

# Istraživanje utjecaja automatizacije poslovnih procesa na operativnu učinkovitost poslovanja

---

Cerovski, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:312837>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-21**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE  
VARAŽDIN**

**Luka Cerovski**

**ISTRAŽIVANJE UTJECAJA  
AUTOMATIZACIJE POSLOVNIH PROCESA  
NA OPERATIVNU UČINKOVITOST**

**ZAVRŠNI RAD**

**Varaždin, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE**  
**V A R A Ž D I N**

**Luka Cerovski**

**Matični broj: 0016116432**

**Studij: Informacijski sustavi**

**ISTRAŽIVANJE UTJECAJA AUTOMATIZACIJE POSLOVNIH  
PROCESA NA OPERATIVNU UČINKOVITOST**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor/Mentorica:**

Izv. prof. dr. sc. Katarina Tomičić-Pupek

**Varaždin, rujan 2019.**

*Luka Cerovski*

### **Izjava o izvornosti**

Izjavljujem da je moj završni/diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

*Autor/Autorica potvrdio/potvrdila prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi*

---

## Sažetak

Automatizacija se primarno manifestira kroz kontinuirano uvođenje naprednih informatičko-komunikacijskih rješenja za pitanje poboljšanja postojećih poslovnih procesa. Primarni razlog automatiziranja je utemeljen u potrebi za poboljšanjem operativne učinkovitosti. Time je logično da modeliranjem postojećeg poslovnog procesa i njegovog automatiziranog duplikata možemo analizirati operativnu učinkovitost automatizacije. Uzimajući to u obzir, također je važno napomenuti da se automatizacija manifestira na mnoštvo načina koji se mogu primjenjivati u različitim granama organizacije. U automatizaciji je također važan i moderni koncept Industrije 4.0, koji nalaže da se Internet stvari i automatizacija usko povezuju, te da se mrežnim sustavima mogu postići brojna rješenja u automatizaciji. Digitalni blizanci, modeli individualnih resursa procesa, su korišteni kao dinamički sustav analitike individualnih elemenata poslovnog procesa. Uz to, roboti se moraju napomenuti kao ključni faktor uklanjanja ljudskog rada i povećanja efikasnosti u području automatizacije, putem robotske automatizacije procesa. U slučaju industrijske proizvodnje, sve te komponente automatizacije se realiziraju pod okriljem objedinjenog sustava Pametne tvornice, koji je fokusiran na optimizaciju automatizacije i potporu poslovnih odluka umjetnom inteligencijom. Uzimajući to u obzir, putem alata *Bizagi Modeler* i prije sakupljenih informacija o industrijskom poduzeću koje proizvodi aluminijske dijelove, sastavljeni su modeli AS IS i TO BE, odnosno postojeći i mogući model, od kojih primjenjuje tehnike automatizacije opisane u primjerima ranije navedenih koncepata. Analizom rezultata simulacije tih modela putem međusobnog uspoređivanja, uzimajući u obzir nove aktivnosti i promjene u poslovnim resursima, zamjećuje se oštro poboljšanje u automatiziranom procesu. Vremenski utrošak procesa je smanjen za čak 80%, a trošak poslovnih resursa za čak 60%, no u nekima je zabilježeno blago povećanje zbog promjene omjera korištenja određenih resursa u procesima. Automatizacija time ostvaruje značajnu dobit u korist organizacije sa perspektive operativnih performansi, ali bitno je uzeti u obzir relativnu nezrelost moderne automatizacije i činjenicu da sam trošak implementiranja automatizacije može biti iznenađujuće visok.

**Ključne riječi:** automatizacija; robotska automatizacija procesa; digitalni blizanci; model; simulacija; operativna učinkovitost; Industrija 4.0; umjetna inteligencija;

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Metode i tehnike rada .....	2
3. Teorija automatizacije .....	3
3.1. Automatizacija u poslovanju .....	4
3.2. Industrija 4.0 .....	8
3.3. Digitalni blizanci .....	12
3.4. Robotska automatizacija procesa .....	14
3.5. Pametne tvornice i proizvodnja .....	17
3.6. Umjetna inteligencija i upravljanje znanjem .....	19
4. Modeliranje automatiziranih poslovnih procesa – primjer iz gospodarstva .....	21
4.1. AS IS model .....	23
4.2. TO BE model .....	28
5. Analiza utjecaja automatizacije .....	33
5.1. Parametri i izvedba simulacije .....	33
5.2. Prikaz i obrazloženje rezultata .....	35
6. Zaključak .....	41
7. Popis literature .....	42
8. Popis slika .....	47
9. Popis tablica .....	48

# 1. Uvod

Sustavna automatizacija poslovanja je postala jedna od većih tema povezana sa poslovanjem i širim ekonomskim pitanjima. Sa naprednim razvojem tehnologije u drugoj polovici 20. stoljeća i početkom 21. stoljeća pronalazimo poslovni svijet koji sve više uklanja tradicionalne radničke uloge u zamjenu za sve više i više automatiziranih poslovnih procesa.

Te promjene utječu na mnoge aspekte poslovanja. Uvođenje računala uklanja prisustvo papira i postaje temeljem digitalne transformacije organizacija. Transakcije i prijenos informacija se sve više odvijaju kroz digitalne kanale. Robotizirani industrijski uređaji u velikim brojevima ili skoroj potpunosti zamjenjuju radnike. Novi razvoj aplikacija i računalne tehnologije zasnovane na principima djelovanja umjetne inteligencije dovodi do sve veće zamjene i stručnih djelatnosti. Marketing i reklamiranje se počinje orijentirati na samo-podešavajuće algoritme. Automatizacija počinje obuhvaćati i nezamisliva područja, poput cestovnih vozila i drugih prijevoznih sredstava.

Time dolazimo i do pitanja koliki je utjecaj automatizacije nad produktivnošću, zaposlenicima, strukturama poslovnih procesa, i koliko je to zapravo pozitivan, odnosno negativan učinak nad organizacijama, te širim gospodarstvom.

Unutar ovog završnog rada ću opisati i modelirati moguće implementacije automatizacije nad poduzećima, te zatim analizirati njihovo djelovanje nad poslovnim procesima. Time bi mogli uvidjeti kakav potencijalni učinak implementacija ostvaruje unutar različitih slučajeva. Ujedno bi i usporedbom sa tipičnim modernim poslovnim procesima, koji znatno više ovise o ljudskom radu i faktoru, mogli izvesti zaključak o tome koliko je zapravo stvarno napredovanje ostvareno, uzimajući u kontekst djelatnike i financije.

## 2. Metode i tehnike rada

Da bi postigli zadovoljavajuće podatke iz istraživanja obuhvaćenog unutar teme ovog rada, potrebno je uzeti u obzir relativnu prirodu istraživanja koncepata automatizacije i njezine buduće naspram praktične prisutnosti automatizacije.

Time je potrebno i adekvatno definirati automatizaciju u kontekstu modernog gospodarstva te analizirati gdje i kako se do sada primijenila. To se može postići dohvaćanjem akademskih izvora, znanstvenih članaka, te novinskih izvještaja na temu industrijske i poslovne automatizacije. Na tim temeljima možemo izgraditi modele poslovnih subjekata, odnosno sustava i procesa unutar kojih možemo analizirati utjecaj automatizacije.

Da bi to postigli, nužno je analizirati koji aspekti automatizacije se manifestiraju u modernim poduzećima, te ih implementirati u dva zasebna modela, jedan koji prikazuje tipične moderne suvremene sustave sa ograničenim utjecajem automatizacije, te drugi, unutar kojeg dorađujemo prvi sa funkcionalnostima agresivne automatizacije.



### 3. Teorija automatizacije

U modernoj industriji se redovito pojavljuje automatizacija. Acemoglu i Restrepo (2018.) zaključuju da se unutar automatizacije pojavljuje značajna promjena potražnje za specifičnim djelatnostima i rastom plaća. No, uz gospodarski rast i promjene tržišta rada se ujedno pojavljuje i bitna osobnost koju moramo uzeti u obzir: premda automatizacija *mijenja* strukturu gospodarstva, ne mora nužno u potpunosti eliminirati potražnju za radnom snagom. Zbog toga se gospodarstva više orijentiraju na povećanje udjela zaposlenika u područjima radnog sektora koja se ne mogu automatizirati ili još nisu automatizirana, dok povećanje i unaprjeđenje automatizacije novijom tehnologijom također kreira radna mjesta.

Naravno, u praksi se dešavaju i bitne nepravilnosti što automatizaciju udaljava od njezinog idealnog stanja. Loše odabiranje prioriteta u području radničkih vještina te nesposobnost globalnog tržišta rada da prati tok razvoja automatizacije može dovesti do izrazitog narušavanja stabilnosti postojećeg gospodarstva i poslovnih praksi, kreirajući znatno neefikasan rast naspram onog koji bi se manifestirao u pravilno automatiziranom djelovanju.

Zato je bitno prvo definirati gdje se sve automatizacija pojavljuje prije nego li dublje uđemo u područje istraživanja različitosti između modernih poduzeća i budućih znatno više automatiziranih poduzeća. Kreiranjem tih temeljnih definicija stvaramo okvir kojim možemo neki potencijalni „AS IS“ model poslovnog procesa manifestirati u primjeru drugačijeg, više automatiziranog „TO BE“ modela. Njihovo djelovanje zatim možemo simulirati i analizirati, te tim podacima u stvari zaključiti koliko zapravo automatizacija kvantitativno utječe na stanje organizacije nakon što se transformacija u automatizirano poslovanje potpunosti provede. Ta razrada teorije automatizacije slijedi dalje u ovom poglavlju.

### 3.1. Automatizacija u poslovanju

Automatizacija danas utječe na bitne aspekte proizvodnog procesa te se sve više uključuje u poslovne sustave. Pfeiffer(2016.) u svojim istraživanjima pronalazi nekolicinu podataka povezanih od strane izvornih proizvođača automobilske opreme(eng. *Original Equipment Manufacturer, - OEM*) u području Njemačke. Unutar tih rezultata analizira utjecaj automatizacije gdje je u opserviranom periodu od 2001. do 2014. zamijećen pad udjela broja radnika od 32% u individualnom proizvodnom sustavu, dok je istovremeno udio industrijskih robota uveden u industriju motornih vozila povećan za čak 25%.

No, istovremeno zapaža i bitnu promjenu u strukturi djelatnika u automobilskoj industriji, sa većim preokretanjem fokusa na stranu složenog specijalističkog rada koji je orijentiran na motrenje i konfiguraciju automatiziranog sustava unutar postojećeg procesa, koji mora raditi besprijekorno i stalno, što samo u sebi nosi određenu vrijednost i temeljnu novčanu investiciju.

Sa više teoretske strane, Achuthan (2019.) u članku „*Potpuni vodič za automatizaciju poslovnih procesa*“ (eng. *The complete guide to business process automation*) opisuje automatizaciju poslovnih procesa (skraćeno BPA) kao iskorištavanje tehnoloških rješenja za postizanje izvršavanja uzastopno ponavljajućeg, odnosno ručnog rada prisutnog unutar poslovnih procesa. Analizom ponašanja aspekata poslovanja u trenutnim okolnostima se mogu primijetiti indikatori nedostatka automatizacije. Tim indikatorima možemo utvrditi koji se točno individualni poslovni procesi i pod-procesi poslovnog procesa nalaze unutar neadekvatnog stanja performansi, tipično zbog neprisustva automatiziranih sustava u poslovnom procesu.



Slika 1. Manifestiranje automatizacije u uredskom poslovanju.

(Izvor: Kokemuller, 2019.)

Na tom temelju je Achuthan odredio nekoliko točaka kojima možemo odrediti potrebu za automatizacijom u nekoj organizaciji:

- Prisutnost visokog broj zadataka unutar procesa.
- Potreba za prisustvom više djelatnika radi izvršavanja jednog zadatka.
- Poslovni proces koji je vremensko osjetljive prirode.
- Proces koji ostvaruje značajan vremenski utjecaj na ostale poslovne procese.
- Postojanje obveze za redovito podešavanje i usklađivanje elemenata procesa, odnosno revidiranje poslovnog procesa.

Kokemuller(2019.) detaljnije opisuje primjere i različitost implementacije automatizacije u kontekstu uredskog poslovanja i uslužnih djelatnosti. Bitna stvar koju navodi jest činjenica da se, s obzirom na komponentu poslovnog djelovanja, automatizacija u uredskom poslovanju dublje dijeli na dvije specifične razine: prednji ured (eng. *Front-end office*, odnosno *Front office*) i stražnji ured (eng. *Back-end Office*, odnosno *Back office*). Za potrebe automatizacije bitno je razlikovati koji aspekti uredskog poslovanja se gdje odvijaju, te na tom temelju primijeniti drugačije ciljeve i efekte nad poslovanjem.

No, da bi se ta podjela pravilno razumjela, prvo je potrebno definirati što su točno prednji uredi i stražnji uredi.

Dollarhide(2019.) opisuje prednji ured kao „ured koji predstavlja granu uslužnih funkcija poduzeća koje izvršava izravne interakcije sa klijentima, putem pružanja usluga, prodaje proizvoda, i pružanja konzultacijskih radnji.“ U suštini, prednji ured je kulminacija aktivnosti procesa koji se odvijaju u stražnjem uredu, koji se zatim klijentu realizira u nekom pristupačnom obliku. Bitno je navesti da na tom temelju prednji ured ima iznimno jak kontakt sa klijentom i time svojim djelovanjem može nositi odgovornost generiranja skoro svih prihoda koje neko poduzeće ostvaruje.

Također je bitno navesti da premda se prednji uredi primarno sastavljaju od uslužnih djelatnika, skup osoblja unutar organizacije koji izvršavaju dužnosti povezane sa prednjim uredom se može lagano proširiti i na menadžere i direktore unutar poduzeća.

