. Kroz godine napretka i nebrojeno dostignuća i izuma koji su doprinosili učinkovitosti u svakodnevnom radu i razvoju došlo se do takozvane četvrte industrijske revolucija koja i danas traje. Ono što obilježava područje proizvodnje je sve viša potreba za automatizacijom procesa s ciljem povećane produktivnosti i smanjenih troškova. Ključnu ulogu u ostvarivanju tog cilja ima područje robotike, koje se dalje može raščlaniti na mnoga potpodručja. Posebno zanimljiva u smislu automatizacije su kognitivna i kolaborativna robotika.

Kognitivna robotika rastuća je grana koja će se nastaviti razvijati u godinama koje dolaze. Ovo područje obuhvaća konstruiranje i upotrebu robota s inteligencijom nalik onoj kod ljudi, a korištenom za opažanje, upravljanje i visoku razinu spoznaje. Kako bi se sve to izvelo, potrebno je znanje iz mnogih područja osim same robotike, kao što su umjetna inteligencija, kognitivna znanost, neuroznanost, biologija, filozofija, psihologija i kibernetika. Stoga nije pretjerano zahvalan pokušaj davanja stroge definicije ovog područja s obzirom da joj suština nije iskristalizirana i nije poznato u kom će se smjeru daljnji razvoj odvijati. [1]

S druge strane, kolaborativna robotika je nešto čiji se utjecaj već danas uvelike može osjetiti pri svakodnevnom radu u proizvodnim procesima. Osnovna zamisao je olakšanje ljudskog rada kolaborativnom primjenom robota u industriji kako bi se na lakši i brži način došlo do određenih rezultata. Osnovna stvar koju pritom treba osigurati je sigurnost radnika koji sudjeluju u nekoj od vrsta zajedničkog rada s robotima.

Zadnja tema koja će biti pokrivena u okviru ovog rada vezana je uz teorije motivacije i psihološke obrasce ponašanja koji se povezuju uz njih. Cilj je nazrijeti mogućnosti njihove primjene najprije u svrhu oblikovanja i rada kolaborativnih, a zatim i autonomnih robotskih sustava.

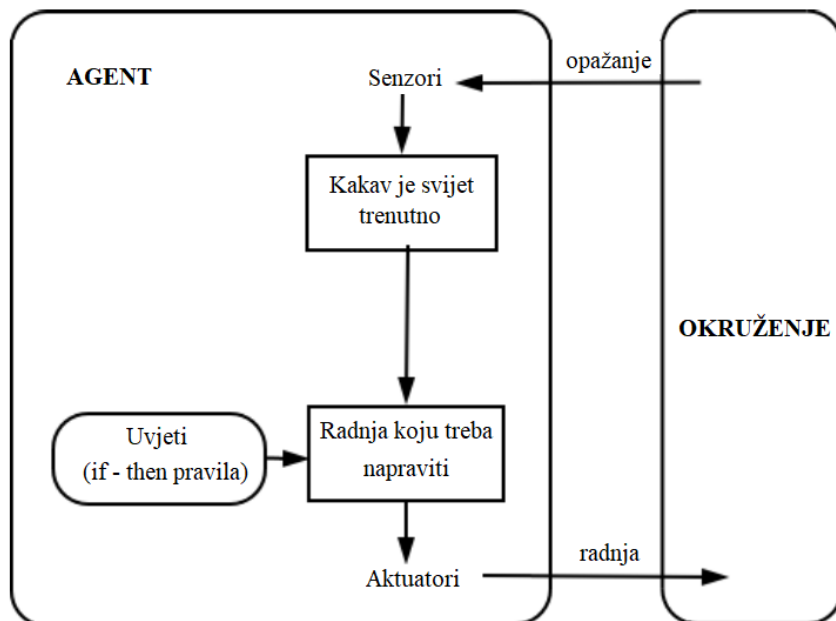
2. KOGNITIVNA ROBOTIKA

2.1. Općenito o kognitivnoj robotici

Kognitivna robotika bavi se podarivanjem robota inteligentnim ponašanjem pružajući mu arhitekturu obrade podataka koja bi mu omogućila da nauči i spozna kako bi se trebao ponašati u složenim uvjetima unutar složenog svijeta. [2]

Iako je tradicionalno kognitivno modeliranje pretpostavljalo simbolički prikaz kao način opisivanja svijeta, pokazalo se da je ovakav oblik simboličke prezentacije problematičan ako ne i neodrživ. [2] No, postoje u osnovi sasvim suprotni stavovi, koji iskazuju važnost simbola za ljude [3], a što je onda od neminovnog značaja i za kognitivne robote. Opažanje zajedno s pokretom i poimanje simboličkog prikazivanja stoga su ključni problemi koji se moraju obrađivati unutar kognitivne robotike.

Kao polaznu točku za robotsku obradu informacija kognitivna robotika koristi spoznaju nalik one kod životinja, za razliku tradicionalnih metoda umjetne inteligencije. Tražene kognitivne sposobnosti robota uključuju obradu opažanja, raspodjelu pažnje, iščekivanje, planiranje, složenu motoričku koordinaciju, rasuđivanje o ostalim robotima, pa čak i o vlastitom mentalnom stanju. Robotska spoznaja uključuje ponašanje inteligentnih agenata u fizičkom svijetu (ili virtualnom ako je riječ o simuliranoj kognitivnoj robotici). Krajnji cilj je omogućiti robotu autonoman rad u stvarnom svijetu. Prikaz sheme jednostavnog inteligentnog agenta prikazana je na slici 1.



Slika 1. Inteligentni agent [4]

2.2. Braitenbergovo istraživanje

Talijanski neuroznanstvenik Valentino Braitenberg kroz misaoni pokus opisao je koncept vozila tj. mobilnih robota. On prikazuje životinjski svijet na minimalistički i konstruktivan način, od jednostavnog reaktivnog ponašanja, preko jednostavnih vozila do stvaranja koncepata, ponašanja u prostoru i nastanka ideja. Senzori kao što su na primjer foto ćelije izravno upravljaju kretanjem jednostavnih vozila, ali dobiveno ponašanje može se doimati složenim ili čak inteligentnim. [5]

2.2.1. Vozilo

Braitenbergovo vozilo može se samostalno kretati na osnovu ulaznih podataka senzora. Senzori su jednostavni i mjere neki podražaj u točki, a kotači koji su pogonjeni vlastitim motorima imaju ulogu aktuatora i djelovatelja. U najjednostavnijoj konfiguraciji senzor je direktno spojen na djelovatelja i zato očitani signal odmah stvara kretanje na kotačima. U ovisnosti kako su senzori i kotači povezani vozilo pokazuje drugačije ponašanje. To znači da ovisno o ožičenju senzora i

motora vozilo pokušava postići određene situacije i izbjeći neke druge, mijenjajući pravac ukoliko se situacija promijeni. [6]

Povezivanje senzora i aktuatora kod najjednostavnijih vozila može biti ipsilateralno ili kontralateralno pružajući četiri kombinacije različitih ponašanja nazvane strah, agresija, sviđanje i ljubav. [6]

2.2.2. Primjeri vozila [6]

Braitenberg je razvio više od deset vozila, od kojih su tri prikazana u nastavku.

- Vozilo 1

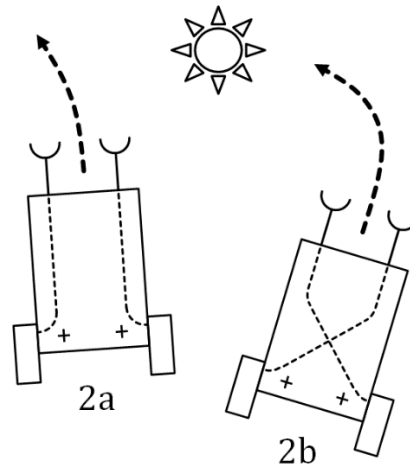
Prvo vozilo ima jedan senzor (na primjer temperature) koji izravno utječe na jedan kotač na proporcionalan način. Vozilo se idealno kreće samo u jednoj dimenziji i može stajati na mjestu ili se kretati promjenjivim brzinama u ovisnosti o temperaturi. Kada se uključe sile poput asimetričnog trenja vozilo može skrenuti s ravnog puta na nepredvidljive načine. Ljudski promatrač može shvatiti ovu pojavu kao stvorenje koje je živo poput insekta i neumorno jer se nikad ne prestaje gibati. Niska brzina kretanja u području niske temperature može biti shvaćena kao sklonost hladnim mjestima.

- Vozilo 2a

Ponešto složeniji primjer sadrži dva (lijevi i desni) simetrična senzora (na primjer detektori svjetla) koji djeluju na kotač na istoj strani vozila. Ovo vozilo predstavlja model negativne životinjske tropotaksije. Ono slijedi pravilo da ukoliko više svjetla dolazi s desne strane desni kotač će se okretati brže prema lijevoj strani gdje nema svjetla. Ovakav oblik ponašanja je prikladan kada treba pobjeći od izvora svjetlosti jer se stvorenje može kretati u različitim smjerovima i teži orijentaciji prema smjeru s kojeg dolazi najmanje svjetlosti. U drugačijoj inačici veze su postavljene na taj način gdje se vozilo odmiče od tamnih područja, prema svjetlu.

- Vozilo 2b

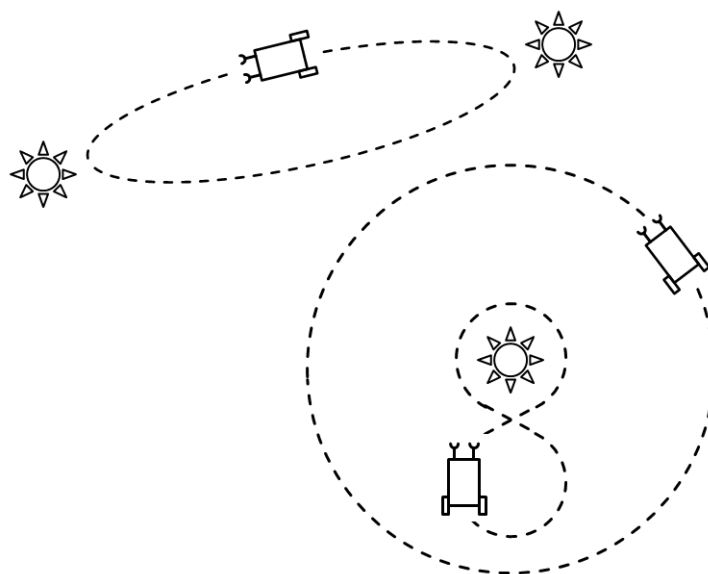
Vozilo ima ista dva simetrična senzora, ali ovog puta svaki djeluje na kotač na suprotnoj strani vozila. Sada se slijedi pravilo koje nalaže da ukoliko lijeva strana ima više svjetla, desni kotač okretat će se brže prema lijevoj strani, koja je bliža izvoru svjetla. Kao rezultat robot prati svjetlo, tj. kreće se prema svjetlu. Slika 2. prikazuje vozila 2a i 2b.



Slika 2. Braitenbergova vozila 2a i 2b [6]

2.2.3. Ponašanje

U složenoj okolini s više izvora podražaja Braitenbergova vozila pokazat će složeno i dinamično kretanje. U ovisnosti o spajanju senzora i aktuatora, vozilo bi se moglo kretati blizu izvora, ali bez da dolazi u izravan kontakt s njim, vrlo brzo pobjeći ili formirati osmice oko izvora. Ovo ponašanje je nedvojbeno orijentirano cilju, fleksibilno i prilagodljivo te bi se čak moglo činiti i inteligentnim, povezujući ga s malom razinom inteligencije kakva se pronalazi kod primjerice žohara. Treba napomenuti da je djelovanje vozila u potpunost mehaničko, bez obrade informacija ili drugih kognitivnih procesa. Slika 3. prikazuje primjer složenog ponašanja vozila.



Slika 3. Složeno ponašanje vozila [6]

2.3. Metode učenja [2]

2.3.1. Motorni žamor

Početna metoda učenja robota zvana motorni žamor podrazumijeva povezivanje naizgled slučajnih, kompleksnih motoričkih pokreta robota s odgovarajućom vizualnom ili auditivnom povratnom informacijom na način da robot može početi očekivati obrazac ponašanja povratnih informacija senzora na osnovu motoričkih pokreta. Tražena povratna informacija senzora tada bi se mogla koristiti za informiranje signala motora. Cijela metoda je zamišljena analogno tome kako beba uči posezati za predmetima ili kada uči proizvoditi zvukove. Za jednostavnije robotske sustave, gdje se primjerice inverzna kinematika koristi za pretvaranje očekivanog odaziva u izlazni signal motora, ovaj korak se može preskočiti.

2.3.2. Imitacija

Jednom kad robot može koordinirati svojim motorima kako bi stvorio traženi rezultat, može se koristiti metoda učenja imitacijom. Robot prati izvođenje drugog izvršitelja i nakon toga ga pokušava oponašati. Često je problematično prebaciti podatke vezane uz imitaciju iz složene situacije u željeni motorički rezultat kod robota. Imitacija se smatra visokom razinom kognitivnog ponašanja i nije nužno zahtijevana u osnovnom modelu spoznaje nalik životinjskoj.

2.3.3. Stjecanje znanja

Složenija metoda učenja je autonomno stjecanje znanja, gdje robot sam istražuje svoju okolinu. Obično se kao pretpostavka odredi sustav ciljeva i vjerovanja. Usmjerenije metode istraživanja mogu biti ostvarene kroz algoritme radoznalosti kao što su inteligentno prilagodljiva radoznalost ili intrinzična motivacija na temelju kategorija. Ovi algoritmi obično uključuju raščlambu ulaznih informacija senzora na konačan broj kategorija i dodjelu neke vrste sustava predviđanja za svaku kategoriju. Sustav predviđanja bilježi greške kod predviđanja kroz vrijeme. Smanjenje grešaka u predviđanju smatra se učenjem. Robot potom preferencijalno istražuje kategorije u kojima uči na najbrži mogući način.

2.4. Smisao kognitivne robotike [7]

U općenitom smislu kognitivna robotika kategorizirana je kao dio robotike koji se bavi proučavanjem prikaza znanja i problema rasuđivanja kod autonomnih robota u dinamičnom i nepotpuno poznatom svijetu. Osnovni cilj je razumjeti poveznicu između znanja, shvaćanja i radnji takvog robota. Neka od pitanja na koja se želi odgovoriti su:

- Koje polazne informacije robot treba imati da bi izvršio program, naspram onih informacija koje može pribaviti tijekom izvršavanja programa koristeći rasuđivanje?
- Što robot treba znati o svome okruženju?
- Kada bi robot trebao koristiti rasuđivanje kako bi saznao da li je nešto istina naspram poimanja onoga za što je već ranije znao da je istinito?
- Kada bi pravo značenje neke radnje trebalo biti dostupno shvaćanju robota i kada bi se radnja trebala smatrati primitivnom?

Ovo su samo neka od brojnih pitanja vezana za ovo područje. Odgovori na ta pitanja mogli bi dovesti do onoga čemu se teži u području kognitivne robotike, a to je razvitak robotske kontrole visokog stupnja. Takav sustav povezuje kognitivnu robotiku ne samo s robotikom (tradicionalnom, manje kognitivnom) nego i s ostalim područjima umjetne inteligencije kao što su planiranje i programiranje usmjereno agentu (AOP). Tablica 1. prikazuje usporedbu s objektnim programiranjem.

Tablica 1. Razlika između objektnog programiranja (OP) i programiranja usmjerenog agentu (AOP) [8]

	OP	AOP
Osnovna jedinica	objekt	agent
Parametri koji opisuju stanje osnovne jedinice	slobodni	vjerovanja, obaveze, mogućnosti, izbori...
Postupak računanja	prenošenje poruka i metode odgovora	prenošenje poruka i metode odgovora
Vrste poruka	neograničene	izvještaj, zahtjev, ponuda, obećanje, odbacivanje...
Ograničenja na metode	nema	iskrenost, dosljednost...

2.5. Prikaz znanja [7]

Kao posebna vrsta sustava baziranih na znanju, kognitivni roboti trebaju prikazati znanje o bitnim dijelovima svijeta kojeg su i sami dio. Ono što ih čini posebnima je naglasak na poznavanju dinamike svijeta, uključujući i radnje samog robota. U sustavima koji su trenutno u uporabi znanje o predmetima u svijetu može biti vrlo ograničeno, označavajući samo pozicije, sve do onih vrlo složenih koji uključuju znanje o stvarnom obliku i dimenzijama predmeta.

Isto tako znanje o kretanjama može biti jednostavno kod primjerice promjene pozicije od točke A do točke B ili s druge strane poprilično složeno uključujući modele vjerojatnosti pokušaja i pogreške. No bez obzira na primjenu, ključna značajka kognitivnih robota je fokus na svijet koji se mijenja. Prikladan jezik prikaza znanja morao bi u najmanju ruku omogućiti funkcijske simbole koji imaju mogućnost promjene vrijednosti kao rezultat promjene u stvarnom svijetu.

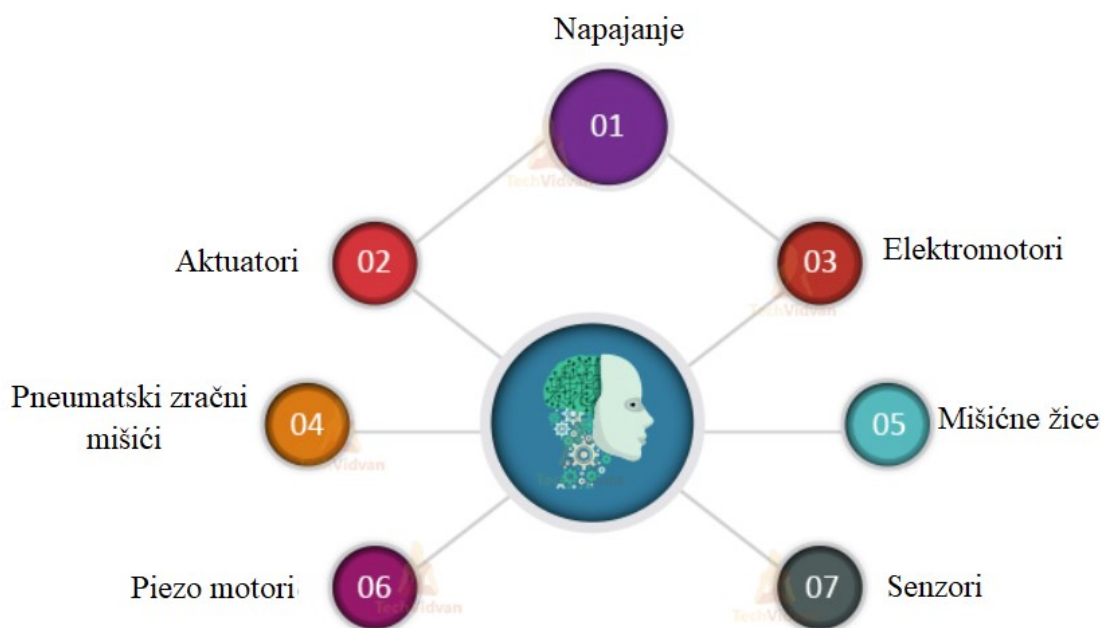
2.5.1. Vrste radnji

U najjednostavnijoj primjeni situacijski *calculus* koristi se za modeliranje radnji koje se događaju odvojeno od drugih i trenutačno. Za robotsku primjenu to je najčešće previše ograničeno jer je potrebna veća raznolikost. Za početak se može razmotriti jednostavna naredba izuzimanje objekta i prenošenja iz jedne lokacije na drugu koja zahtijeva određeno vrijeme za izvođenje. S obzirom na to da nije uvijek praktično navesti točno vrijeme trajanja neke radnje prije samog izvođenja uvodi se kontinuirana varijabla vremena. Na primjer, lokacija robota prilikom kretanja aproksimirana je linearnom funkcijom koja kao argumente uzima početno vrijeme kretanja i brzinu robota.