Kao primjer prednjih ureda, Spacey (2018.) navodi devet komponenti poduzeća: Izvršni ured(eng. *Executive*), Ured za javne odnose (eng. *Public Relations*), Marketing, Prodaja(eng. *Sales*), Istraživanje, Trgovanje, Korisničke usluge(eng. *Customer Services*), te Upravljanje imovinom(eng. *Wealth Management*) i Upravljanje investicijskim uslugama(eng. *Investment Banking*). Naravno, te komponente se mogu manifestirati u različitim oblicima, poput konzultacijskih pultova, telekomuniciranja, i općih uslužnih centara.

Sa druge strane, naravno, postoje stražnji uredi. Stražnji uredi efektivno djeluju kao operativno središte poslovanja, gdje se projektiranje planova i poslovni procesi odvijaju u skladu sa aktivnostima koje se dešavaju u prednjem uredu. Stražnji uredi su po tom temelju znatno standardizirani naspram prednjih ureda, te se primarno oslanjaju na rutinsko djelovanje koje je istraženo i isplanirano da podupire prednje urede. U suštini, prednji ured ne može obaviti svoje poslovanje bez aktivnosti stražnjeg ureda, a stražnjem uredu treba prednji ured koji komunicira sa okolinom sustava i šalje upute i zahtjeve za daljnje djelovanje stražnjem uredu. (Allabout Finance Careers, 2016.)

Bhowmik (2017.) opisuje nekoliko slučajeva u kojima automatizacija utječe na poslovanje u prednjim uredima sa perspektive klijenta. Na primjer, hotelske recepcije zamjenjuju osoblje sa automatiziranim strojevima koji korisnicima omogućuju digitalnu prijavu dolazaka i odlazaka, gdje na digitalnim zaslonim korisnicima pružaju odabir personaliziranog smještaja s obzirom na trenutno stanje kapaciteta hotela. U istom slučaju, povećana digitalizacija nadzora i sigurnosti u industriji ugostiteljstva smanjuje ljudski faktor u radu nad hotelskim sobama, omogućujući korisnicima da putem aplikacija i NFC te infracrvenih senzora šalju informacije koje bi se tradicionalno prenosile putem osoblja.



Slika 2. Automatizacija prednjih ureda u ugostiteljstvu.  
(Izvor slike: Bhowmik, 2017.)

Kod slučaja automatiziranja stražnjeg ureda, ne moramo ići dalje od implementacije računala i sličnih informatičkih sustava koji smanjuju i pojednostavljaju rad s perspektive ljudske snage i prisutnosti u procesima koje neko poduzeće izvršava.

Za britansku izvještajnu i novinarsku agenciju BBC Kellaway (2013.) u jednom članku opisuje progresivni dizajn i implementaciju klasičnih računala u uredskom poslovanju, koji je prvo započeo početkom druge polovice dvadesetog stoljeća.

Naime, u tom ranom razdoblju, između 1950. i 1980., je već započeo inicijalni uvod računala, automatiziranog poslovanja i obrade dokumenata, putem povećane proizvodnje i minijaturizacije računala diljem sjeverno-američkih i zapadno-europskih zemalja. Primarna namjera tog ranog procesa automatizacije je uglavnom bila zamjena jednostavnih obračuna putem složenih računalnih programa i primitivnih sučelja koja su tradicionalna računala pružala poduzetnicima.



Slika 3. Novinarska publikacija prije uvođenja računala.

(Izvor slike: Knight, 2011.)

Kroz vrijeme se sve više obveza i odgovornosti na radnom mjestu počelo prenositi na računala. Veliki aspekt toga je pristizao iz stolnih računala (eng. *desktop computer*), poput Apple II i IBM PC-a, koja su izbacila veliki dio radne snage iz temeljnih poslovnih dužnosti, poput kopiranja sadržaja, prijenosa materijala, i izvršavanja temeljnih upravnih aktivnosti unutar poduzeća. Sa vremenom, uključivanje sve više softverskih rješenja, aplikacija za obradu teksta i prezentacija, naprednog kalkulacijskog softvera, i integriranih računala je znatno transformiralo gospodarstvo i uvelo digitalnu transformaciju na područje svih poduzeća. Danas se to provodi sa još jačim oslanjanjem na rad u digitalnom okruženju u poslovanju, putem uvođenja novih korisničkih i djelatničkih aplikacija, integracije interneta, i robotizacije.

Pribanic (2018.) određuje generalne točke utjecaja nad operativnim djelovanjem poslovanja pri implementaciji automatiziranih sustava unutar nekog procesa. Najznačajniji utjecaj automatizacije se manifestira u slučaju strojnog učenja (eng. *machine learning*). Smatra da se na području analitike, marketinga, i istraživanja strojnim učenjem značajno povećava efikasnost poslovnih procesa. To se primarno postiže putem eliminacije većine osoblja i znatnim smanjenjem vremena potrebnim za obradu podataka. Uz to, strojnim učenjem se službe za korisnike ponašaju znatno efikasnije od telekomunikacijskih metoda trenutno aktivnih u većini suvremenih poduzeća. Time je moguće osloboditi većinu odgovornosti djelatnika unutar poslovnih procesa povezanih sa takvim metodama automatizacije i efektivno omogućiti cjelodnevno pružanje usluga korisnicima. Jedini nedostatak je naravno početni trošak; agresivno implementiranje automatizacijskih rješenja treba velike početne investicije. Tek sa povećanjem količine usluge se vidi pozitivan učinak, postignut eliminacijom troškova plaća uslužnih djelatnika tako što se novi djelatnici specijalizirani u tom području djelovanja organizacije jednostavno ne zapošljavaju. No, kod pitanja manjih poduzeća, ignoriranje automatizacije ih može zaštititi od kratkoročno visokih troškova.

## **3.2. Industrija 4.0**

Naravno, automatizacija ne obuhvaća samo prisutnost robota ili računala unutar nekog sustava, već znatno veće područje koje sadrži puno više od isključiva uključivanja robota u proizvodni proces. Znanje sakupljeno praćenjem trenutnih trendova i analiza potencijalne primjene budućih koncepata proizvodnje i poslovanja se time manifestira u novom objedinjujućem području koje potječe iz područja Njemačke: Industrija 4.0 (eng. *Industry 4.0*).

Industrija 4.0 je nastala iz potrebe poboljšanja postojećih poslovnih sustava integracijom modernih tehnologija početkom 21. stoljeća. Privatna poduzeća su razvojem svojih procesa došla do iznenadnog otkrivenja da bi primjenom modernih tehnologija već prisutnih unutar informacijskih sustava implementiranih u internetske usluge temeljene na mrežnom principu djelovanja. Inovacije u području informacijsko-komunikacijskih tehnologija (eng. *information-communication technology, ICT*) su omogućile praktičnu implementaciju naprednih računalnih sustava koji svojim prisustvom unutar proizvodnog procesa uvode automatizaciju i time eliminiraju prisutnost ograničenih ljudskih djelovanja i tradicionalnih, primitivnih ručno upravljanih sustava. U sklopu sa vitkom proizvodnjom (eng. *lean production*), orijentiranom na postizanje kvalitetne proizvodnje sa maksimalnom eliminacijom gubitaka iz proizvodnog procesa, dolazimo do naprednih, masovno automatiziranih poslovnih sustava unutar kojih se ljudski utjecaj primarno manifestira u dizajnerskoj i u odlučnoj strani; same

aktivnosti se primarno temelje na naprednim informatičkim rješenjima. (Kolberg, Zuhlke, 2015.) (Vorne Inc., 2011).

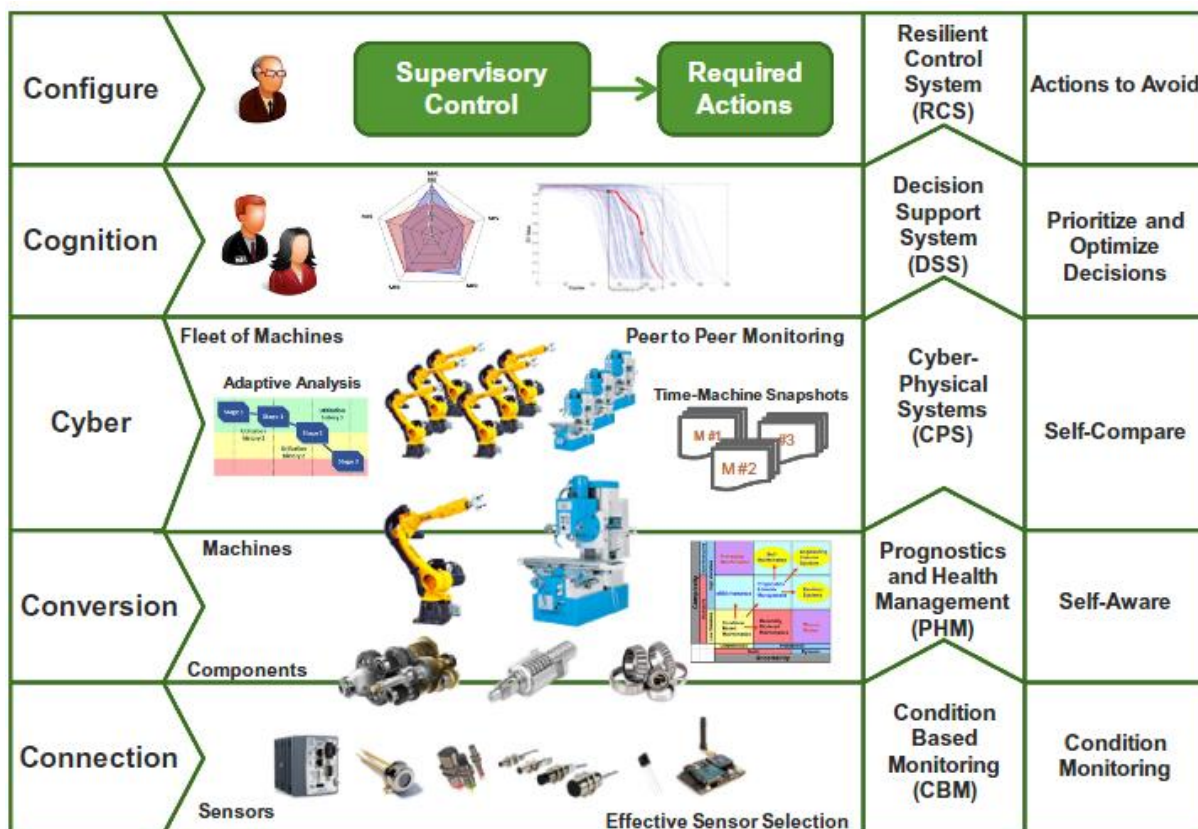
Informatičko-konzultantska tvrtka sa orijentacijom na implementaciju virtualne realnosti VIAR (2018.) opisuje nekolicinu primjena kombinacija ICT tehnologije, robotike, automatiziranja proizvodnog procesa, te isključenja ljudskog faktora u poslovanju unutar opće industrije i proizvodnje. U primjeni Industrije 4.0 nad trenutnim gospodarstvom njezinu manifestaciju najviše zamjećujemo unutar proizvodnih linija, transporta i opskrbe, te temeljne proizvodnje materijala. Prema VIAR-u, iznimno velik dio proizvodnje se orijentira na uvođenje raznih rješenja temeljenima na internetu, primarno radi potrebe čvrste automatizacije, usklađenosti i neovisnosti, te najvažnije od svega, prikupljanja analitičkih podataka koji se mogu koristiti u svrhe poboljšanja postojećih procesa.

To se primarno manifestira u implementaciji interneta stvari, odnosno IoT uređaja (eng. *Internet of Things, IoT*) poput automatiziranih dronova, strojeva sa bežičnim ili složenim umreženjem, te postupnom automatizacijom korištenjem pred-programiranih sustava koji u skladu sa uvijek prisutnom no ipak ograničenom ljudskom interakcijom ostvaruje bolju produktivnost naspram tradicionalnih industrijskih procesa.

Lee i suradnja (2014.) podalje opisuju još jedan aspekt Industrije 4.0: implementacija cyber-fizičkih sustava, odnosno CPS-a (eng. *Cyber-Physical Systems*). CPS kao tehnologija primarno postoji u kontekstu među-integracije međusobno povezanih sustava, koji se temelje od fizičke industrijske proizvodne opreme, softvera, senzora za sakupljanje podataka, „Big Data“ sustava za generiranje i obradu podataka, te naprednih računalnih mreža.

CPS-ova primarna namjena je postizanje Industrije 4.0 u tradicionalnim industrijama putem kontinuirane integracije i redovnog poboljšavanja postojećih proizvodnih, opskrbnih, te uslužnih aktivnosti. No, pošto je CPS kao strateški koncept izrazito mlad i u fazi uvođenja tek unutar zadnjih deset godina, ključno je odrediti okvir za razvoj CPS-a, odnosno *arhitekturu* koja će omogućiti organizacijama da znaju kako isplanirati pravilan CPS za njihove djelatnosti.





Slika 4. Aspekti CPS-a unutar sklopa CPS 5C arhitekture.

(Izvor slike: Lee i sur., 2014.)

Kao primjer tog okvira Lee i suradnja predlažu CPS 5C arhitekturu (eng. *CPS 5C level architecture*). 5C arhitektura je apstraktni koncept determiniranja strukture i elemenata CPS-a koji se temelji na pet individualnih razina. Te razine postupnim uslojavanjem i inkrementalnom adaptacijom elemenata visoke tehnologije i sposobnosti samokontrole digitalnih sustava ostvaruju dva temeljna cilja: kreiranje napredne mreže kruženja podataka i informacija unutar automatiziranog sustava u stvarnom vremenu, te inteligentno upravljanje komponenta digitalnog sustava.