Situacijski *calculus* također se koristi za radnje čiji rezultati su deterministički, tamo gdje se točno zna koji parametri se mijenjaju, a koji ne. Međutim, u praksi stvari nisu tako jednostavne. Primjerice, robotska hvataljka može biti skliska i zbog toga radnja izuzimanja predmeta ne mora uvijek uspjeti, nekad će predmet ostati u hvataljci, a nekad neće. Primjenom stohastičkog situacijskog *calculus* uključuje se raspodjela vjerojatnosti u ovakve slučajeve definirajući pritom vjerojatnost uspjeha s primjerice 95 %, dok se neuspjehu pridružuje vrijednost od 5 %.

2.5.2. Opažanja

U situacijskom *calculusu* na radnje se obično gleda kao na promjene u svijetu, koje su se dogodile putem robotskih aktuatora. Slika 4. prikazuje shematski prikaz dijelova od kojih se robot pogonjen umjetnom inteligencijom sastoji. Postupci opažanja koji robotu daju informacije o njegovom okruženju i istovremeno ne utječu na tu istu okolinu vrlo su važni iz perspektive robota. Jedan od načina izvođenja ovakvog principa je uvođenje posebnih varijabli koje bi vraćale istinitu ili lažnu vrijednost u ovisnosti o onome što bi robotski senzori detektirali. Primjerice, kod opažanja boje predmeta robot ciljano izvršava radnju prepoznavanja, no postoje također slučajevi gdje se opažanje događa pasivno. Kada robot treba locirati svoju poziciju unutar radnog prostora, koriste se takozvani egzogeni postupci koji mijenjaju vrijednost varijabli u ovisnosti o lokaciji robota, s time što njih ne pokreće sam robot nego vanjski utjecaji kojima je izložen.



Slika 4. Elementi robota zasnovanog na umjetnoj inteligenciji [9]

2.6. Rasuđivanje kognitivnih robota [7]

Postoje dva povezana zadatka vezana uz rasuđivanje koji igraju ključnu ulogu u kognitivnoj robotici. Osnovni je nazvan (privremeni) zadatak predviđanja koji određuje hoće li neko stanje ostati na snazi nakon što se odradi niz radnji iz nekog početnog stanja. Drugi se zove zadatak zakonitosti koji određuje da li se neki niz radnji može izvesti počevši u nekom početnom stanju. Ako se pretpostavi da su poznati početni uvjeti može se odrediti zakonitost na način da se potvrdi ispunjenje svih radnji u nizu u stanju prije nego je naredba izvršena. Predviđanje je vrlo elementaran zadatak obzirom da je nužan za mnoge druge složenije zadatke, uključujući planiranje i izvršavanje programa visoke razine. Predviđanje može biti riješeno metodom povratka ili takozvane regresije. Potrebno je povratiti formulu korištenu za odabranu radnju i na taj način utvrditi da li je rezultat moguć u početnoj situaciji. Regresija se pokazala kao moćna metoda za razumijevanje dinamičnog svijeta na način da ga svodi na razumijevanje početne statične situacije. S druge strane postoji metoda napredovanja ili progresije gdje je ideja da robot tijekom izvođenja radnji mijenja svoju bazu podataka o početnoj situaciji. Za razliku od metode regresije robot može osvježavati svoju bazu podataka tijekom odrađivanja neke fizičke radnje.

2.7. Visoka razina kontrole i programiranja kognitivnih robota [7]

Jedna osobina koja izdvaja područje kognitivne robotike je kontroliranje robota koje se odvija pomoću prikaza znanja i razumijevanja. Razumijevanje okoline koja se mijenja plod je radnji koje su roboti obavili jer pokušavaju odlučiti što treba učiniti, koji je najbolji put prema ostvarenju cilja. To je glavna razlika u odnosu na razumijevanje čija je jedina svrha odgovaranje na pitanja ili davanje objašnjenja.

U pokušaju da se dođe do fleksibilnog oblika kontrole jedan od načina koji se pokazao kao prilično uspješan je visoka razina programiranja. Programski jezici koji se koriste su Golog i inačice poput Fluxa. Gotovo sva kontrola visoke razine u kognitivnoj robotici počiva na tom principu. Upravo je to ono što približava kognitivnu robotiku već spomenutom području programiranja usmjereno agentu (AOP).

Kada se spominje program visoke razine misli se na program koji sadrži sve uobičajene programske značajke (slijed, uvjete, iteraciju, rekurzivni postupak, istodobnost) i neke posebne kao što su:

- jednostavne naredbe programa su radnje opisane postavkom radnji
- ispitivanja unutar programa su uvjeti o okolini formirani u temeljnom jeziku prikaza znanja
- programi mogu sadržavati nedeterminističke operacije u kojima je potrebno donijeti razuman odabir među ponuđenim izborima.

Kada program sadrži nedeterminističke radnje, sve što je bitno je da dostupni izbori dovedu do uspješne provedbe programa. Ne postoji razlog pretpostavke da je jedno rješenje bolje od drugog. Međutim, pravo donošenje odluka uključuje odabir mogućnosti koje su bolje od drugih. Jedan od načina pristupa ovom problemu je dodjela brojčanih nagrada za pojedine situacije. To se odnosi na slučaj programiranja *off-line*.

Izvedba programa visoke razine *on-line* ima prednost u tome što ne zahtijeva spoznaju o trajanju tijeka izvedbe, koji se može sastojati od milijuna koraka, prije izvršavanja prvog koraka operacije. Također koristi informaciju dobivenu iz senzora tijekom odvijanja prve radnje u odlučivanju koja radnja slijedi nakon nje. S druge strane, jednom kada je radnja obavljena možda neće postojati mogućnost unatrag pretraživanja ukoliko je kasnije tijekom izvedbe programa nedeterministički odabir krivo riješen.

2.8. Zaključak o kognitivnoj robotici

Kognitivna robotika odgovor je na kritike da je prikaz znanja i razumijevanja bio previše usmjeren na apstraktno razumijevanje, a nedovoljno usredotočen na dinamiku promjena koje se događaju u okolini robota. Ona pokušava odgovoriti na pitanje prikaza i razumijevanja problema do kojih autonomni robot dolazi dok pokušava odabrati što da napravi u zadanoj situaciji. U mnogim aspektima koji se tiču zadane problematike tek je blago zagrebano po površini i u narednim godinama očekuje se daljnji napredak ovog područja.

Određen broj kognitivnih robotskih sustava primjenjuje se na različitim robotskim platformama korištenjem nekih od ideja koje su gore navedene, a baziraju se na situacijskom *calculusu* ili na

nekom drugom formalizmu za prikazivanje znanja. Osnovno pitanje u području kognitivne robotike je veza između jasnog logičkog prikaza nepotpunog znanja i numeričkih mjera neodređenosti. [7]

Ono što se traži je znatno jači spoj visoke razine programa i ostalih dijelova robotske programske podrške, poput mapiranja i lokalizacije ili čak vizijskih sustava. Primjerice, u situaciji kada robot ne uspije provesti lokalizaciju i izgubi se, trebao bi biti u mogućnosti iskoristiti visoku razinu upravljanja i provesti razumno uklanjanje problema. Kako bi se postigao napredak po ovom pitanju potrebno je duboko razumijevanje i kognitivne i standardne robotike što bi na kraju rezultiralo smanjenjem razlike koja trenutno postoji između ove dvije istraživačke zajednice. [7]

3. INDUSTRIJSKA KOLABORATIVNA ROBOTIKA

Industrija proizvodnje na globalnoj razini ulazi u svojevrsno razdoblje renesanse. Stalno se govori o pojmovima kao što su Industrija 4.0, Internet of Things (IoT), kibernetički sustavi i kolaborativni roboti i stoga se lako izgubiti u svim tim tehnologijama koje obećavaju povećane razine učinkovitosti.

Većina naprednih tehnologija i dalje su van dohvata za mala i srednja poduzeća, ali kolaborativni roboti postaju sve rašireniji prvenstveno zbog njihove pristupačnosti i naglasku na sigurnost. U današnje vrijeme ljudi mogu raditi s kolaborativnim robotima bez potrebe za sigurnosnim ogradama ili označenih dijelova na podovima tvornica što je temeljna značajka njihove kolaborativne prirode. (Slika 5.) [10]



Slika 5. Čovjek i robot [11]

3.1. Povijesni razvoj [12]

Kolaborativne robote osmislili su 1996. godine J. Edward Colgate i Michael Peshkin sa Sveučilišta Northwestern University u SAD-u. Njihov patent iz 1997. godine naziva *Coboti* opisuje uređaj i metodu za direktnu fizičku interakciju između osobe i manipulatora za osnovne potrebe koji je kontroliran putem računala. Otkriće je proizašlo iz inicijative General Motorsa čiji je odjel za robotiku odobrio istraživanje kako bi se pronašao način da se robote ili opremu sličnu robotima učini dovoljno sigurnima za zajednički rad s ljudima.

Tvrtka koju su 1997. godine osnovali Colgate i Peshkin proizvodila je nekoliko modela kolaborativnih robota koji su korišteni u završnom sklapanju automobila.

Njemačka tvrtka KUKA svoj prvi model *cobota* naziva LBR 3 proizvela je 2004. godine. Računalno kontrolirani robot male mase bio je rezultat dugogodišnje suradnje s Njemačkim institutom zračnog prostora.

Japanski proizvođač FANUC proizveo je svog prvog kolaboracijskog robota 2015. godine. Slika 6. prikazuje izgled prvog modela, naziva CR-35iA i dobar je prikaz onoga kako većina kolaborativnih robota danas izgleda.