Tih pet razina su definirane kao sljedeće:

- Prva razina ili *povezivanje*, gdje se senzori i monitori stanja međusobno povezuju i spajaju u zajedničku *plug & play* mrežu.
- Druga razina ili *konverzija podataka*, u kojoj analitički procesi sakupljaju podatke i obrađuju ih u informacije pomoću kojih se determinira stanje strojeva u poslovnom procesu.
- Treća razina ili *cyber razina*, gdje se informacije međusobno razmjenjuju između individualnih uređaja, te time analizira trenutno stanje i potencijalne kvalitetnije kombinacije, kreirane putem koncepta modela digitalnih blizanaca. U ovoj razini se manifestira glavnina CPS sustava u Industrij 4.0.
- Četvrta razina ili *kognitivna razina*, u kojoj ljudski djelatnici koriste dobivene informacije o stanju rada procesa i stre
- Peta razina ili *konfiguracijska razina*, gdje se izvršava nadzorna kontrola procesa koji omogućuje upravitelju da reaktivno podešava određene komponente koje su dijelovi procesa.

Naravno, ne možemo očekivati da je CPS arhitektura i 5C metoda uslojavanja arhitekture u kontekstu poslovnih procesa adekvatna. Uvijek postoji vjerojatnost da se desi nova revolucija u području tehnološkog razvoja. Nastajanje novih industrijskih trendova i promjene tehnologija putem novih otkrića u tom području mogu promijeniti sredstva korištena u CPS-u vrlo značajno. Kao rezultat toga i činjenica da CPS kao koncept nije zreo i potpuno kristaliziran sa perspektive standardizacije metoda korištenih u procesu C5 metoda, nužno je to uzeti u obzir to kao nedostatak tokom razvoja automatiziranih procesnih sustava.

Također je bitno i uzeti u obzir utjecaj CPS-a i 5C metoda i općenite implementacije Industrije 4.0 u postojeće organizacije nad ekonomskim učincima koji su ostvareni novo uvedenim promjenama. Pošto je u ovom području manifestiran strogi fokus nad reaktivnim upravljanjem i standardiziranjem industrijskog proizvodnog procesa dovodimo se u položaj gdje se iz procesa eliminiraju nestandardni postupci. Utjecaj uvođenja standarda se vidi u analizi ranije navedenih ekonomskih učinaka: standardiziranje i ujedinjenje komunikacijskih procesa poboljšava komuniciranje i obradu podataka, determiniranu individualnim metrikama korištenima u analitici. Time se postiže lakše skaliranje ekonomije, smanjuje cijena i vrijeme prijenosa informacija, te fokusira troškove na uzak raspon ujedinjenih standarda. Za usporedbu, operativni troškovi komuniciranja i reakcije na nove informacije su u tradicionalnim upravljačkim sustavima znatno skuplji i sporiji. (Ahmadzai i sur., 2018.)

### 3.3. Digitalni blizanci

Modeliranje nekog sustava je ključni način otkrivanja kako će se zapravo ponašati u stvarnosti. Oslanjanje djelovanja analitike nad elementima nekog sustava na način na koji se zahtijeva motrenje tog realnog sustava vrlo brzo stvara apsurdno visoke troškove. Radi potrebe pronalaska optimalnog ponašanja nekog sustava prije nego li je uopće implementiran, nužno ga je modelirati i analizirati.

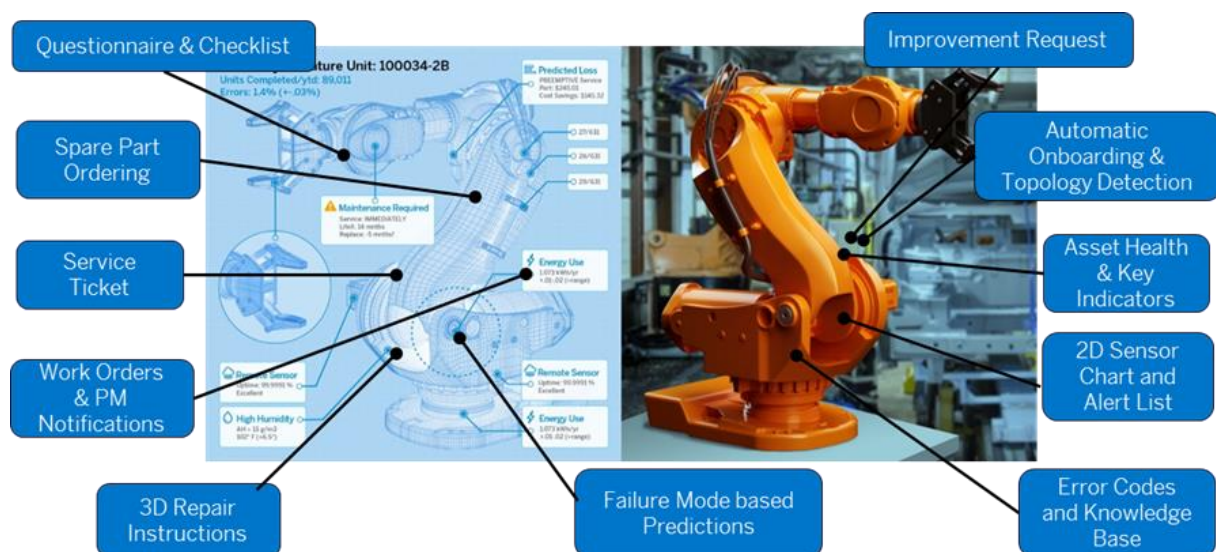
Naravno, postoji više načina postizanja modela i analize. Model može biti određen apstraktnim deklaracijama, analiziran pomoću matematičkih modela i algoritama kontrole, i tako dalje. Također je moguće napraviti *digitalne modele* koji računalnim programima analiziraju moguće primjere sustava u kratkom vremenskom razdoblju, pružajući ogromne količine podataka dizajnerima sustava. Tim modelima, koji također mogu koristiti drugačije osmišljene tehnike analize iz izvođenja aktivnosti, na primjer strojeva stanja (eng. *finite state machines*), hibridnih sustava, i prostornih modela, kojima se stvara nova simulacija koja u svojem djelovanju proizvodi dizajneru planiranog sustava korisne informacije potrebne za korigiranje trenutnog stanja. (Gorinevsky, 2005.)

No, radi potrebe zadovoljavanja poboljšanja industrije, uklanjanja neoptimalnih stanja automatiziranih procesa, te sveukupnog povećanja produktivnosti, dolazimo do problema da ne možemo realno raditi simulaciju kada je neki sustav u procesu dizajna. Možda postojeći sustav već treba novu analitiku koja može analizirati stanje sustava i pronaći neke avenije unutar kojih se taj sustav može poboljšati. Jedno od mogućih načina rješavanja tog problema se može pronaći unutar implementacije digitalnih blizanaca (eng. *digital twin*). Naime, razvojem Industrije 4.0 se pronalazi jedinstveni problem gdje se napredna tehnološka rješenja predložena u Industriji 4.0 u vrlo rijetkim slučajevima zapravo pronalaze unutar stvarnih proizvodnih sustava i industrije kao sektor gospodarstva. Zapravo, samo maleni udio industrije se orijentira na informacijsko-sakupljački aspekt koncepta Industrije 4.0. Taj nedostatak bitno smanjuje potencijalne koristi iz industrije 4.0, zbog nedostatke njezine vertikalne implementacije duž cijelu strukturu neke organizacije, odnosno poduzeća. Istraživanjima se indicira da približno tri četvrtine svog vremena potrošenog na dizajniranje proizvodnih procesa se u stvari troši na efektivno sporu i zastarjelu praksu „ručnog“ sakupljanja i obrađivanja podataka, odnosno informacija o stanju rada u procesu, bez obzira na razinu automatizacije prisutne u samom procesu. (Uhlemann i sur., 2017.)

Zbog toga bi se uvođenjem digitalnih blizanaca, koncepta u kojem bilo koji automatizirani stroj u pogonu sadrži softver koji praćenjem podataka iz stroja automatski generira paralelnog „blizanca“. Ti blizanci svojim radom dolaze do paralelno usklađenih strojeva, od kojih je jedan u stvari lažni, digitalno simuliran stroj čija se izvedba testira na

računalima unutar umreženog sustava koji ima izravni kontakt sa originalnim strojem u stvarnom svijetu. Proizvodni ciklus time postoji u stanju gdje individualni strojevi mogu u radnom tijeku sakupiti značajan broj podataka koji se šalju u taj umreženi sustav. No, samo sakupljanje podataka i izvedba obrade u nekim istraživanjima se pokazuje da nije dovoljno adekvatno za čisto stjecanje novih korisnih podataka. No, postoji i mogućnost rješenja tog problema putem korištenja „Big Data“ sustava. U tom slučaju, obrada digitalnih blizanaca se ne bi trebala ekskluzivno odvijati u području povezanog samo sa strojem u svojoj neposrednoj blizini. Zapravo, jako ključni aspekt digitalnih blizanaca je i rad uređaja u sklopu opširnog sustava koji sva djelovanja digitalnih blizanaca može u velikoj mjeri analizirati i podržavati. U suštini, digitalni blizanci svojom implementacijom na znatno široj skali sebe dovode u položaj gdje se izvođenje najidealnije obavlja u skladu sa općom analizom i poboljšanjem putem zajedničke provjere podataka zasnovane na općoj umreženosti. (Tao, 2017. Ponza, 2018.)

Howells (2018.) navodi nekoliko slučajeva primjene mreže digitalnih blizanaca unutar organizacija, smatrajući tu mrežu kao jedan od razloga poboljšanja efikasnosti i djelotvornosti poslovanja. U prvom slučaju, Brazilskog poduzeća za izradu motornih vozila, Stara, navodi kako su u poljoprivredna vozila integrirali IOT nadzorni sustav za motrenje performansi i održavanja, te optimizirali sakupljanje podataka. Tokom istraživanja je zapaženo da se korištenje agrikulturnih materijala u poljoprivredi smanjio za 20%. Poduzeće Kaeser je na drugu stranu pružilo klijentima koji koriste njihovu opremu povezivanje svih uređaja koje proizvode u jedan centralni sustav. Time su poboljšali cikluse održavanja tlačnih strojeva, i smanjili povezane troškove za približno 30%, što se može uključiti u daljnju analizu automatizacije.



Slika 5. Slučajevi korištenja digitalnih blizanaca  
(Izvor slike: Ponza, 2018.)

### 3.4. Robotska automatizacija procesa

Naravno, u raspravi automatizacije je neizbježno spomenuti i robotsku automatizaciju procesa (eng. *robotic process automation*). Boulton (2018.) opisuje robotsku automatizaciju procesa kao „primjenu tehnologije, upravljaju od strane poslovne logike i strukturiranih ulaza, ciljanu na namjeru automatiziranja poslovnog procesa,“ te da „sredstvima koja robotska automatizacija procesa pruža poduzeću, to isto poduzeće može uporabiti da konfigurira softver, odnosno robota, koji sam sakuplja i interpretira primjene za procesiranje radnji, podataka, transakcija, odgovora, i komuniciranja sa ostatkom sustava.“

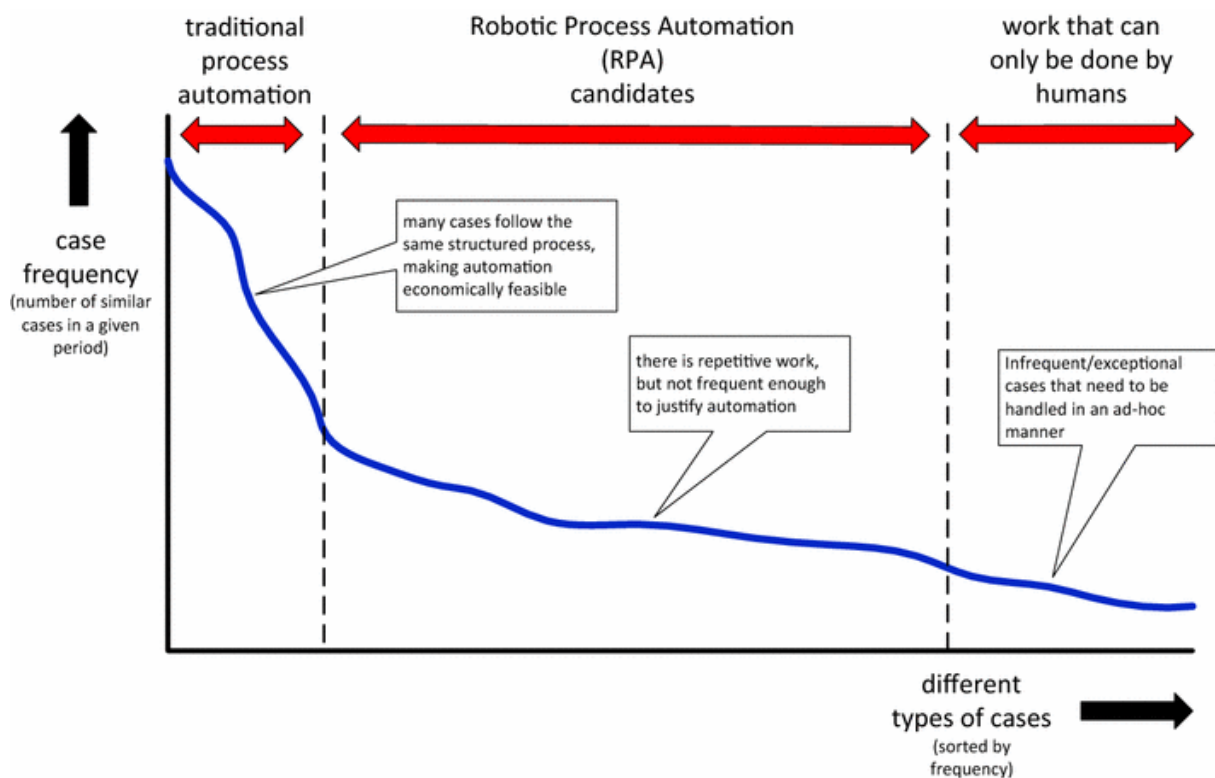
Efektivno, robotska automatizacija procesa je u nekom smislu ona koja se najviše može zapaziti u poslovanju. Sam koncept se efektivno oslanja na onaj način rada u kojem se sve više i više osnovnih ponavljajućih radnji, odnosno pojedinačnih dijelova nekog poslovnog procesa, zamjenjuje sa potpuno automatiziranim „djelatnikom“, koji svojim radom isključuje ljudsku ulogu iz rada u slučaju generičkih radnji.