3.2. Primjena [13]

Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) definirala je robote prema njihovoj namjeni. Prema ISO 8373:2012 industrijski robot (Slika 7.) je automatski upravljani, programabilan, manipulator za različite svrhe s mogućnošću programiranja u tri ili više osi koje mogu biti čvrsto vezane u prostoru ili pokretne za upotrebu u industrijskoj automatizaciji.



Slika 6. Industrijski robot FANUC CR-35iA [14]



Slika 7. Industrijski roboti [15]

Kolaborativni industrijski roboti dizajnirani su za izvođenje zadataka u kolaboraciji s radnicima u području industrije. Međunarodna federacija robotike (IFR) definirala je dva oblika robota namijenjenih za kolaboraciju. Prva skupina zadovoljava ISO normu 10218-1 koja definira zahtjeve i smjernice koje se odnose na sigurnost konstrukcije, zaštitne mjere i informacije o korištenju industrijskih robota. Druga skupina su roboti koji ne zadovoljavaju uvjete propisane normom 10218-1, što ne znači da takvi roboti nisu sigurni za korištenje, nego upućuje na to da oni koriste drugačije sigurnosne norme, primjerice državne.

Postoji poprilična raznolikost što se vrsta kolaborativnih robota tiče, s različitim stupnjem interakcije s čovjekom. Na jednoj strani tehnološkog spektra postoje tradicionalni roboti koji rade u zasebnim radnim prostorima gdje radnici mogu povremeno ulaziti bez potrebe za isključivanjem robota iz pogona što bi dovelo do praznog hoda i samim time financijskih gubitaka. Robotsko okruženje može biti opremljeno senzorima koji otkrivaju kretnju čovjeka i osiguravaju da se robotski rad uspori ili zaustavi. Na drugom kraju spektra postoje industrijski roboti posebno dizajnirani za rad s ljudima u dijeljenom radnom prostoru.

Takvi roboti, koji se često nazivaju *cobotima*, konstruirani su s raznim tehnološkim značajkama koje osiguravaju da ne mogu nauditi ljudima u situacijama kad radnik dođe u direktan doticaj s njima, slučajno ili namjerno (Slika 8.). Te značajke uključuju lagane materijale, zaobljene oblike, podstavu i senzore koji se nalaze na bazi ili na robotskim zglobovima koji mjere i kontroliraju silu i osiguravaju da te vrijednosti ne premaše zadanu granicu ukoliko dođe do kontakta.



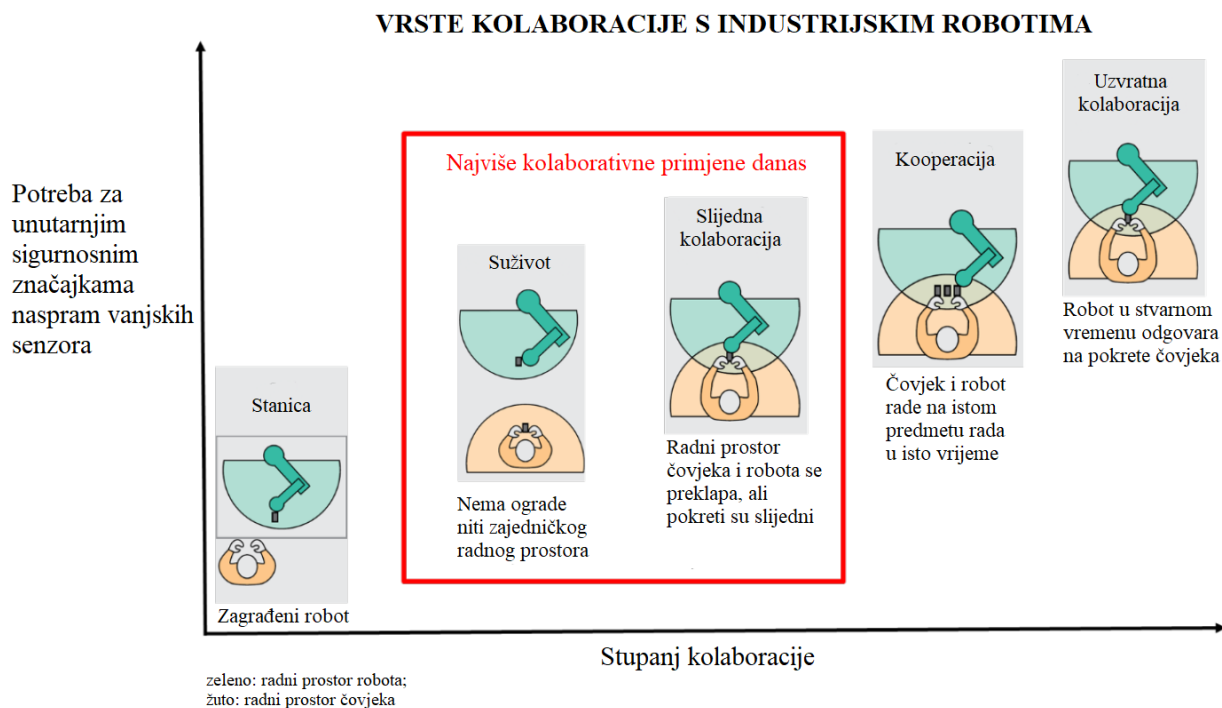
Slika 8. Kolaboracija čovjeka i robota [16]

3.3. Sigurnost

Kao i svaki drugi dio industrijskih strojeva i kolaborativni roboti moraju biti sigurni. Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) razvila je norme za četiri različite vrste kolaborativnog rada. Udovoljavanje ovih normi označava da je robot siguran za korištenje u radnim uvjetima. Međutim, treba napomenuti da siguran robot ne označava sigurnu kolaborativnu primjenu u praksi. Postupak u kojem naizgled siguran *cobot* rukuje oštrim alatom nije siguran bez obzira kako malom brzinom robot obavlja radnju. Krajnji korisnici moraju obaviti procjenu rizika za namijenjenu upotrebu kako bi se uvjerali da zadovoljavaju zakonom propisane standarde za zdravlje i sigurnost u radnim uvjetima određene države. Procjena pokriva cijelu upotrebu, uključujući radno okruženje, robota, krajnjeg korisnika, alate, radne komade i ostale potencijalno opasne elemente poput kablova i rasvjete. [13]

3.4. Vrste kolaboracije čovjeka i robota

Kolaboracija čovjeka i industrijskog robota može varirati od dijeljenog radnog prostora bez izravnog kontakta čovjeka i robota ili usklađenosti obavljanja zadataka do robota koji prilagođava svoje kretanje u realnom vremenu kako bi se uskladio s ljudskim radnikom. Na slici 9. prikazane su vrste kolaboracije. Trenutno se procjenjuje da je najčešća primjena kolaborativnih robota putem dijeljenog radnog prostora gdje robot i radnik zajedno rade, obavljajući zadatke slijedom jedan iza drugog. Često robot obavlja zadatke koji su zamorni ili neergonomični, od dizanja teških dijelova do obavljanja repetitivnih zadataka kao što je pritezanje vijaka. Primjena u kojoj robot reagira u stvarnom vremenu na pokrete radnika (npr. mijenja kut hvataljke da bi ga uskladio s kutom pod kojim radnik donosi predmet) su tehnički najzahtjevniji. Obzirom da se robot mora prilagoditi kretanjama radnika, njegovi pokreti ne mogu biti u potpunosti predvidljivi i zbog toga krajnji korisnik mora osigurati da njegov puni opseg kretanja zadovoljava propisane sigurnosne odredbe. Primjeri uzvratne kolaboracije u industrijskom okruženju vjerojatno se neće tako skoro pojaviti u većini proizvodnih područja koja se oslanjaju na preciznost i ponovljivost u svrhu ostvarivanja tražene produktivnosti. [13]



Slika 9. Vrste kolaboracije [13]

3.5. Prednosti kolaborativnih robota [13]

Kolaborativni roboti pružaju ekonomski isplativu ulaznu točku za robotsku automatizaciju. Mogu biti korišteni za automatiziranje dijelova proizvodne linije s minimalnim promjenama na samoj liniji, pružajući na taj način malim ili srednje velikim proizvođačima koji nisu dosad automatizirali svoju proizvodnju priliku da povećaju produktivnost i kvalitetu prednostima koje nude roboti. Za tvrtke poput proizvođača automobila koji su već automatizirali proizvodnju karoserija, dodatna primjena kolaborativnih robota nudi priliku za pomoć radnicima prilikom završnih operacija sklapanja koji su često razlog kroničnih ozljeda leđa.