Boulton ovdje kao primjer navodi automatiziranje obrade u bankarstvu, gdje nekolicina instaliranih „robota“, u stvari softvera koji se automatski pokreće sa centralnih poslužitelja banke, obrađuje nekolicinu procesa i milijune zahtjeva godišnje, što se u perspektivi radnika uspoređuje sa više stotina novo-zaposlenih djelatnika i brojno većih novčanih sredstava koja bi bila potrošena na zapošljavanje.

Kao rezultat toga, u automatiziranom poslovanju se može vidjeti znatni porast produktivnosti, te smanjenje udjela djelatnika u poslovanju. U istraživanjima o učinku automatizacije na trendove kretanja broja zaposlenih te generiranja novih radnih mjesta, pretpostavlja se da uvođenjem metoda kreiranja robotskih automatizacija procesa u poslovne procese generira opće negativan trend zapošljavanja; otprilike 16% sve radne snage u Sjedinjenim Američkim Državama je u riziku od gubitka njihovog radnog mjesta kao posljedica automatizacije. U međuvremenu, intenzivna robotska automatizacija se pretpostavlja da bi doprinijela samo 9% novih radnih mjesta proporcionalnih trenutnom broju radnika u američkom gospodarstvu, generirajući opći pad broja djelatnika od čak 7%. Ta znatna promjena može utjecati ne samo na opće ekonomske faktore, nego i na cjelovitu strukturu organizacije nad kojom se vrši automatizacija, pošto isključenjem brojnih djelatnika mnoštvo tradicionalnih položaja jednostavno gubi svrhu ili značenje. (Boulton, 2016.)

Osim toga, postoje i drugi negativni faktori koji proizlaze iz masovne robotizacije. Jedan od kritičnih aspekata, a ujedno i mana uvođenja robotizacije u poslovanje, je loš odabir procesa koji se mogu automatizirati.

U praksi se slučajevi procesa koji mogu biti u potpunosti automatizirani pronalaze vrlo rijetko u stvarnom poslovanju, te se samo malen udio smatra tradicionalno lako automatiziranim. Ono što robotska automatizacija procesa uzima u obzir nisu ti temeljni, ekonomičko očiti i isplativo zamjenjivi procesi, već oni koji još uvijek zahtijevaju ljudski rad u procesu. Preciznije rečeno, *kandidati* za implementaciju automatiziranih robota se nalaze u onim poslovnim procesima gdje se pronalazi ekstreman broj slučajeva i gdje se može argumentirati potreba za ograničenom automatizacijom koja bi u krajnjem slučaju pomogla oko ubrzavanja poslovnog procesa. Na samom kraju imamo one slučajeve gdje je automatizacija u potpunosti nemoguća i zahtijeva ljudski rad u procesu da bi ga se uopće moglo pravilno izvršiti. (van der Aalst i sur., 2018.)



Slika 6. Pozicioniranje implementacije RPA u slučajevima korištenja.

(Izvor slike: van der Aalst i sur., 2018.)

Poduzeće Worksoft (2019.) uzima u obzir jedan adekvatan primjer robotske automatizacije u poslovanju telekomunikacijskog poduzeća i njezinih procesa. Naime, u telekomu je jedan od ključnih problema potreba za masovnim, često inozemnim, pozivnim centrima, koji stupaju u vezu sa klijentima tog poduzeća te rješavaju pitanja i probleme nastale unutar pružanja telekomunikacijske usluge.

Izvršavanjem duboke analize procesa pružanja telefonske pomoći putem pozivnih centara, te paralelnim prihvaćanjem pomoći od strane analitičko-konzultantske tvrtke koja je radila na poboljšanju efikasnosti tog odjela telekomunikacijskog poduzeća.

Nakon razrade sakupljenih podataka o performansama poduzeće je bilo u stanju determinirati četiri načina praktički djelomičnog, ali značajnog automatiziranja procesa:

- Objedinjenje toka procesa putem konsolidiranja individualnih djelatnika i odjela te automatiziranim spajanjem određenih aktivnosti u toku procesa, što je istovremeno dinamički vidljivo na generiranom dijagramu toka procesa.
- Automatiziranje cjenovno i vremenski intenzivnih komponenti koje su varijabilno malene i orijentirane na minimiziranje novčanih gubitaka nastalih kroz pretjerano proteklo vrijeme i intenzivno prolaženje kroz određene tokove procesa.
- Dokumentiranje individualnih korisničkih akcija putem snimanja odluka korisnika u ključnim trenucima sudjelovanja u procesu.
- Generiranje automatskih radnji s obzirom na korisničke postupke.

Rosin (2018.) time zaključuje da postupno automatiziranje putem robotizacije nije nužno uklanjanje ljudskih djelatnika iz poslovnog procesa, već uklanjanje *robotskih procesa* iz ljudskih radnih mjesta. Premda taj način mišljenja o robotizaciji zvuči nelogično, unutar njega pronalazimo nešto istine: kroz istraživanja 16 globalnih poduzeća (Lihuer, 2016.) dolazimo do zaključka da se putem robotske automatizacije procesa uglavnom zapaža povrat ulaganja od strane vlasnika tvrtke u rasponu između 20% i 30% unutar godinu dana rada automatiziranog sustava. Multinacionalna konsultacijsko-revizorska tvrtka Deloitte (2017.) je također provela anketno istraživanje o utjecaju robotske automatizacije procesa. Zamjećuju da se putem poboljšanja procesa proizvodnje utemeljene robotizacijom dolazi do uštede unutar 59% analiziranih slučajeva, što robotizaciju čini izrazito velikim prioritetom.

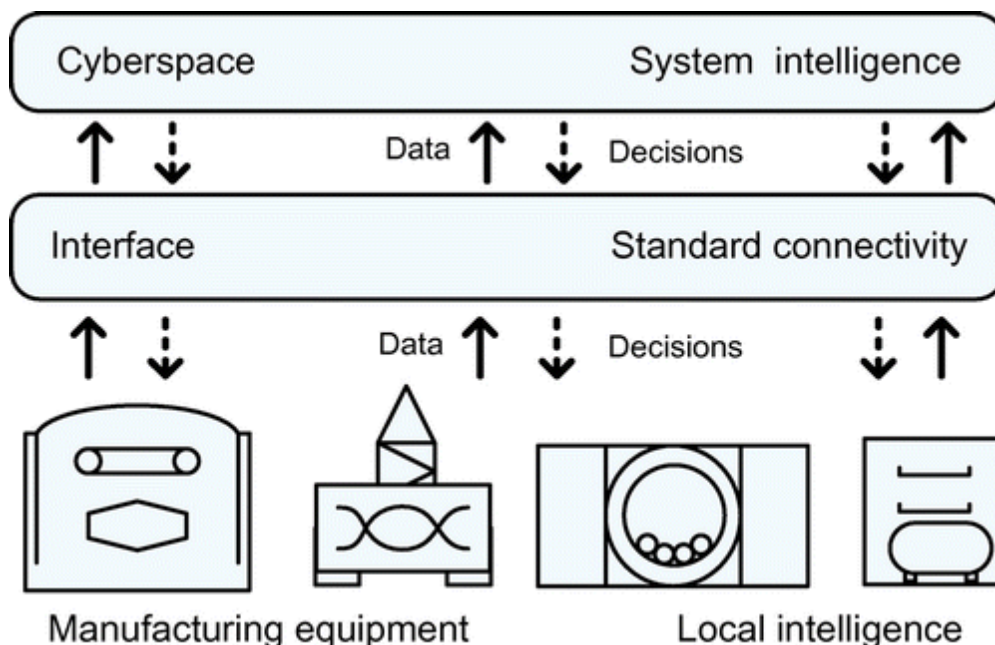
No, zbog eksperimentalne prirode robotske automatizacije procesa, te činjenice da je uvođenje automatizacije na masovnu skalu u njezinom ranom stanju potencijalno loša odluka sa perspektive stabilnosti kapitala, Deloitte također pronalazi da samo 3% globalnih poduzeća godišnje započinje proces masovne automatizacije, odnosno postizanja realnog kapaciteta od barem 50 robota. Većina poduzeća se još uvijek nalazi na području uvođenja robotizacije, koristeći samo 20% potencijalnog kapaciteta, odnosno u prosjeku ekvivalentno samo deset industrijskih robota.

### 3.5. Pametne tvornice i proizvodnja

Sa razvojem koncepata Industrije 4.0 te uvođenja automatizacije u poslovanju također dolazimo i do pitanja kako u cjelovitosti objediniti sve te napretke osnovane na temelju moderne tehnologije u postojećim proizvodnim procesima. Nabaviti i uvesti robota, izraditi sustav za digitalnu kontrolu i nadzor proizvodnje, te osigurati da se usluge korisnicima izvršavaju automatski sve pruža individualne koristi na području gospodarstva. No, te promjene ujedno prikazuju i jedan bitan nedostatak neorganizirane automatizacije unutar poslovnih procesa: činjenicu da se kvalitetna automatizacija mora primijeniti jednako na masovnoj skali, po strukturno horizontalno velikim opsegom, na način kojim se tradicionalni sustav zadovoljavanja potražnje mijenja sa elastičnim, digitalnim sustavom. (Burke i sur., 2017.)

Rješenje za to pitanje možemo lako pronaći u ideji pametne proizvodnje, odnosno konceptu pametne tvornice. (eng. *smart factory*).

Lucke i suradnja (2008.) opisuju pametne tvornice kao „industrijske pogone koji su putem međusobno umreženih sustava u stanju kombinirati i sastaviti kontekstno-osjetljive odgovore zahtjevima za pomoć u radu osoblja i strojeva.“ Efektivno, pametna tvornica je tradicionalni tvornički pogon gdje se sustav upravljanja, odnosno pružanja potpore i nadzora procesa integrira na opširnoj razini putem informacijskog sustava.



Slika 7. Koncept pametne proizvodnje.

(Izvor slike: Kusiak, 2017.)

Time sav sustav pametne tvornice stječe posebnu osobnost naspram tradicionalne proizvodnje, što se vidi u činjenici da ovom integracijom upravljački procesi decentraliziraju u cjelokupnom mrežnom sustavu i oslanjaju na tok informacija u realnom vremenu. Naravno, sustav pametne tvornice ne može samo automatski nasumično rješavati probleme: bitna stvar koju sustav pametne tvornice mora biti u stanju obaviti je selektivno rješavanje problema, putem identificiranja objekata i aktivnosti, lokaliziranja procesa na određeno područje unutar lokaliteta i unutar toka poslovnog procesa, motrenje i ažuriranje statusa, te na samom kraju, podupiranje komponente poslovnog procesa putem integriranog komuniciranja, informacijske podrške, i iznimno brze reakcije na zahtjeve od proizvodnog sustava, što se realizira putem implementirane informacijsko-komunikacijske tehnologije.

Naravno, u pametnim tvornicama je također bitno i organizirati sustav pametne proizvodnje (eng. *smart manufacturing*) koji se realizira unutar pametnih tvornica. Temelji pametne proizvodnje se osnivaju unutar realizacije koncepata procesa proizvodnje i tehnologije, eksperimentiranjem putem analize potencijalnih materijala korištenih u proizvodnom procesu, sakupljanje podataka o procesu te korištenju podataka za modeliranje novih, poboljšanih procesa, te standardizirane integracije koja omogućava elementima proizvodnog procesa trenutno obavještavanje i komuniciranje o stanju na proizvodnoj liniji. Uz to, pametnom proizvodnjom se omogućuje pojedinim elementima da postupaju u skladu jedan s drugim, što se izrazito može vidjeti u pitanjima logistike i toka materijala u proizvodnji. (Kusiak, 2017.)

Cheek (2017.) opisuje Hewlett-Packard kao poduzeće koje se postupno oslanja na sustav napredne proizvodnje za globalno tržište. Naime, Hewlett-Packard kao međunarodna industrijska organizacija koja se specijalizira u masovnoj proizvodnji elektronike različitih modela i kompleksnosti, mora također konkurirati i većini globalnog tržišta. Da bi očuvali svoju prisutnost u tržištu, moraju biti u stanju implementirati unaprjeđenja postojećih sustava, što nije lako bez neke razine implementacije. Hewlett-Packard pronalazi rješenje tog pitanja u posebnoj ustanovi koja je planirana da postane element jezgre svih proizvodnih centara poduzeća, a to je Centar za istraživanje i primjenu pametne proizvodnje, odnosno SMARC (eng. *Smart Manufacturing Applications and Research Centre*). Prva od tih ustanova je izgrađena u sklopu novonastale industrijske lokacije i kampusa poduzeća Hewlett-Packard površine veće od 40.000 kvadratnih metara na području Singapura. Ta lokacija, izgrađena u skladu sa modernim načelima strukture industrijske proizvodnje i naprednim sustavima automatizacije koji mogu iskoristiti potencijale koji pametna proizvodnja u stvari pruža putem umrežavanja istraživanja i komuniciranja sa cjelokupnom poslovnom strukturom Hewlett-Packard-a.



Putem tih SMARC ustanova, lociranih unutar postojećih i novoizgrađenih proizvodnih pogona, Hewlett-Packard namjerava uvesti postupno restrukturiranje postojećih sustava i komponenata, pretvarajući njihove tradicionalne industrijske pogone, sa temeljnom automatizacijom već implementiranom, u moderne pametne tvornice koje su sposobne podesiti svoj rad naspram bilo kojih problema koji mogu nastati unutar proizvodnog procesa, ili u širem području koje može utjecati na proizvodni proces.

### **3.6. Umjetna inteligencija i upravljanje znanjem**

Osim što se automatizacija može implementirati na nižim razinama unutar hijerarhije poduzeća, odnosno organizacije, također je moguće primijeniti tehnologiju i metode automatizacije u slučaju gdje je potrebno poboljšati menadžment da bi se ostvarilo povećanje produktivnosti i djelotvornosti unutar cjelokupnih procesa nekog poduzeća.

Taj okvir u kojem želimo poboljšati upravljačku stranu proizvodnje se primarno može riješiti putem implementacije procesa upravljanja znanjem (eng. *knowledge management*) kojim stječemo vrijednost iz nematerijalnih sastava organizacije. No, postizanje takvog rješenja se ne može jednostavno postići putem uobičajenih strukturnih promjena, podešavanja procesa, i slično. Zapravo, zahtjeva kombiniranje mnogo analitičkih i upravljačkih aspekata, poput upravljanja ljudskim resursima i organizacijskog odlučivanja, sa informacijskom tehnologijom i automatiziranim donošenjem odluka, što se tipično manifestira u računalnoj potpori donošenju odluka, te automatiziranom preuzimanju odgovornosti putem umjetne inteligencije. (O'Leary, 1998.)

No, ta potreba za rješavanjem problema u donošenju odluka na temelju pravilno sakupljenih informacija putem upravljanja znanjem time može biti ispunjena i putem nekih specijalnih rješenja koja se mogu postići putem napredne tehnologije.

Kao rezultat tog problema, Suss (2018.) navodi da se moderna poduzeća sve više oslanjaju na uvođenje novih automatiziranih sustava utemeljenima na implementacijama umjetne inteligencije (eng. *artificial intelligence*), čija je svrha poboljšavanje triju kategorija upravljanja znanjem: automatiziranje procesa sakupljanja informacija, analiziranje sakupljenih podataka, i poboljšanje odnosa između klijenata i djelatnika. Postizanje tih napredaka naravno se odnosi na implementaciju automatiziranih strojeva koji zamjenjuju ljudske djelatnike u procesu.

Na primjer, u slučaju standardne automatizacije, umjetna inteligencija automatski dokumentira podatke iz komunikacijskih sustava te ih arhivira u centralnu bazu podataka.

Istovremeno, strojnim učenjem omogućavamo umjetnoj inteligenciji da automatski programira posebne parametre za individualne slučajeve, poput prilagođenih korisničkih iskustva (eng. *user experience*, odnosno *UX*) determiniranih na temelju prijašnjih akcija klijenta unutar nekog procesa.

Rhem (2017. a) uzima u obzir koliko je upravljanje znanjem široko područje znanosti te koliko zapravo uvođenje umjetne inteligencije u upravljanje znanjem može promijeniti način na koji se procesi kontroliraju i izvode. Tu novonastalu vezu između tih dvaju područja objedinjuje pod jednim zajedničkim okriljem, kognitivnim računarstvom (eng. *cognitive computing*). Unutar kognitivnog računarstva pronalazimo specijaliziranje dizajna umjetne inteligencije u području upravljanja znanjem, gdje se umjetna inteligencija iskorištava da se vrši prilagođena i ciljana masovna obrada podataka, prepoznavanje uzoraka, te analiza, prepoznavanje i repliciranje obilježja ljudskog jezika, sve sa svrhom da se kreira umjetna inteligencija koja je u stanju ne samo reagirati na situacijske promjene, već i sama biti u stanju donositi poslovne odluke na razini cjelokupne organizacije.

No, Rhem također navodi (2017. b) da se agresivnom implementacijom kognitivnog računarstva ujedno pojavljuje i velik utjecaj nad postojećim gospodarstvom, što opisuje kao remećenje (eng. *disruption*) prouzročeno kognitivnim računarstvom. To se primarno odnosi na utjecaj automatizacije nad lako automatiziranim poslovima. Aktivnosti poput vožnje motornih vozila, izvršavanje pravnih usluga, te zdravstvo su svi na području rizika znatnih radikalnih promjena kao posljedica primjene kognitivnog računarstva u menadžmentu. Pretpostavlja da unutar tih područja udio odgovornosti djelatnosti određenih radnih mjesta prenesao na automatizirane sustave u rasponu od 35% do 50%.

Uglavnom, kao i masovno implementiranje automatizacije, uvođenje umjetne inteligencije odnosno kognitivnog računarstva u procese upravljanja znanjem može kritično promijeniti stanje neke organizacije. Bitno je da dizajneri sustava i menadžment pravilno analizira utjecaj automatizacije, te izvrši korektnu procjenu kojom se može predvidjeti koliko umjetna inteligencija u upravljanju znanjem u stvari može promijeniti ponašanje organizacije koju promatraju.

## 4. Modeliranje automatiziranih poslovnih procesa – primjer iz gospodarstva

Da bi napravili kvalitetnu analizu performansi prije navedenih utjecaja automatizacije nad procesima unutar poduzeća, moramo definirati što zapravo trebamo sadržavati unutar procesa i time *modelirati poslovni proces* na koji način možemo testirati ponašanje jednog procesa unutar dvaju različitih stanja. Primarni razlog modeliranja se nalazi u vrlo složenoj potrebi za efikasnim analiziranjem i poboljšavanjem postojećih sustava, odnosno procesa. Da ostvarimo taj cilj, koristeći opis toka procesa dizajniramo model koji bilježi trenutno stanje na određenoj razini kompleksnosti koja može adekvatno prikazati proces, te time (Becker i sur., 2000.)

No, tu se mora riješiti i pitanje kvalitetnog prikaza modela. Želimo da se dokumentirani primjer poslovnog procesa pravilno prikaže unutar dijagrama modela procesa, zbog čega je također nužno ne samo pravilno sakupiti i sastaviti podatke nego i prikazati podatke o toku poslovnog procesa na način kojim možemo kvalitetno razabrati pojedinačne elemente procesa i kako oni utječu na cjelokupni proces. Za to nam je potreban neki oblik notacije koji nam pomaže u razumijevanju prikaza tokova procesa. Temeljne zahtjeve tog problema rješavamo implementacijom Notacije za modeliranje poslovnih procesa (eng. *Business Process Modeling Notation*, odnosno BPMN v2.0), nastalu od strane Grupe za Upravljanje Objektima, odnosno OMG (eng. *Object Management Group*) Notacija za modeliranje poslovnih procesa se koristi kao *de facto* univerzalni način prikazivanja modela poslovnih procesa kojim neki modelirani proces prikazujemo što bliže moguće stvarnom. (Object Management Group, 2011.)

Za potrebe ovog rada nama je nužno uzeti u obzir da Notacijom za modeliranje poslovnih procesa moramo konstruirati ne jedan nego dva modela. Prvo je bitno dizajnirati i odrediti AS IS mode, odnosno trenutno stanje nekog poslovnog procesa. Putem AS IS modela determiniramo koji nedostaci ili loše prakse postoje unutar nekog poslovnog procesa, te na temelju toga možemo konstruirati TO BE model. Tim novonastalim, konceptualnim, odnosno TO BE modelom dizajniramo novu potencijalnu viziju poslovnog procesa koju možemo komparativno analizirati putem međusobnog uspoređivanja sa prethodno nastalim AS IS modelom. Pošto se ovaj rad bavi tematikom automatizacije, bitno je da TO BE model ne samo općenito poboljša ponašanje poslovnog procesa, nego i implementira aspekte automatizacije koristeći teoriju o modernim primjenama automatizacije unutar poslovnih procesa ranije opisanih unutar ovog rada. Time također možemo potvrditi i koliko značajan utjecaj automatizacija ostvaruje nad postojećim poslovnim procesima.

Za svrhe analize poslovnog procesa koristit ću vlastito izrađeno istraživanje na temelju poduzeća Almos d.o.o., tvorničkog poduzeća u privatnom vlasništvu, čija je primarna misija masovna proizvodnja aluminijskih dijelova za njezine klijente. Putem vlastitog projekta napravljenog unutar sklopa tima radi polaganja predmeta „Modeliranje poslovnih procesa“, tokom obrazovanja, uspješno smo unutar sklopa projektnog zadatka definiranog unutar programa predmeta istražili informacije nužne za izradu ne samo AS IS, nego i idealnog, više optimiziranog TO BE modela.

Naravno, taj model se odnosi na eksplicitno jedan slučaj: serijsku proizvodnju aluminijskih dijelova po narudžbi. TO BE model opisan u radu također nije Radi potrebe ovog rada pronalazimo ograničenja u određenim aspektima automatizacije opisane ranije unutar rada: automatizacija nad uslužnim procesima i granama industrije koje nisu slične onoj masovne proizvodnje su osobito sklone razlikama naspram nj. Kao rezultat toga, bitno je uzeti u obzir individualne pod-procese, te na temelju njih determinirati kako automatizacija djeluje, te je li uopće moguće, automatizirati taj pod-proces do te mjere koja bi bila idealna za nas. Bitno je napomenuti da neki aspekti automatizacije nisu mogući biti automatizirani u cijelosti, te zahtijevaju barem djelomičnu prisutnost ljudskih djelatnika unutar sustava da pravilno funkcioniraju.

Temelj ove automatizacije također može i poboljšati postojeće stanje, odnosno AS IS model sustava. Pošto je originalni model napravljen uz obrazloženje da poduzeće ima znatne nedostatke u području menadžmenta, pretjeranog broja djelatnika, tehnološku zastarjelost, te nedostatak primjene modernih poslovnih praksa unutar proizvodne linije aluminijskih dijelova, znamo da fokus automatizacije može biti orijentiran na znatno velik dio preglednog proizvodnog procesa. (Alvir, Cerovski, Protrka, 2017.)

Veće detalje, odnosno opis preglednog procesa koji će biti analiziran, modeliran, te korišten u ostatku rada se mogu pronaći u sljedećem pod-poglavljju, zajedno sa modelom, tablicom podataka aktivnosti, i osnovnim naznakama nedostataka.

Kao primarnu metriku, možemo koristiti identične performanse, a to su: *trajanje pripreme, trajanje proizvodnje, troškovi proizvodnje, te gubici i kašnjenja nastali zbog problema u proizvodnom procesu.*

## 4.1. AS IS model

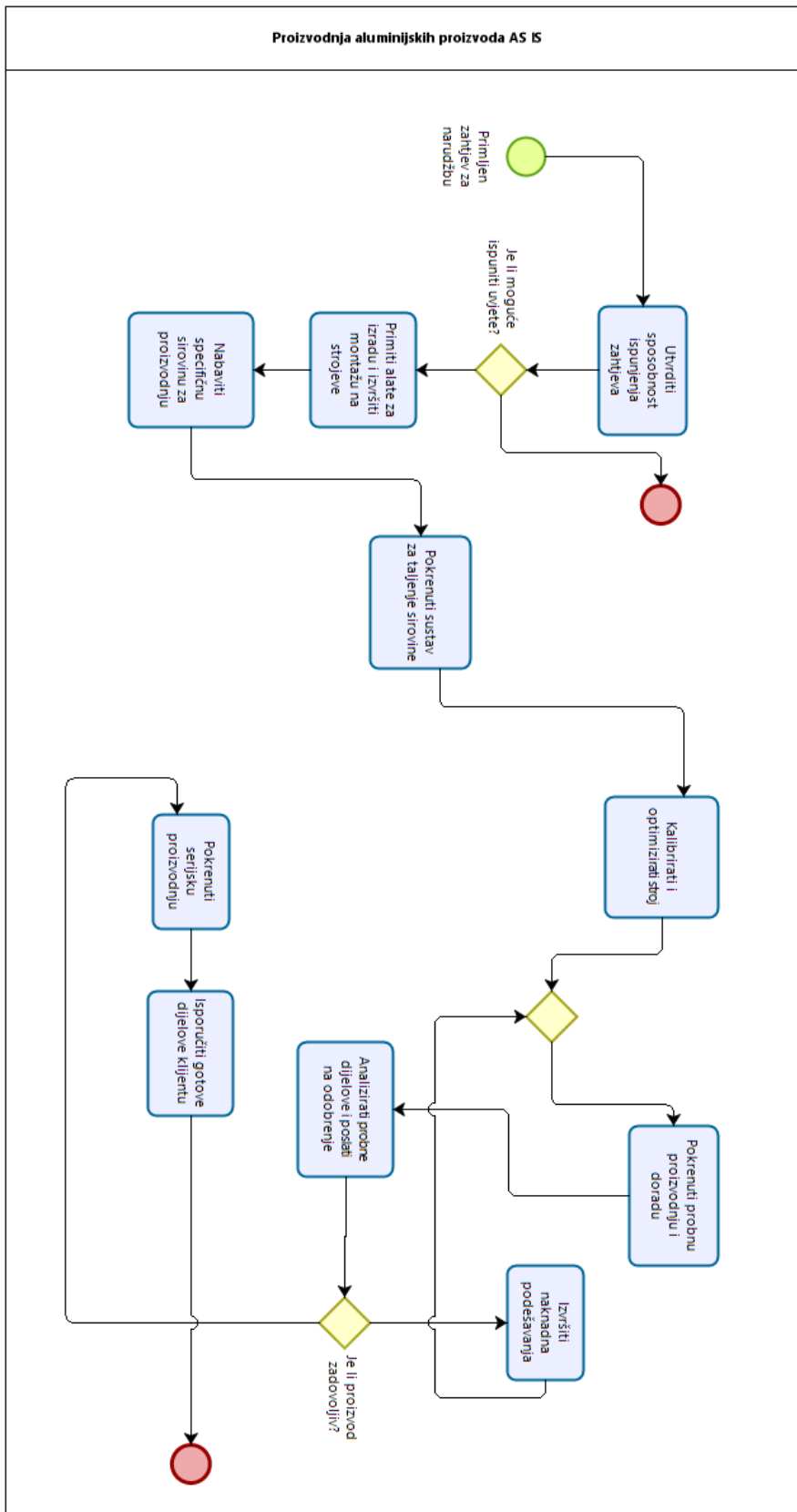
Primarni model funkcioniranja preuzet iz prije sastavljene dokumentacije (Alvir, Cerovski, Protrka, 2017.) opisuje proces koji uzimamo za analizu kao onaj u kojem serijska proizvodnja aluminijskih dijelova započinje slanjem zahtjeva za narudžbe, gdje se sve specifikacije, poput zahtjeva alata, potreba za korištenjem specifičnih materijala, dogovaranje cijena, planovi proizvodnje, te slični strateški planovi kreiraju od strane upravnih djelatnika (direktora, tehnologa obrade i tehnologa lijevanja).