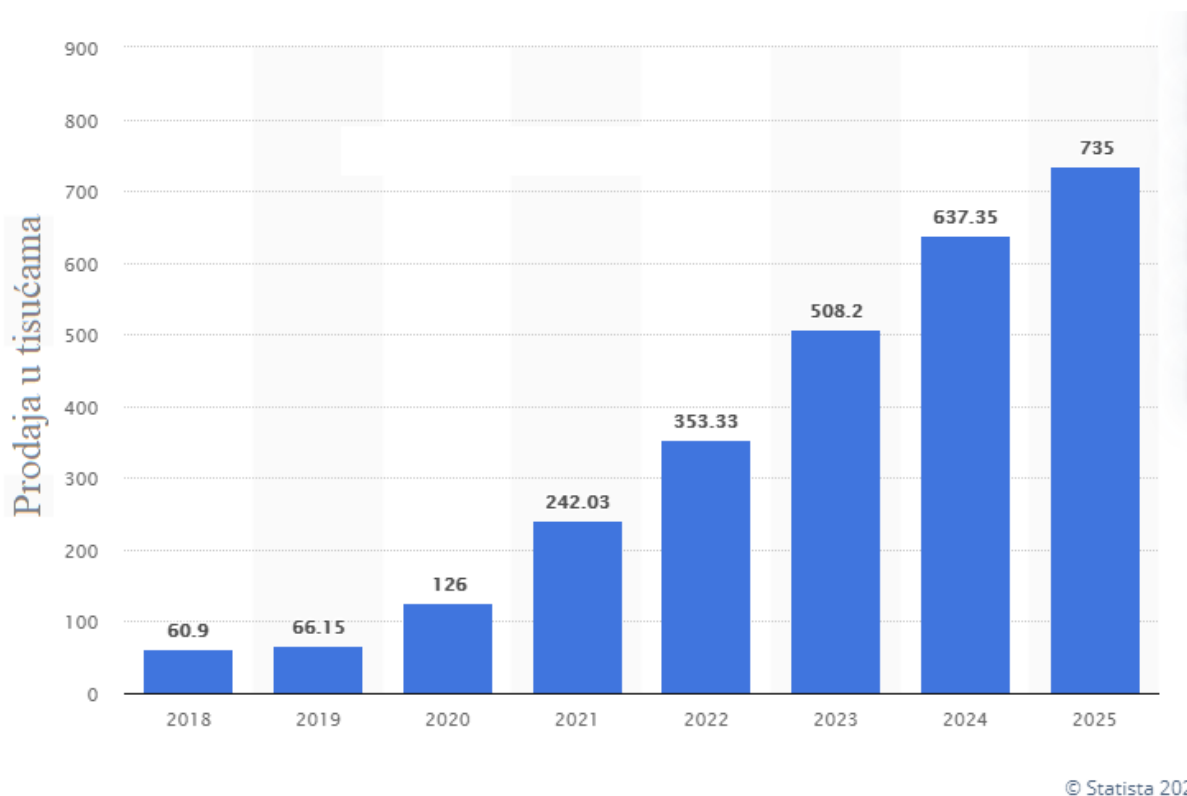
Kolaborativna primjena omogućuje proizvođačima automatizaciju onih postupaka koji su naporni za ljude, od dohvatanja dijelova do provjere kvalitete gdje je ljudima teško ostati dosljedan kroz duge vremenske periode. Ranijih godina razni stručnjaci bili su potrebni kako bi se robot postavio, isprogramirao i kako bi se njime upravljalo. Programska sučelja danas su znatno intuitivnija kako kod standardnih robota, tako i kod *cobota*. Stručnjaci za integraciju sustava su i dalje potrebni za naprednu primjenu i tamo gdje je potreban redizajn cijelog proizvodnog pogona. Za jednostavniju primjenu, radnici s minimalnom edukacijom o programiranju mogu prenamijeniti robota za novi zadatak. Ovo je osobito važno za proizvođače s kraćim proizvodnim pogonima koji trebaju mogućnost brze prenamjene robota za novu proizvodnu liniju.

Coboti su obično lagani te ih je zbog toga lako pomicati unutar tvornica. Također ne zauzimaju mnogo prostora što je još jedan bitan parametar za proizvođače. Industrijski roboti često su nepomično postavljeni na jednom mjestu, ali postoji potreba za prijenosnim industrijskim robotima koji se nalaze na pomičnim postoljima. Takvi roboti u stanju su obavljati više različitih zadataka na raznim radnim stanicama. Pravi izbor robota, bio on tradicionalan ili kolaborativan, određuje se prema traženoj primjeni. Kada su brzina i apsolutna preciznost osnovni kriteriji automatizacije nije vjerojatno da će neki oblik kolaborativne primjene biti ekonomski opravdan. U tom slučaju tradicionalni robot je i dalje bolja i isplativija opcija. Ako predmet rada s kojim se rukuje predstavlja opasnost dok je u pokretu, zbog oštih rubova primjerice, potreban je neki oblik ograđivanja robotskog radnog mjesta. Još jedan čimbenik ekonomske isplativosti je opseg integracije robota s ostalim strojevima u pogonu. Što je veća integracija potrebna, troškovi postavljanja bit će veći.

Kolaborativni roboti su alati koji pomažu ljudima u njihovom radu, oslobađajući ih mnogih teških i zamornih poslova, međutim i dalje postoje određeni poslovi koji su jednostavni za ljude, a komplicirani za automatizaciju, kao što je izuzimanje nesortiranih dijelova ili onih nepravilnih i savitljivih. Kolaborativna robotika omogućava poboljšanje produktivnosti dopunjavanjem ljudskih vještina pomoću robota.

3.6. Budućnost kolaborativne robotike

Tržište kolaborativnih robota još je uvijek mlado. Krajnji korisnici i ljudi zaduženi za integraciju sustava i dalje dobivaju iskustvo kroz konstruiranje i uvođenje kolaborativnih sustava. Tehnološki napredak senzora i hvataljki nudi obećavajuću perspektivu za širenje raspona onoga što je robot u stanju učiniti. Upravljačka sučelja i dalje će postajati sve intuitivnija i samim time jednostavnija za upotrebu kako kod *cobota*, pa tako i kod tradicionalnih industrijskih robota i na taj način omogućiti još širu primjenu u industriji. Slika 10. pokazuje grafikon procjene prodaje kolaborativnih robota u narednih nekoliko godina. [13]



Slika 10. Procjena prodaje kolaborativnih robota [17]

4. TEORIJE MOTIVACIJE

4.1. Općenito o motivaciji

U svim područjima ljudskog djelovanja, gdje god čovjek obavlja bilo kakav oblik rada nužno je naglasiti potrebu za motivacijom. Motivacija je utjecaj koji izaziva, usmjerava i održava željeno ponašanje ljudi. Individualne želje i potrebe mogu biti stečene kroz utjecaj kulture, društva, životnog stila ili mogu biti urođene. Motivacija pojedinca može biti potaknuta vanjskim utjecajima (ekstrinzična motivacija) ili može biti potaknuta unutarnjim željama pojedinca (intrinzična motivacija). Pokazalo se da je motivacija jedan od glavnih razloga napretka. Ona rezultira kao plod međudjelovanja svjesnih i nesvjesnih čimbenika, a njezino usavršavanje ključno je za postizanje visokih ostvarenja u bilo kojem području ljudske aktivnosti. U okviru menadžmenta motivacija igra važnu ulogu jer njome menadžer nastoji zadovoljiti želje i potrebe svojih suradnika kako bi njihovo ponašanje bilo poželjno i prihvatljivo za organizaciju. U svrhu postizanja motivacije potrebni su motivatori, odnosno stvari koje pojedinca potiču na djelovanje i utječu na njegovo ponašanje. Oni se manifestiraju u obliku određenih nagrada ili poticaja koji pojačavaju žudnju za zadovoljenjem želja. [18]

Što se tiče motivacijskih tehnika treba nabrojati one najvažnije kao što su [19]:

- novac

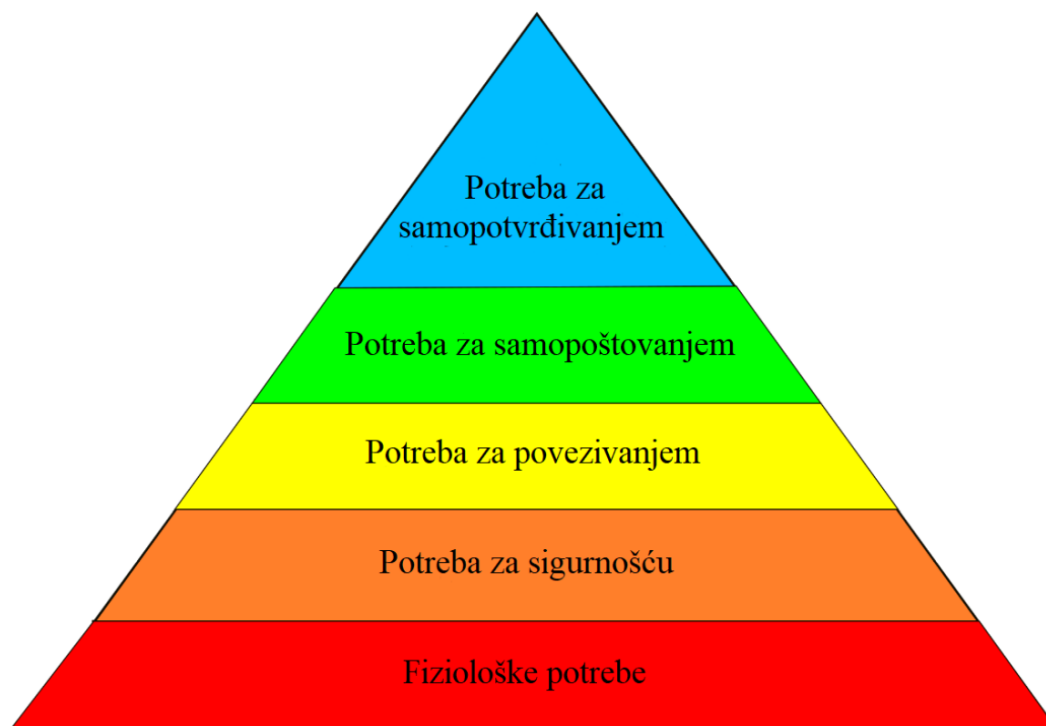
Novac često predstavlja znatno više od same monetarne vrijednosti. Menadžeri moraju biti oprezni kod korištenja novca kao sredstva motivacije i paziti da ga se ne koristi u pogrešnom kontekstu. Loša strana korištenja novca kao motivatora je poticanje ljudske pohlepe, otupljivanje savjesti i to što može dovesti do neetičkog i ilegalnog ponašanja.

- participacija
Participacija je sredstvo priznanja. Konzultiranjem suradnika o događajima, koji ih se tiču i utječu na njih, izaziva povećanu motiviranost. Svi suradnici žele znati što se događa u njihovom okruženju i žele znati pozadinu problema.
- kvaliteta radne sredine
Obuhvaća sustavan pristup dizajnu posla i obećavajući napredak u širokom području obogaćivanja posla. Kvaliteta radne sredine, osim navedenog, sadrži i elemente industrijske te organizacijske psihologije i sociologije.
- obogaćivanje posla
Time se nastoji radno mjesto učiniti izazovnijim i odgovornijim, a radniku se omogućuje postizanje priznanja za svoj rad i napor. Neki od načina na koje je moguće obogatiti posao su:
 - pružanje veće slobode u odlučivanju u metodama rada i redoslijedu te brzini obavljanja radnji
 - poticanje participacije i interakcije među zaposlenicima
 - pružanje radniku osjećaj osobne odgovornosti za izvršavanje zadatka
 - povratna informacija o postignuću radnika
 - uključivanje radnika u analizu i promjenu radnog okruženja.