Završetkom tog analitičkog dijela razrade poslovnog plana, izvršava se konačna faza pregovora koji na koncu pregovora determiniraju je li uopće isplativo ispuniti potencijalnu narudžbu klijenta.

Ukoliko se ispostavi da je to moguće, dogovor se utvrđuje i preuzimaju se dijelovi za rad strojeva i dokumentacija nužna za obradu i izvršenje potrebnih narudžbi, kroz period od nekoliko tjedana, dok se paralelno planira nabava materijala i na samom koncu priprema sustav za taljenje, gdje djelatnici ručno unose pripremljeni materijal u anticipaciji za početak rada strojeva i njihovih novo-montiranih dijelova.

Tada je nužno izvršiti testnu fazu proizvodnje, čija je namjera determinirati je li proizvodna linija u pravilnoj konfiguraciji. To testiranje zahtijeva prisustvo velikog broja djelatnika proizvodnog odjela, koji lagano pokreću proizvodni pogon te vrše temeljnu analizu gotovog proizvoda. Tada se proizvodnja zaustavlja i isporuka se šalje klijentu za konačnu evaluaciju. Ukoliko uzorak ispunjava uvjete, pokreće se proces serijske proizvodnje. U suprotnom, ako klijent prenese zamjedbe u svojem odgovoru, proces se ponavlja dok klijent nije zadovoljan.

Unutar masovne proizvodnje individualni timovi, koji djeluju u tri smjene, operiraju strojeve za lijevanje i prijenos materijala, te konačnu obradu proizvoda. Tako završeni aluminijski proizvode se iz proizvodne linije šalju kontroloru na daljnje evaluacije karakteristika gotovog proizvoda, te ispunjava li uvjete navedene od strane klijenta. Kontrolor tada potvrđuje kvalitetu i determinira hoće li se proizvod reciklirati ili skladištiti za isporuku. Ovaj dio procesa može trajati oko deset dana, ali u praksi može i dulje. Te nepravilnost u tijeku rada proizlaze iz periodičnog održavanja, rješavanja kvarova, zaustavljanja proizvodnog ciklusa, te ponovnog pokretanja proizvodnog procesa.



Slika 8. Pregled procesa Serijske proizvodnje aluminijskih dijelova po narudžbi AS IS  
(Slika okrenuta na bok)

Tablica 1. Prikaz aktivnosti serijske proizvodnje aluminijskih dijelova AS IS.

(Izvor: Alvir, Cerovski, Protrka, 2017.)

<b>Proces: Serijska proizvodnja aluminijskih dijelova po narudžbi AS IS</b>			
<b>Aktivnost</b>	<b>Događaj</b>	<b>Prosječno trajanje</b>	<b>Izvršitelj i resursi</b>
	<b>Primljen je zahtjev za narudžbu</b>	-	-
	Utvrđiti sposobnost ispunjenja zahtjeva	3 sata	Direktor, Tehnolog obrade, Tehnolog lijevanja
	Primiti alate za izradu i izvršiti montažu na strojeve	7 sati	Djelatnički tim alatnice
	Nabaviti specifičnu sirovinu za proizvodnju	2 sata	Voditelj nabave
	Pokrenuti sustav za taljenje sirovine	12 sati	Voditelj proizvodnje, Operateri peći, Viljuškar, <i>Viličar, Peć</i>
	Kalibrirati i optimizirati stroj radi ispunjenja tehnoloških zahtjeva	6 sati i 35 min.	Tehnolog stroja, <i>Preša</i>
	Pokrenuti probnu proizvodnju i doradu	4 sata	Operator peći, Operator stroja, Operator dorade, Viljuškar, Tehnolog stroja <i>Peć, Preša, Stroj za doradu, Viličar</i>
	Analizirati probne dijelove i poslati na odobrenje klijentu	1 sat	Kontrolor, Skladištar, Voditelj komercijale
	Pokrenuti serijsku proizvodnju	10 dana (240 sati)	Operator peći, Operator Stroja, Operator dorade, Viljuškar, <i>Peć, Preša, Stroj za doradu, Viličar</i>
	Izvršiti naknadna podešavanja	1 sat	Tehnolog obrade, Voditelj proizvodnje, <i>Preša, Stroj za doradu</i>
	Isporučiti gotove dijelove klijentu	3 sata	Skladištar, Voditelj komercijale, <i>Kamion</i>
	<b>Serijski proizvedeni dijelovi isporučeni klijentu</b>	-	-

Tablica 2. Prikaz postojećih poslovnih resursa u procesu.

(Izvor: Alvir, Cerovski, Protrka, 2017.)

<b>Naziv</b>	<b>Radno vrijeme</b>	<b>Troškovi po jedinici vremena</b>
Direktor	0-24h (1 smjenu)	82 HRK/h
Djelatnički tim alatnice	0-24h (3 smjene)	20 HRK/h
Kontrolor	0-24h (3 smjene)	23 HRK/h
Operator dorade	0-24h (3 smjene)	25 HRK/h
Operator peći	0-24h (3 smjene)	23 HRK/h
Operator stroja	0-24h (3 smjene)	24 HRK/h
Voditelj komercijale	06:30h - 14:30h	31 HRK/h
Voditelj nabave	06:30h - 14:30h	30 HRK/h
Skladištar	0-24h (3 smjene)	22 HRK/h
Tehnolog lijevanja	0-24h (3 smjene)	35 HRK/h
Tehnolog obrade	0-24h (3 smjene)	37 HRK/h
Tehnolog stroja	0-24h (3 smjene)	38 HRK/h
Viljuškar	0-24h (3 smjene)	22 HRK/h
Voditelj proizvodnje	0-24h (3 smjene)	60 HRK/h
<i>Kamion</i>	0-24h	45 HRK/h
<i>Peć</i>	0-24h	400 HRK/h
<i>Preša</i>	0-24h	520 HRK/h
<i>Stroj za doradu</i>	0-24h	12.50 HRK/h
<i>Viličar</i>	0-24h	23 HRK/h



Unutar slike 10 pronalazimo pregledni proces AS IS procesa proizvodnje aluminijskih dijelova izrađenima na temelju prije sakupljenih informacija u alatu Bizagi Modeler, čija je primarna namjera izrada modela poslovnih procesa te strukturiranja toka aktivnosti i pod-procesa unutar nekog općenitijeg procesa. (Bizagi, 2019.)

Radi potrebe ovog rada, fokusirati ćemo se na općenito djelovanje procesa, kao što je i prikazano u ranije dostupnom preglednom dijagramu procesa proizvodnje aluminijskih dijelova. Unutar dijagrama modela vidimo da tok započinje početnom aktivnosti primanja i da se onda tokom odvijanja procesa pojavljuje dešava kraj procesa u dva moguća scenarija: ukoliko poduzeće smatra da je situacija u kojoj su se pronašli nemoguća za izvesti s obzirom na trenutna sredstva raspoloživa u poduzeću, onda se jednostavno ukida proces i niti jedna daljnja radnja se ne izvršava.

Drugi slučaj prestanka rada se nalazi na samom kraju djelovanja. Pronalazimo situaciju u procesu gdje se svi dijelovi u masovnoj proizvodnji uspješno proizvedu onaj broj puta koji klijent zahtjeva, te se tek tada završava proces.

Osim toga imamo i čvorove odluka na lokacijama gdje se utvrđuje je li moguće ispuniti uvjete narudžbe klijenta, te je li testirani proizvod zadovoljio potrebe klijenta. Naravno, ove dvije specifične aktivnosti su ključne za daljnje izvršavanje. Ukoliko se desi slučaj da zahtjev nije valjan, što je tipično 25% svih primljenih zahtjeva u poduzeće. Neispravni testni dijelovi napravljeni u probnom proizvodnom ciklusu se pojavljuju u 10% slučajeva, što, ukoliko se uzastopno pojavljuju nepravilnosti, može značajno usporiti rad cjelokupnog procesa i stvoriti dodatne troškove.

Uz to, jedan od velikih kritičnih problema je manifestiranje velikog broja djelatnika koji vlastitim djelovanjem kontroliraju radnje unutar procesa. Viša odgovornost je podijeljena između nekolicine menadžera, a uz to se pojavljuje i problem nedostatka automatizacije u cjelokupnom sustavu, te uz to nedostatak bilo kakve računalne, mrežne, te analitičke potpore koje bi pomogle ubrzati proces.

Na temelju toga koristeći podatke definirane u prvoj i drugoj tablici možemo i izvesti kolike troškove određene aktivnosti izvode kroz vrijeme. Ukoliko uzmemo u obzir da je satni trošak valjajući za svakih sat vremena, sa iznimkom da nekoliko poslovnih resursa generiraju trošak.

## 4.2. TO BE model

Definiranjem temelja procesa možemo konstruirati naš potencijalni TO BE model koji nam služi kao demonstracija poboljšanog postojećeg modela poslovnog procesa. Iz prijašnjeg poglavlja, koje sadrži nama nužne definicije svih aspekata poslovnog procesa osim simulacije koja je izvedena, pronalazimo da je jako velika komponenta poslovanja zapravo neautomatizirana, te da se jako velik dio poslovnih resursa oslanja na ljudsku snagu i osnovnu mehanizaciju koja ju podupire. Uz to, aktivnosti orijentirane na donošenje ključnih odluka, na primjer odabir dobavljača, ne koriste nikakvi sustav poduprijet tehnologijom umjetne inteligencije, baze podataka, ili općenite računalne podrške. Isti problemi se pojavljuju i unutar cijelog proizvodnog procesa, gdje se ručno djelovanje iskorištava u velikim mjerama, te je najveći broj poslovnih resursa manifestiran u osoblju koje upravlja strojevima, unutar dnevnog radnog rasporeda podijeljenog u tri smjene.

Na temelju tih zapažanja, te znanja o automatizaciji sakupljenog i demonstriranog u poglavlju 3.1, odlučio sam sastaviti odrednice za modificiranje postojećeg AS IS modela na taj način da se determinira novi, poboljšani, automatizirani TO BE model koji bi unutar standardne operacije trebao generirati manje troškove u manje vremena, općenito poboljšavajući performanse poslovnog procesa. Te točke su:

- Uvođenje analitičkog sustava poduprtog umjetnom inteligencijom u postupak donošenja odluke o prihvaćanju ugovora. Implementacijom takvog sustava bi, prema poglavljima 3.1.1. i 3.1.6. smanjili trajanje upravljačko-analitičkih aktivnosti i odgovornosti djelatnika u rasponu približnom 50%.
- Implementacija direktnog nadzora i baze za nadzor glavne komponente proizvodne linije umrežavanjem strojeva u jednu centralnu upravljačku mrežu, ostvareno putem C5 tehnologije. Svrha služi za umanjenje vremena integracije. Dodat ostvareno putem C5 standardna.
- Robotska automatizacija većine strojeva. Centraliziranjem odgovornosti proizvodne linije u minimalni broj djelatnika, te zamjena prijašnjih odgovornosti sa jeftinijim robotima i sustavom automatskog proizvodnog toka (na primjer, tekuća vrpca) koji bi mogli raditi cjelodnevno, smanjila bi operativne troškove do približno 60%.
- Korištenje digitalnih blizanaca za potrebe ostvarivanja optimizacije tokom rada. Konfiguracijom digitalnih blizanaca korištenjem podataka iz pokusne proizvodnje omogućujemo da manifestiramo uštedu vremena u razini približnoj 30%. No, da bi to postigli, potrebno je dodati nove baze i računala za simulaciju.

Osim što možemo napraviti poboljšanja u modelu putem uvođenja nove tehnologije u model procesa, također je moguće dizajnirati poboljšanja i putem izravnog podešavanja modela poslovnog procesa koristeći tradicionalne metode redizajna koje možemo pronaći putem intuitivne analize procesa, te na temelju toga određena potencijalna poboljšanja.

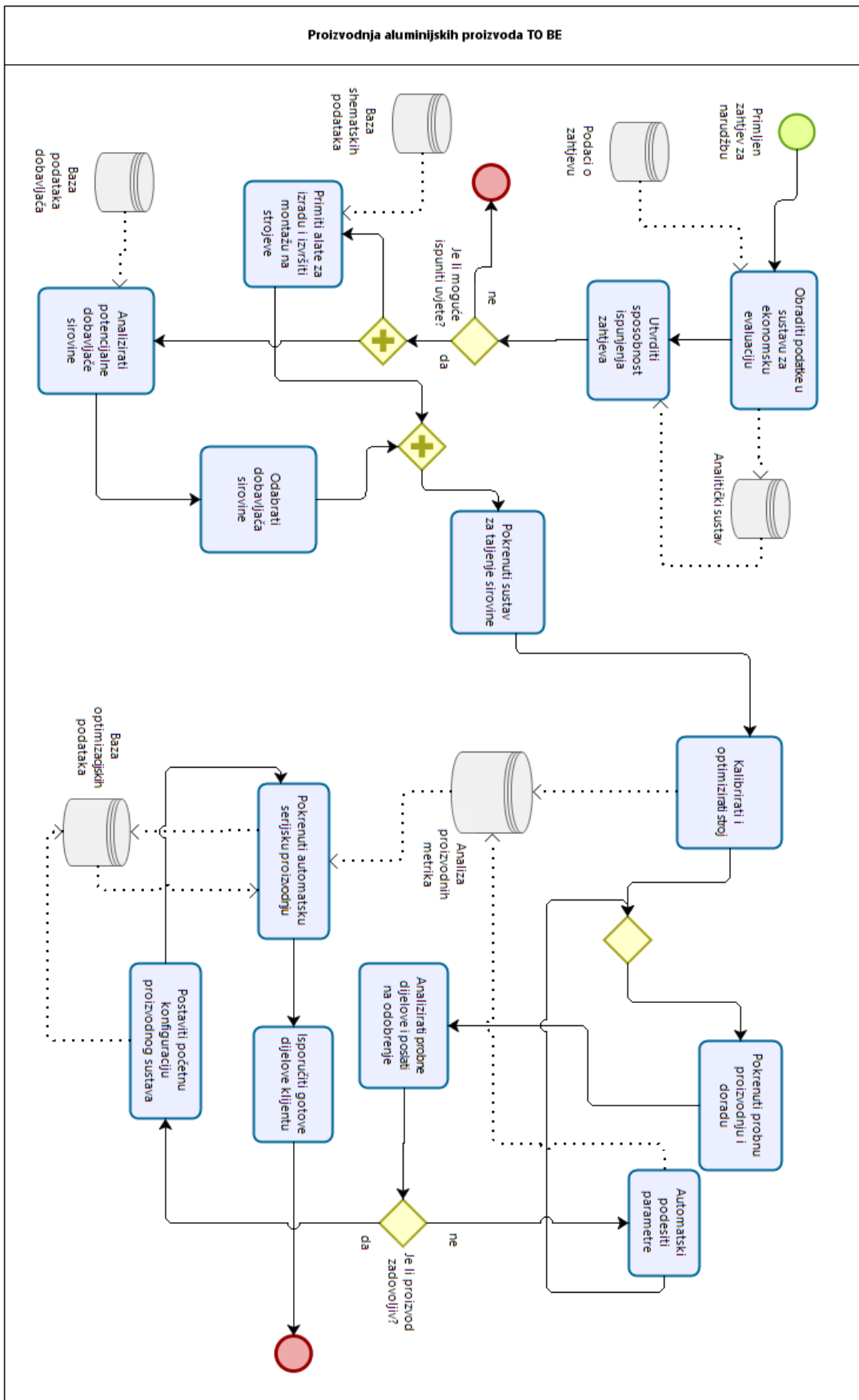
Od tih modifikacija poslovnog procesa, istaknuo bi par koji se očito vide:

- Kreiranje paralelnih tokova izvođenja aktivnosti unutar procesa. Nekolicina aktivnosti su navedene kao slijedne, premda jedna i druga ne sadrže odnose koji su nužno potrebni slijedno se izvoditi. Omogućivši paralelno izvođenje tih aktivnosti unutar procesa, ukupno vrijeme trajanja procesa se smanjuje, time omogućivši lakše ponavljanje procesa kroz više vanjskih zahtjeva.
- Razdvajanje ili kreiranje novih aktivnosti radi potrebe akomodacije nove tehnologije, ili radi optimiziranja postojećih aktivnosti unutar procesa. U nekim slučajevima nije moguće automatski

Pošto je taj novi proces samo poboljšanje postojećeg procesa, postoji poprilična sličnost koja se mora uzeti u obzir. No, čak i uzimajući obzir u činjenicu da je to samo modifikacija postojećeg AS IS procesa, opet samo iz površnog pregleda možemo uočiti razlike koje se lako vizualiziraju putem Notacije za modeliranje poslovnih procesa.

Na temelju ovih odrednica, konstruirani su temelji novog, TO BE procesa, demonstriran na sljedećoj stranici te dublje prikazan unutar tablice aktivnosti TO BE procesa, te tablice informacija o poslovnim resursima koji su korišteni unutar novog procesa.

Radi potrebe razumljivosti nekih odluka, bitno je deklarirati da neki dobiveni podaci za poslovne resurse moraju biti ekstrapolirani iz troškova realnih resursa. Na primjer, poslovni resurs „računalo“ ima satni trošak od samo 2 kune po satu. Robotska ruka, odnosno industrijski robot, za usporedbu, u prosjeku troši samo 36 kuna na sat. (Thayer, 2017.) Centralni poslužitelj koji bi nam obavljao dužnosti generiranja digitalnih blizanaca, praćenja analitike o trenutnoj proizvodnji, te služio kao generalna potpora cjelokupnom procesu, u čak najgorem slučaju – potpunom postavljanju poslužitelja na licu mjesta, generirao samo 13.5 kuna troškova svaki sat. (Boisvert, 2019.) Mrežni hardver korišten za uspostavu IOT sučelja te proizvodna linija su u svojoj svrsi izrazito učinkoviti; kao uređaji niskog zahtjeva, respektabilno generiraju 10 i 2 kune troškova svaki sat.



Slika 9. Pregled procesa Serijske proizvodnje aluminijskih proizvoda TO BE.

(Slika okrenuta na bok)

Tablica 3. Prikaz aktivnosti procesa serijske proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE.

<b>Proces: Serijska proizvodnja aluminijskih dijelova po narudžbi TO BE</b>			
<b>Aktivnost</b>	<b>Događaj</b>	<b>Prosječno trajanje</b>	<b>Izvršitelj i resursi</b>
	<b>Primljen je zahtjev za narudžbu</b>	-	-
	Obraditi podatke u sustavu za ekonomsku evaluaciju	30 minuta	Direktor, <i>Računalo, Centralni poslužitelj</i>
	Utvrditi sposobnost ispunjenja zahtjeva	30 minuta	Direktor, Tehnolog obrade, Tehnolog lijevanja
	Primiti alate za izradu i izvršiti montažu na strojeve	5 sati i 30 min.	Djelatnički tim alatnice, <i>Računalo</i>
	Analizirati potencijalne dobavljače sirovine	15 minuta	Voditelj nabave, <i>Računalo, Centralni poslužitelj</i>
	Odabrati dobavljača sirovine	30 minuta	Voditelj nabave
	Pokrenuti sustav za taljenje sirovine	10 sati	Voditelj proizvodnje, Operator proizvodne linije, <i>Viljuškar, Viličar, Peć, Računalo</i>
	Kalibrirati i optimizirati stroj radi ispunjenja tehnoloških zahtjeva	3 sata	Operator proizvodne linije, Tehnolog stroja, <i>Preša, Računalo</i>
	Pokrenuti probnu proizvodnju i doradu	2 sata	Operator proizvodne linije, Tehnolog stroja, Tehnolog obrade, <i>Peć, Preša, Stroj za doradu, Robot, Transportna linija, Računalo, Centralni poslužitelj, Mrežni hardver</i>
	Analizirati probne dijelove i poslati na odobrenje klijentu	45 minuta	Kontrolor, Skladištar, Voditelj komercijale, <i>Računalo</i>
	Postaviti početnu konfiguraciju proizvodnog sustava	4 sata	Voditelj proizvodnje, Operator proizvodne linije, <i>Računalo, Centralni poslužitelj, Mrežni hardver</i>
	Pokrenuti automatsku serijsku proizvodnju	4 dana (96 sati)	Operator proizvodne linije, <i>Viljuškar, Računalo, Centralni poslužitelj, Mrežni hardver, Peć, Preša, Robot, Transportna linija, Stroj za doradu, Viličar</i>
	Automatski podesiti parametre	30 minuta	Voditelj proizvodnje, Tehnolog obrade, <i>Preša, Stroj za doradu, Centralni poslužitelj, Računalo</i>
	Isporučiti gotove dijelove klijentu	3 sata	Skladištar, Voditelj komercijale, <i>Kamion</i>
	<b>Serijski proizvedeni dijelovi isporučeni klijentu</b>	-	-

Tablica 4. Poslovni resursi procesa serijske proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE.

<b>Naziv</b>	<b>Radno vrijeme</b>	<b>Troškovi po jedinici vremena</b>
Direktor	0-24h (1 smjenu)	82 HRK/h
Djelatnički tim alatnice	0-24h (3 smjene)	20 HRK/h
Kontrolor	0-24h (3 smjene)	23 HRK/h
Operator proizvodne linije	0-24h (3 smjene)	40 HRK/h
Voditelj komercijale	06:30h - 14:30h	31 HRK/h
Voditelj nabave	06:30h - 14:30h	30 HRK/h
Skladištar	0-24h (3 smjene)	22 HRK/h
Tehnolog lijevanja	0-24h (3 smjene)	35 HRK/h
Tehnolog obrade	0-24h (3 smjene)	37 HRK/h
Tehnolog stroja	0-24h (3 smjene)	38 HRK/h
Viljuškar	0-24h (3 smjene)	22 HRK/h
Voditelj proizvodnje	0-24h (3 smjene)	60 HRK/h
<i>Kamion</i>	0-24h	45 HRK/h
<i>Peć</i>	0-24h	400 HRK/h
<i>Preša</i>	0-24h	364 HRK/h
<i>Stroj za doradu</i>	0-24h	8.75 HRK/h
<i>Viličar</i>	0-24h	23 HRK/h
<i>Računalo</i>	0-24h	2 HRK/h
<i>Robot</i>	0-24h	27 HRK/h
<i>Transportna linija</i>	0-24h	10 HRK/h
<i>Mrežni hardver</i>	0-24h	2 HRK/h
<i>Centralni poslužitelj</i>	0-24h	13 HRK/h

## 5. Analiza utjecaja automatizacije

### 5.1. Parametri i izvedba simulacije

Alat Bizagi Modeler nam omogućava determiniranje više simulacijskih scenarija putem individualne konfiguracije i pokretanja scenarija. Temelj simulacije u Bizagi Modeleru se oslanja na korištenje principa „What-If“ analize, koja se zasniva na principu konfiguriranja individualnih parametara unutar modela poslovnog procesa, što nam omogućuje generiranje drugačijih mogućnosti koje će se desiti unutar simulacije.

Za nas je to idealno, pošto na temelju determiniranih poslovnih resursa te aktivnosti na raspolaganju imamo definirane troškove po satu, radno vrijeme definirano po smjenama, te individualno trajanje sati i vjerojatnosti aktivnosti. Kao rezultat činjenice da imamo te informacije, moguće je postaviti parametre za dva ključna scenarija: Simulacije AS IS modela, i simulacije TO BE modela, respektabilno.

Nakon potvrđivanja statusa simulacije putem validacijskog procesa, omogućuje nam se korištenje četiri koraka pripreme modela za simulaciju, a to su: Konačna validacija procesa (*Process Validation*), Vremenska Analiza (*Time Analysis*), Analiza Resursa (*Resource Analysis*), te Kalendarska Analiza (*Calendar Analysis*). Kao temelj se u početnom događaju mora deklarirati broj novih ulaza te njihov interval, ili distribucija dolazaka u proces. Kako poduzeće u standardnom stanju ima glavni proces koji minimalno traje oko 11 dana, odlučio sam se za 25 ulaza koji će dolaziti u intervalima od 7 dana (168 sati) u i odvijati u periodu od 365 dana, kao što je i postavljeno u općim postavkama dostupnima tokom namještanja simulacije.

Za potrebe simulacije AS IS modela, prvo smo podesili vrijednosti na vratima događaja provjere mogućnosti ispunjavanja uvjeta, te za zadovoljstvo proizvoda na prije zadate vjerojatnosti uspjeha od 75% i 90% za svaku od dvaju odluka. Tokom Vremenske analize, svaka aktivnost je dobila pred-konfigurirane tijekom trajanja procesa kao što je opisano u Tablici 1. Zatim su u trećem koraku unesene definicije općih troškova procesa, vrijeme kašnjenja pokretanja aktivnosti, te nama najvažnije, selekcija resursa i broja resursa potrebnih za izvođenje aktivnosti. Tim resursima se na kraju mogu dodati i rasporedi radnog vremena, koji se određuju putem kalendara i koji mogu imati svoj determinirani tijek trajanja i ciklus ponavljanja. Da bi pravilno uskladili naš ciklus, trebaju nam tri termina tijekom trajanja 8 sati, koji ciklički prikazuju smjenu i omogućuju prisutnost točno jednog resursa, osim za slučajeve onih

djelatnika koji su dostupni samo tokom određenih smjena. Tu je bitno uzeti u obzir poslovne resurse Voditelja komercijale i Voditelja nabave, koji su dostupni samo tokom prve smjene.