U nastavku će biti opisane neke od glavnih teorija motivacije.

4.2. Maslowljeva teorija hijerarhija potreba

Najčešće spominjana teorija motivacije je upravo teorija hijerarhija potreba čiji je autor američki psiholog Abraham Maslow. On je zaključio da kada se jedna skupina potreba zadovolji, ona prestaje biti motivator. Također smatra da su potrebe niže razine uvjet za potrebe više razine, odnosno da slijede hijerarhiju potreba. Podijelio je potrebe na pet razina hijerarhije, od onih najosnovnijih koje se nalaze na dnu piramide do onih složenijih koje se nalaze na vrhu. Maslowljeva hijerarhija potreba prikazana je na slici 11. [19]



Slika 11. Maslowljeva hijerarhija potreba [18]

Osnovne ljudske potrebe poredane su prema važnosti:

- fiziološke potrebe
 - hrana, voda, dom, san, toplina itd.
- potreba za sigurnošću
 - fizička sigurnost i sigurnost od gubitka posla i imovine
- potreba za povezivanjem
 - proizlazi iz toga da je čovjek ljudsko biće i ima potrebu za povezivanjem i prihvaćenjem od drugih ljudi
- potreba za samopoštovanjem
 - donosi moć, ugled i status
- potreba za samopotvrđivanjem
 - maksimizirati vlastiti potencijal i postići nešto u životu.

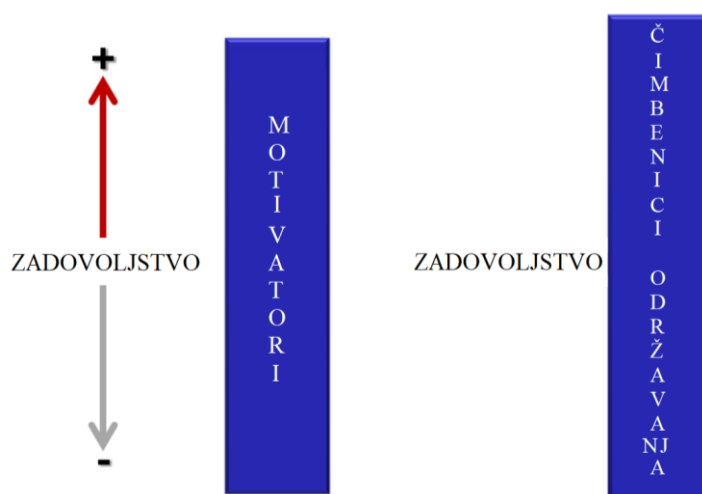
Osnovne ljudske potrebe iskazane su na početnoj razini piramide, a to su fiziološke potrebe. Ukoliko dolazi do nedostataka na ovoj razini, cjelokupno ponašanje bit će usmjereno kako bi se ispunile te potrebe. U suštini, ukoliko čovjek nije dovoljno spavao ili jeo, neće ga zanimati potrebe koje se tiču samopouzdanja. Nadalje, na drugoj razini nalazi se potreba za sigurnošću. Nakon što je i ona osigurana, motivi se sele na društveno područje koje se nalazi na trećoj razini.

Četvrtu razinu čine psihološke potrebe, dok se na samom vrhu hijerarhije nalazi svijest o samom sebi i samopotvrđivanje. [18]

Maslowljeva hijerarhija može se rezimirati na način opisan u nastavku. Ljudska bića imaju želje i potrebe, koja ukoliko nisu ispunjena, mogu utjecati na ponašanje. U samoj piramidi jasno su odijeljene različite razine potreba za ljudski život. One potrebe koje se nalaze na vrhu piramide stavljenе su na čekanje dokle god niže razine unutar piramide nisu zadovoljene makar u najmanjoj mjeri. One potrebe koje se nalaze na vrhu piramide povezane su s individualnošću, ljudskosti i psihološkim zdravljem čovjeka. [18]

4.3. Herzbergova teorija motivacije

Američki psiholog Frederick Herzberg nastavio se na Maslowa, ali je u velikoj mjeri izmijenio njegovu teoriju. Svojim istraživanjima došao je do takozvane dvočimbeničke teorije motivacije. Za početak postoje čimbenici održavanja ili higijene. Oni nisu motivatori, ali njihovo nepostojanje dovodi do nezadovoljstva. Pojmovi poput politike tvrtke, administracije, uvjeta rada, statusa i plaće svrstavaju se u ovu kategoriju. Koristi se i naziv čimbenici higijene jer slično kao s higijenom, njeno prisustvo neće poboljšati zdravlje, dok će njen izostanak rezultirati pogoršanjem zdravlja. S druge strane postoje motivatori koji izazivaju zadovoljstvo, ali njihov izostanak ne rezultira nezadovoljstvom. Ovoj skupini pripadaju primjerice izazovan i cijenjen posao, razna postignuća, odgovornost, napredovanja i priznanja. Ovi motivatori mijenjaju se kroz život. Na slici 12. prikazana je shema dvočimbeničke teorije. [19]



Slika 12. Dvočimbenička teorija [18]

4.4. Teorija samoodređenja [20]

Od samih početaka 70-ih godina prošlog stoljeća američki profesori psihologije Edward L. Deci i Richard Ryan razvijali su i testirali svoju teoriju o samoodređenju. Njihova teorija određuje tri prirodne potrebe koje će ukoliko su zadovoljene omogućiti optimalno djelovanje i razvoj, a to su sposobnost, povezanost i samostalnost. Ove tri psihološke potrebe naznačene su kao ključne za psihološko zdravlje i za motivirano ponašanje. Tri su osnovne stavke ove teorije:

- ljudi su u suštini proaktivni sa svojim mogućnostima i usavršavanjem svojih unutarnjih sila (kao što su nagoni i emocije)
- ljudi imaju urođenu težnju za rastom, poboljšanjem i integriranim djelovanjem
- optimalni razvoj je urođen, ali se ne događa automatski.

Unutar teorije samoodređenja razlikuje se četiri oblika ekstrinzične motivacije koji se razlikuju prema razini percipirane samostalnosti:

- vanjska kontrola: Najmanje samostalna od sva četiri oblika i određena je vanjskom kaznom ili nagradom
- uvučena kontrola: Ovaj oblik vanjske motivacije pojavljuje se onda kad osoba donekle kontrolira motive, ali ne u potpunosti. Mogu pristati na razloge koji se tiču samopouzdanja ili društvene prihvaćenosti, drugim riječima unutarnji razlozi upravljani izvana.
- identificirana kontrola: Radi se o autonomnom obliku kada osoba svjesno doživljava vrijednost postupaka.
- integrirana kontrola: Najsamostalniji oblik motivacije gdje je postupak usklađen s osobnim vrijednostima i vjerovanjima i doživljen kao neophodan za dobrobit osobe. I dalje je svrstana kao ekstrinzična motivacija jer je pogonjena vanjskim procesima, a ne unutarnjom radošću zbog obavljanja radnje.

4.5. Teorija protoka [21]

Mihály Csíkszentmihályi opisao je svoju teoriju u kojoj govori da su ljudi najsretniji kada se nalaze u stanju protoka, stanju koncentracije ili potpune apsorpcije one aktivnosti koju trenutno obavljaju. U svakom trenutku ljudi su okruženi velikom količinom informacija. Csíkszentmihályi navodi da ljudi mogu obraditi otprilike 110 bitova informacija u sekundi, što nije velika brojka ako uzmemo u obzir da razumijevanje govora zahtijeva 60 bitova u sekundi i zato je teško obraćati pažnju na druge stvari prilikom razgovora.

Csíkszentmihályi opisuje protok kao stanje u kojem su ljudi toliko uključeni u određenu aktivnost da se u potpunosti isključe od svega ostalog. Ideja je da se osoba u stanju protoka osjeća sretno i uzbuđeno jer obavlja aktivnost s puno vještine i lakoće. Stanje protoka optimalno je stanje intrinzične motivacije u kojoj je osoba u potpunosti posvećena onome što radi. U tom stanju velike apsorpcije, uključenosti i ispunjenosti obično se zaboravlja na svakodnevne brige kao što su vrijeme, hrana, ego i slično.

Csíkszentmihályi je opisao devet stanja koja su potrebna da bi se ostvario protok, a to su ravnoteža izazova i vještine, integriranje radnje i svijesti, jasni ciljevi, trenutna i nedvosmislena povratna informacija, koncentracija na trenutni zadatak, paradoks kontrole, transformacija vremena, gubitak svijesti o samom sebi i autotelično iskustvo. Da bi se ostvarilo stanje protoka mora postojati ravnoteža između izazova i vještine. Ako je izazov prelagan ili pretežak ne može se postići stanje protoka. Razine vještine i izazova moraju biti visoke i podudarati se jer ukoliko su te vrijednosti niske nastupa ravnodušnost.

Stanje koje je Csíkszentmihályi također istraživao nazvano je autotelična osobnost. To je stanje u kojem osoba obavlja neke radnje zbog intrinzične motivacije, a ne zbog vanjskih poticaja. Takvu osobinu posjeduju osobe koje su naučile cijeniti situacije kakve bi većina ljudi smatrali jadnima. Njegovo istraživanje pokazalo je da autotelična osobnost uključuje značajke kao što su radoznalost, ustrajnost i skromnost.

4.6. Transakcijska analiza [22]

Američki psihijatar Eric Berne objasnio je vrlo složenu komunikaciju među ljudima, prepoznavši da svi ljudi nose u sebi tri stanja ega od kojih je svako stanje specifičan sustav misli, osjećaja i ponašanja iz kojih ulazimo u interakcije s drugim ljudima. Ego stanja Roditelj (misli, osjeća i ponaša se na načine na koji su to radili roditelji ili druge roditeljske figure), Odrasli (misli, osjeća i ponaša se u odnosu na ono što se događa ovdje i sada) i Dijete (misli, osjeća i ponaša se onako kako to ljudi obično čine dok su bili djeca) te njihova međusobna interakcija čine osnovu njegove teorije transakcijske analize.

U širem smislu, transakcijska analiza obuhvaća filozofski pogled na ljude i njihove odnose, teoriju ličnosti i razvoja, psihoterapijski pristup i primjenu psihologijske znanosti u različitim područjima ljudskog rada i odnosa. U užem smislu, transakcijska analiza označava analizu jedne transakcije. Riječ transakcija označava razmjenu poruka među ljudima, tako da je transakcijska analiza zapravo analiza komunikacije. Na osnovu analize načina na koji ljudi komuniciraju, moguće je pretpostaviti njihova unutrašnja stanja i unutrašnju dinamiku.

Da bi čovjek ostvario svoj puni potencijal mora ući u stanje autonomije, koje je opisano s tri osnovne komponente:

- svjesnost
Podrazumijeva življenje ovdje i sada (ne u prošlosti ili budućnosti), ali ne na način da je čovjek vezan samo uz određeni trenutak. To znači doživljavati stvari neopterećeno prošlim iskustvima, a pri tome biti u potpunosti svjestan sebe, drugih i situacije u kojoj se osoba nalazi, te na temelju toga predvidjeti buduće posljedice nakon odabira nekog djelovanja. Biti svjestan znači doživjeti svijet neposredno, te biti potpuno svjestan realnosti u kojoj se osoba nalazi.
- spontanost
Znači moći odabrati, imati slobodu birati i očitovati osjećaje iz svih dostupnih izvora i zaliha, odnosno stanja ega (Roditelj, Odrasli, Dijete), na način najprimjereniji trenutnoj situaciji. Spontanost znači otvoreno i bez cenzure izražavanje osjećaja, želja i potreba.

- intimnost

Sposobnost primiti i dati ljubav, iskrenost i otvorenost bez cenzure, bez manipulacije i igara. To je neiskvareno i nevino doživljavanje ovdje i sada, pri čemu osoba počinje gledati drugu osobu iz stava čuđenja i znatiželje, a ne iz potrebe drugog za sebe.

Transakcijska analiza na racionalan način pristupa ljudskom ponašanju. Temelji se na pretpostavci da su svi ljudi odgovorni za svoje misli, osjećaje i postupke te da mogu naučiti kako poštivati sebe i druge, kako misliti za sebe i na sebe, kako donositi vlastite odluke te kako izražavati osjećaje bez ugrožavanja sebe ili drugih. Ona uči druge kako da budu u sada i ovdje poziciji, što su pohranili u sebi iz prošlih iskustava, kako ona utječu na njihov sadašnji život te osvještavaju odluke iz ranog djetinjstva koje ljudima često određuju sadašnjost i budućnost.

4.7. Hedonizam i evolucija [20]

Jedan od prvih utjecajnih ljudi koji je govorio o temi hedonizma bio je grčki filozof Sokrat u godinama 470.–399. p.n.e. Sokrat je hedonizam opisao kao motivaciju po kojoj će se osoba ponašati s ciljem maksimiranja užitka i minimiranja boli. Jedina situacija u kojoj će čovjekovo ponašanje rezultirati s više bola nego užitka je ona u kojoj mu nedostaje znanja o posljedicama tog ponašanja. Sokrat također navodi da je jedan od užitaka koje čovjek nastoji iskusiti seksualni odnos. Na Maslowljevoj hijerarhiji potreba on se nalazi na prvoj razini, svrstan među fiziološke potrebe kao što su zrak, toplina ili san koje ukoliko nisu prisutne neće omogućiti optimalno funkcioniranje organizma. Bez osjećaja ugone koji se pritom stvara, hedonizam navodi da će čovjek doživjeti bol i stoga da bi ju minimizirao teži seksualnim odnosima.

Postoje mnoge teorije koje pokušavaju objasniti zašto je to uistinu tako snažan motivator i mnoge se svode na teoriju evolucije. Na evolucijskoj razini, motivacija za seksualnim odnosima vjerojatno proizlazi iz mogućnosti razmnožavanja pojedine vrste. One vrste koje se više razmnožavaju imaju veću šansu za preživljavanjem i prenošenjem vlastitih gena. Iz toga proizlazi da je želja za seksualnim odnosom način za stvaranje većeg broja potomstva. Bez te urođene motivacije, vrsta bi mogla utvrditi da je sam čin previše zahtjevan u smislu truda, uložene energije i opasnosti.

Kao dodatak seksualnoj želji, motivacija za ljubavlju analogno tome ima evolucijsku ulogu za opstanak vrste. Na emocionalnoj razini, ljubav zadovoljava potrebu za pripadnošću. Stoga je ona također hedonistička težnja za užitkom. Iz perspektive evolucije ljubav stvara poveznicu između roditelja koji imaju potomstvo. Ta poveznica će omogućiti da roditelji ostanu zajedno te odgajaju i štite potomstvo dok ne budu samostalni. Odgajajući dijete zajedno povećavaju se šanse da će ono preživjeti i dalje prenositi gene i samim time nastaviti opstanak vrste. Bez ljubavi koja stvara poveznicu, muškarac će nastojati zasititi seksualnu želju sa što je više moguće seksualnih partnera, ostavljajući ženu da se sama brine za potomstvo. Samohrana briga o potomstvu je zahtjevnija i pruža manju šansu za preživljavanje potomstva u usporedbi sa situacijom gdje su prisutna dva roditelja. Ljubav stoga rješava problem privrženosti roditelja koji trebaju biti zajedno, oni koji su vjerni i lojalni jedno drugome imat će zajedničke koristi potrebne za preživljavanje.

Pored toga, pod okriljem evolucije nalazi se Darwinov pojam seksualni odabir. Riječ je o metodi kojom žena bira muškarca za razmnožavanje. Muškarac je motiviran da ostvari seksualni odnos iz gore navedenih razloga, ali način na koji dolazi do njega može se razlikovati u ovisnosti o njegovim kvalitetama. Neke žene su motivirane željom za preživljavanjem i dat će prednost muškarcu koji ju može fizički zaštititi ili se financijski brinuti o njoj (kod ljudi). Neke žene više privlači šarm, kao indikator dobrog i vjernog ljubavnika koji će biti pouzdan partner za podizanje potomstva. Sve u svemu seksualni odnos je hedonistička želja za užitkom koja zadovoljava fizičke i psihološke potrebe i instinktivno je vođena principima evolucije.

4.8. Primjena u radnim procesima [18]

Unutar Maslowljeve hijerarhije potreba na nižim razinama, na kojima se nalaze fiziološke potrebe, novac funkcionira kao poticaj, međutim pokazalo se da novac ima samo privremeni motivirajuću utjecaj na zaposlene, što se podudara s Herzbergovom teorijom. Na višim razinama hijerarhije pohvala, poštovanje, priznanje, ovlaštenje i osjećaj pripadnosti daleko su jači motivi od novca što sugeriraju teorija motivacije Abrahama Maslowa, kao i teorija X i teorija Y autora Douglasa McGregora. Maslow tvrdi da su ljudi motivirani nezadovoljenim potrebama. Potrebe niže razine poput onih fizioloških ili sigurnosnih moraju biti zadovoljene prije pristupa potrebama viših razina.

Hijerarhija potreba lako se može povezati s motivacijom zaposlenika. Na primjer, ako bi menadžeri pokušali motivirati zaposlenike zadovoljavanjem njihovih potreba, Maslow tvrdi da bi trebali najprije zadovoljiti potrebe nižih razina prije nego prijeđu na više jer u suprotnom radnici neće biti motivirani za posao. Neće svi radnici imati identične potrebe koje treba zadovoljiti i zato je na menadžerima zadatak da otkriju koju razinu potreba imaju individualni radnici u svrhu poboljšanja motivacije. McGregor u svojoj teoriji također navodi novac kao slab poticaj, a pohvalu i priznanje navodi kao bolje alternative. Motivirani radnik nudi mnoštvo prednosti u odnosu na onoga koji nije adekvatno motiviran jer uvijek traži način kako da bolje odradi svoj posao. Nadalje, motivirani radnik je više usmjeren prema kvaliteti posla koji obavlja i za kraj motivirani radnici su produktivniji od onih kojima nedostaje motivacije.

Lawrence Steinmetz navodi da je motivacija moćan alat u poslovnom okruženju koji može dovesti do najučinkovitijih razina proizvodnje. Cilj je uspješno voditi sve ljude bez obzira na njihove karaktere i dati im prostor da rade, razvijaju se i neovisno pronalaze odgovore na pitanja. Postoje i teorije koje govore u prilog novca kao sredstva poticaja. Prema teoriji o sustavu znanstvenog upravljanja koju je razvio Frederick Winslow Taylor, isključivo plaća određuje radnikovu motivaciju i zbog toga menadžment ne treba brinuti o psihološkim ili društvenim aspektima posla. U suštini, znanstveno upravljanje bazira ljudsku motiviranost isključivo na ekstrinzičnim nagradama i u potpunosti odbacuje ideju o intrinzičnim dostignućima.

Potpuno suprotno od te teorije, David McClelland vjerovao je da radnici ne mogu biti motivirani samom potrebom za novcem. On je identificirao tri tipa osnovnih motivirajućih potreba:

1. potreba za moći
 - ljudi koji imaju potrebu za moći veliku pažnju pridaju utjecaju i kontroli
 - teže pozicijama vođe, dobri su govornici, skloni raspravi, otvoreni, tvrdoglavi i zahtjevni, uživaju u poučavanju i javnim nastupima
2. potreba za povezivanjem
 - ljudi s potrebom za povezivanjem osjećaju se zadovoljni ako su voljeni i ne žele biti odbačeni iz skupine
 - uživaju u osjećaju intimnosti i razumijevanja, spremni su pomoći i utješiti
3. potreba za postignućem
 - vidljiva je intenzivna želja za uspjehom, ali i intenzivan strah od neuspjeha
 - postavljaju si teže ciljeve i vole puno raditi.

Australski psiholog Elton Mayo otkrio je značaj društvenih veza koje radnik ima na radnom mjestu i spoznao da dosada i ponovljivost zadataka dovode do smanjene motivacije. Mayo je vjerovao da radnici mogu biti motivirani ako se uvažavaju njihove društvene potrebe i pruži im se osjećaj važnosti.

Američki profesor William Ouchi predstavio je svoju teoriju Z, miješani pristup upravljanju koji se sastoji od japanske i američke filozofije i kulture. Japanski dio tiče se standardizacije ustroja s velikim naglaskom na socijalizaciju svih članova. Američki dio vezan je uz formalnost i autoritet između članova i organizacije. Sveukupno, teorija Z promovira uobičajenu strukturu i posvećenost organizaciji, kao i konstantni napredak poslovne učinkovitosti.

Još jedan pogled na motivacije u radnom okruženju dali su Robbins i Judge koji su naveli pet principa koji pridonose uspjehu poslodavaca u motiviranju radnika:

- prepoznavanje individualnih razlika kod zaposlenika
- dopuštanje sudjelovanja zaposlenika
- povezivanje nagrada s učinkom
- nagrađivanje predlagača
- vidljivost postupka prepoznavanja.

Suvremene organizacije prihvaćaju metode motivacije koje ne uključuju monetarne nagrade. Kada nagrada ima ulogu isticanja radnikova doprinosa, sudjelovanja i individualnog zadovoljstva to rezultira povećanjem radnikova morala i volje za poslom.

5. MOGUĆNOSTI PRIMJENE PSIHOLOŠKIH OBRAZACA I TEORIJA MOTIVACIJE ZA OBLIKOVANJE I RAD KOLABORATIVNIH ROBOTSKIH SUSTAVA

Kao sinteza ovoga rada potrebno je implementirati glavne značajke koje su opisane kroz prethodna poglavlja u smislenu cjelinu koja bi iskoristila sve njihove prednosti s ciljem koncipiranja sustava maksimalne učinkovitosti. Konkretno se misli na proizvodne sustave koji uključuju industrijske robote kao sastavne komponente, međutim nije isključena primjena na bilo koji sustav koji će u budućnosti imati potrebu za automatizacijom ljudskog rada.

U smislu navedenog, predlaže se eksperimentalni, najprije virtualni sustav, koji bi sadržavao tri čovjeka i tri dvoruka robota opskrbljena naprednom senzoričkom. Za sustav bi se razvila programska podrška zasnovana na kombinaciji teorija motivacije i transakcijske analize. Ljudi i roboti bi imali definirane pojedinačne ili skupne zadatke i načine rješavanja koji bi se mijenjali sukladno promjeni motivacijskih parametra (proizvodne količine, rokovi realizacije, rasporedi predmeta rada, promjenjivost metoda rada i parametra procesa itd.). Eksperimentima bi se uspostavljale razne situacije za koje bi bili definirani kriteriji vrednovanja pojedinačne i skupne izvedbe ljudi i robota.

6. ZAKLJUČAK

U svojim počecima roboti su bili redovito male nosivosti, kompliciranih korisničkih sučelja i predstavljali su opasnost za ljude u svojoj blizini. Kroz godine razvoja roboti su postajali sve raznolikijih izvedbi i dimenzija, sve sigurniji za okolinu u kojoj se nalaze, a upravljanje njima sve jednostavnije.

Kroz dani pregled kolaborativne robotike koja se odvija u današnje vrijeme, vidljivo je da će kroz godine koje slijede primjena i rasprostranjenost kolaborativnih i ostalih vrsta robota bivati sve veća zbog potrebe za automatizacijom koju diktira želja za profitabilnošću modernog vremena jer se provedbom takvih automatskih sustava rješavaju mnogi od problema ljudskog radnog kadra. Jedan od problema koji se događa s ljudskom radnom snagom je taj da ne mogu pružiti istu izvedbu maksimalne učinkovitosti svakog radnog dana kroz cijelu godinu i tako nekoliko desetljeća zaredom sve do vremena kada odu u mirovinu. Na čovjeka djeluju razni utjecajni faktori koji ukoliko nisu u potpunosti zadovoljeni dovode do pada produktivnosti i smanjene učinkovitosti na radnom mjestu što se pak odražava na smanjene prihode odnosno novčane gubitke. Ovdje je riječ o pojavi specifičnoj za ljudski rod, a riječ je dakako o motivaciji koja ukoliko nije ispunjena dovodi do negativnih i neželjenih rezultata.

Danim pregledom teorija motivacije može se detaljno vidjeti što to motivira ljude na rad i koje se metode primjenjuju kako bi došlo do povećane motiviranosti. Ono što u osnovi razlikuje ljude od robota jest ljudski razum i svijest o vlastitom postojanju, ali također i potreba za motivacijom. Robot će svoj posao raditi bezuslovno s istim učinkom svaki put kad se to od njega zahtijeva dokle god su mu osigurani osnovni parametri kao što su električna energija i program rada. Dakle, u današnje vrijeme motivacija se može primijeniti isključivo na ljudima u određenim radnim procesima. Kolaborativni robotski sustavi kakve se danas poznaje, sastoje se od robota s jedne strane i čovjeka s druge strane, a njihov ukupan rezultat ovisit će isključivo o izvedbi

ljudskog radnika čiji učinak može varirati, dok se kod robota uvijek može očekivati ista razina djelovanja. Drugim riječima, čovjek je usko grlo ove kolaborativne operacije.

Nadalje, treba spomenuti i kognitivnu robotiku koja je također detaljno opisana u ovome radu. Kognitivnom robotikom pokušava se robote još više približiti ljudima u smislu mogućnosti prilagodbe i otklanjanja problema korištenjem rasuđivanja i promišljanja. Razvoj područja kognitivne robotike omogućit će znatan razvoj kolaborativne robotike. U nekom budućem periodu moglo bi se doći do faze gdje je robot u stanju otkloniti probleme koje zatekne tijekom rada bez intervencije čovjeka, kao što je to trenutno slučaj. Robot bi bio u stanju prilagoditi se novonastalim uvjetima kroz učenje i promatranje vlastitog rada i okoline, bez potrebe da se unaprijed predvidi i programira svaki potencijalni problem. Drugim riječima, robot bi bio u stanju mijenjati vlastiti programski kôd prilikom izvršavanja zadataka.

Proizvodni sustavi u budućnosti tako bi mogli u potpunosti zamijeniti rad čovjeka, ali put do toga još je dalek. U međuvremenu, naglasak bi trebao biti na sve većoj primjeni kolaborativnih robota na onim radnim mjestima gdje je ljudski faktor i dalje neophodan zbog ograničenih robotskih mogućnosti koje su danas prisutne. Također treba težiti implementaciji načela koja su opisana kroz teorije motivacije, što je onda iskoristivo na putu prema daljnjoj samospoznaji čovjeka, a kao potencijalu kognitivne robotike.

7. LITERATURA

- [1] Kawamura K., Browne W.: *Cognitive Robotics*, Springer, New York, 2009.
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_robotics, Pristupljeno: 2021-01-05.
- [3] Cassirer, E.: *The Philosophy of Symbolic Forms*, Yale University Press, New Haven, 1963.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_agent, Pristupljeno: 2021-01-06.
- [5] Braitenberg, V.: *Vehicles: Experiments in synthetic psychology*, MIT Press, Cambridge, 1984.
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Braitenberg_vehicle#cite_ref-braitenberg84vehicles_1-0, Pristupljeno: 2021-02-16.
- [7] Levesque, H., Lakemeyer, G.: *Foundations of artificial intelligence*, Elsevier, Amsterdam, 2008.
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-oriented_programming, Pristupljeno: 2021-01-15.
- [9] *Robotics and Artificial Intelligence – AI Robot*, <https://techvidvan.com/tutorials/robotics-and-artificial-intelligence/>, Pristupljeno: 2021-01-15.
- [10] *A History of Collaborative Robots: From Intelligent Lift Assists to Cobots*, <https://www.engineering.com/story/a-history-of-collaborative-robots-from-intelligent-lift-assists-to-cobots>, Pristupljeno: 2021-01-16.
- [11] *I, Cobot: Future collaboration of man and machine*, <https://www.themanufacturer.com/articles/i-cobot-future-collaboration-of-man-and-machine/>, Pristupljeno: 2021-01-20.
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/Cobot>, Pristupljeno: 2021-01-20.

- [13] *Demystifying Collaborative Industrial Robots*,
https://ifr.org/downloads/papers/IFR_Demystifying_Collaborative_Robots.pdf,
Pristupljeno: 2021-01-24.
- [14] https://www.fanucamerica.com/cmsmedia/datasheets/CR-35iA%20Collaborative%20Robot_209.pdf, Pristupljeno: 2021-01-20.
- [15] <https://newsroom.iza.org/en/archive/research/how-the-rise-of-industrial-robots-affects-family-behavior/>, Pristupljeno: 2021-01-25.
- [16] <https://www.dti.dk/collaborative-robots/39701>, Pristupljeno: 2021-01-26.
- [17] <https://www.statista.com/statistics/748128/estimated-collaborative-robot-sales-worldwide/>,
Pristupljeno: 2021-01-30.
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/Motivation>, Pristupljeno: 2021-02-02.
- [19] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Motivacija>, Pristupljeno: 2021-02-02.
- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/Content_theory, Pristupljeno: 2021-02-03.
- [21] https://en.wikipedia.org/wiki/Mihaly_Csikszentmihalyi, Pristupljeno: 2021-02-16.
- [22] <https://www.psihoterapija-psihodrama.com/transakcijska-analiza/>, Pristupljeno: 2021-02-16.