Resource	Quantity
<input type="checkbox"/> Kontrolor	
<input type="checkbox"/> Skladištar	
<input type="checkbox"/> Voditelj komercijale	
<input type="checkbox"/> Voditelj proizvodnje	
<input checked="" type="checkbox"/> Preša	1
<input checked="" type="checkbox"/> Peć	1
<input checked="" type="checkbox"/> Viličar	1
<input checked="" type="checkbox"/> Stroj za doradu	1

Slika 10. Prikaz konfiguracije parametara za individualnu aktivnost u procesu.

Isto tako je i ponovljeno za model poslovnog procesa TO BE instance našeg početnog procesa. Za njega možemo jednostavno generirati odvojeni scenarij, koji nam zatim služi za podešavanje konfiguracija određenih poslovnih resursa, individualne promjene troškova i trajanja aktivnosti, te općih parametara.

Naravno, bitno je navesti da pošto se dva različita procesa ipak znatno podudaraju jer je jedan utemeljen nad drugim, dovodimo se u situaciju gdje se površno samo malen broj vrijednosti stvari mijenja. U praksi, sa tim promjenama parametara unutar procesa TO BE, želimo

dokazati da se agresivno provođenje automatizacije zaista isplati implementirati u primjer nekog tipičnog hrvatskog industrijskog poduzeća.

Većina promjena se mogu vidjeti u prikazima aktivnosti preglednog procesa TO BE u tablici 3., te u prikazu novih odabranih poslovnih resursa, kao što je vidljivo u Tablici 4. Da bi osigurali valjanost tog procesa, nužno je isključiti prisutnost nekih poslovnih resursa i uključiti nove. Također je potrebno nekolicini poslovnih resursa smanjiti trošak po satu zbog implementacije nove automatizacijske tehnologije koju TO BE proces treba sadržavati. Time se određuju temelji funkcioniranja nove vizije procesa, za koju se nadamo da bude bolja od prošle.

Da bi to potvrdili, nužno je na temelju tih parametara izvesti simulaciju. Ukoliko su svi parametri pravilno postavljeni, i ukoliko je model uspješno potvrđen kao valjajući od strane aplikacije, možemo pokrenuti proces testiranja.



## 5.2. Prikaz i obrazloženje rezultata

Krajem simulacije došli smo do rezultata koji potvrđuju našu inicijalnu teoriju da je uvođenje agresivne automatizacije isplativo za poduzeće, čiji se detalji mogu bolje evidentirati u obziru na ovom poglavlju.

Tokom radnog ciklusa od 365 dana oba procesa su bila u stanju obraditi predodređenih 25 narudžbi. Zamijećeno je da se u poslovnom procesu manifestira veliko suženje aktivnosti u području pripreme i serijske proizvodnje, centriranih oko aktivnosti pokretanja sustava za taljenje, probne proizvodnje, te serijske proizvodnje, individualno velikih prosjeka vremenskog utroška. U njima se respektabilno manifestira vremenski utrošak veličine veće od četrnaest tisuća sati, uzimajući u obzir sve resurse koji sudjeluju u procesu. Ukupno sati rada utrošeno u obavljanje svih potrebnih procesa je determinirano kao 17488,67 sati.

Tablica 5. Prikaz vremenske analize procesa Proizvodnje aluminijskih dijelova AS IS.

Naziv	Tip	Broj Instanci	Min. utrošak vremena (h)	Max. utrošak vremena(h)	Prosjek (h)	Ukupno (h)
<b>Proizvodnja aluminijskih proizvoda AS IS</b>	Proces	25	3	1784,50	699,55	<b>17488,67</b>
<b>Primljen zahtjev za narudžbu</b>	Početak	25				
Utvrđiti sposobnost ispunjenja zahtjeva	Aktivnost	25	3,00	3,00	3,00	75,00
Primiti alate za izradu i izvršiti montažu na strojeve	Aktivnost	21	7,00	7,00	7,00	147,00
Nabaviti specifičnu sirovinu za proizvodnju	Aktivnost	21	2,00	2,00	2,00	42,00
Pokrenuti sustav za taljenje sirovine	Aktivnost	21	12	582,08	218,560	4589,75
Kalibrirati i optimizirati stroj	Aktivnost	21	6,58	486,58	89,060	1870,25
Pokrenuti serijsku proizvodnju	Aktivnost	21	240	718,58	357,349	7504,33
Pokrenuti probnu proizvodnju i doradu	Aktivnost	22	4	501,42	121,273	2668
Analizirati probne dijelove i poslati na odobrenje	Aktivnost	22	1	17	7,788	171,33
Isporučiti gotove dijelove klijentu	Aktivnost	21	3	19	8,591	180,42
Izvršiti naknadna podešavanja	Aktivnost	1	240,58	240,58	240,583	240,58

Kod slučaja TO BE simulacije, već se samo po ukupnom broju izvođenja vidi znatno smanjenje utroška vremena u izvršavanju procesa, čak iako se manifestira više slučajeva ponavljanja testne faze. Kako je potreba industrijskog procesa bila automatiziranje glavne aktivnosti unutar procesa, odnosno one koja pokreće serijsku proizvodnju, vidjeli smo masivno oslobodjenje uskog grla od proizvodnog procesa. Sam proces se smanjio u tijeku trajanja, a aktivnosti su oslobodile svoje resurse za još brže izvođenje aktivnosti, pošto su trajanja aktivnosti proizvodnje smanjena kao rezultat automatizacije, postignute korištenjem računala u procesima, centralnog poslužitelja za obradu podataka, te digitalne informacijsko-komunikacijske potpore i sustava za donošenje odluka u svim prikladnim situacijama. Time se postigao ukupni utrošak vremena od 3396,18 sati, gdje je 2208 sati serijska proizvodnja.

Tablica 6. Prikaz vremenske analize procesa Proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE.

Naziv	Tip	Broj Instanci	Min. utrošak vremena (h)	Max. utrošak vremena(h)	Prosjek (h)	Ukupno (h)
<b>Proizvodnja aluminijskih proizvoda TO BE</b>	Proces	25	1	160,00	130,79	<b>3396,18</b>
<b>Primljen zahtjev za narudžbu</b>	Početak	25				
Kalibrirati i optimizirati stroj	Aktivnost	23	3	3	3	69
Isporučiti gotove dijelove klijentu	Aktivnost	23	3	19	4,39	101
Automatski podesiti parametre	Aktivnost	2	0,50	0,50	0,50	1,00
Pokrenuti automatsku serijsku proizvodnju	Aktivnost	23	96	96	96	2208
Primiti alate za izradu i izvršiti montažu na strojeve	Aktivnost	23	5,50	5,50	5,50	126,50
Pokrenuti probnu proizvodnju i doradu	Aktivnost	25	2	2	2	50
Analizirati potencijalne dobavljače sirovine	Aktivnost	23	11,25	12,25	11,90	273,68
Analizirati probne dijelove i poslati na odobrenje	Aktivnost	25	0,75	9,00	8,34	208,50
Pokrenuti sustav za taljenje sirovine	Aktivnost	23	10	10	10	230
Utvrđiti sposobnost ispunjenja zahtjeva	Aktivnost	25	0,50	0,50	0,50	12,50
Obraditi podatke u sustavu za ekonomsku evaluaciju	Aktivnost	25	0,50	0,50	0,50	12,50
Odabrati dobavljača sirovine	Aktivnost	23	0,50	0,50	0,50	11,50
Postaviti početnu konfiguraciju proizvodnog sustava	Aktivnost	23	4	4	4	92

Isplativost automatizacije se najbolje vidi na prikazu individualnih troškova i postotka iskorištenosti naspram cijelog procesa, kao što je vidljivo u tablici 7. Promjenom prioriteta uloga te smanjenjem troškova putem integracija optimizacijskih rješenja proizvedenima novim automatiziranim hardverom, te eliminacije triju poslovnih resursa (npr. Operatori strojeva) dovodimo se u položaj gdje je postignuta ušteda od čak tri i pol milijuna kuna u procesu proizvodnje 25 naručenih zahtjeva.

Uzimajući u obzir činjenicu da se cjelokupni model procesa proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE izvodi u samo frakciji vremena standardnog AS IS modela procesa, lako je zamijetiti kako se postiže znatno smanjenja troškova u trendu jednakim sa smanjenjem vremena. Trošak djelovanja peći, te preše i stroja za obradu se znatno smanjuje bez obzira na to što je stvarna redukcija troška samo 30% u većini slučajeva, dok je za peć uzeta redukcija od 0% pod obrazloženjem da je energetska neučinkovitost grijanja metala toliko loša da dodatna optimizacija nije moguća.

Uz to, introdukcija automatizacije sama od sebe, premda je jako zastupljena u cjelokupnom proizvodnom procesu, ne ostvaruje bitno veći trošak od onog koji je nastao u AS IS procesu, prema usporedbi sa tablice. Udio djelovanja automatizacijske opreme je znatno više raspoređen između više aktivnosti procesa, te se kao rezultat njihovog povećanja učinkovitosti općenito manifestira situacija u kojoj je financijski trošak nastao iz automatiziranih resursa znatno manji. Na primjer, Operatori preše, stroja za doradu, i peći zajedno generiraju približno 360.000,00 kn troškova u AS IS modelu poslovnog procesa. Istovremeno, u TO BE modelu procesa, pronalazimo da sva informacijsko komunikacijska oprema, teška industrijska robotika, te automatizacijska sredstva, raspoređena po većini aktivnosti i sa samo frakcijom cijena djelatnika, isto tako generira svega oko 170.000,00 kn, odnosno 276.000,00 kn ukoliko uključimo trošak jedinog djelatnika procesa masovne proizvodnje. U tom isječku cjelokupnih resursa pronalazimo smanjenje troškova u rasponu od 25%.

Također, pošto se procesi smanjuju u trajanju putem automatizacije, troškovi netaknutih poslovnih resursa se također smanjuju u većini slučajeva, osim kod nekolicine slučajeva koji su zabilježili povećanje. Najbolji prikaz toga se vidi u promjeni troškova direktora, koji se smanjio za približno 66%, dok se kod Skladištara i Voditelja komercijale trošak povećao za približno 3%. No, to je ipak zanemarivo naspram ostvarenih ušteda. Nažalost, zbog ograničenosti ovog istraživanja, opseg troškova je fokusiran na isključivo operativne troškove, za koje smo zaključili da ostvaruju poprilično značajno smanjenje troškova. Ukoliko bi uključili jednokratne početne troškove nabave i ugrađivanja automatizacijske opreme u sustav proizvodnje, mogli bi zamijetiti smanjenje uštede, odnosno povećanje troškova u TO BE sustavu. No, čak i uzimajući to u obzir, važno je napomenuti da zbog dugoročne primjene automatizacije i snage ušteđivanja, i ti troškovi bi bili pokriveni unutar nekoliko godina rada.

Tablica 7. prikaz troškova i iskorištenosti resursa u oba dva modela procesa.

<b>Resurs</b>	<b>Iskorištenost AS IS</b>	<b>Trošak AS IS</b>	<b>Iskorištenost TO BE</b>	<b>Trošak TO BE</b>
Tehnolog obrade	0,87%	6.232,00 kn	0,72%	2.349,50 kn
Tehnolog lijevanja	0,86%	2.625,00 kn	0,14%	437,50 kn
Operator peći	61,42%	129.120,00 kn	0%	0,00 kn
Djelatnički tim alatnice	1,68%	2.940,00 kn	1,44%	2.530,00 kn
Tehnolog stroja	2,58%	8.597,50 kn	1,36%	4.522,00 kn
Operator stroja	58,54%	123.072,00 kn	0%	0,00 kn
Operator dorade	58,54%	128.200,00 kn	0%	0,00 kn
Viljuškar	60,41%	116.424,00 kn	27,83%	53.636,00 kn
Kontrolor	0,25%	506,00 kn	0,21%	431,25 kn
Skladištar	0,97%	1.870,00 kn	1,00%	1.930,50 kn
Voditelj komercijale	2,90%	2.635,00 kn	3,00%	2.720,25 kn
Voditelj proizvodnje	2,89%	15.180,00 kn	3,69%	19.380,00 kn
<i>Preša</i>	59,12%	2.693.210,00 kn	26,58%	847.392,00 kn
<i>Peć</i>	60,41%	2.116.800,00 kn	25,78%	903.200,00 kn
<i>Viličar</i>	60,41%	121.716,00 kn	27,83%	56.074,00 kn
<i>Stroj za doradu</i>	57,55%	63.012,50 kn	0,58%	446,25 kn
<i>Kamion</i>	0,72%	2.835,00 kn	0,79%	3.105,00 kn
Voditelj nabave	0,48%	1.260,00 kn	0,59%	517,50 kn
Direktor	0,86%	6.150,00 kn	0,29%	2.050,00 kn
<i>Računalo</i>	0%	0,00 kn	32,12%	5.627,00 kn
<i>Centralni poslužitelj</i>	0%	0,00 kn	27,05%	30.800,25 kn
<i>Robot</i>	0%	0,00 kn	25,78%	60.966,00 kn
<i>Transportna linija</i>	0%	0,00 kn	25,78%	22.580,00 kn
<i>Mrežni hardver</i>	0%	0,00 kn	26,83%	4.700,00 kn
Operator proizvodne linije	0%	0,00 kn	30,24%	105.960,00 kn
<b>Trošak razdoblja</b>		<b>5.542.385,00 kn</b>		<b>2.131.355,00 kn</b>
<b>Smanjenje troškova</b>		<b>3.411.030,00 kn</b>		

Naravno, ovi troškovi samo uzimaju u obzir perspektivu gdje se sa analize poslovanja uzima u obzir samo onaj trošak koji je nastao isključivo iz nekog novog operativnog djelovanja. No, po iskustvu, i po ranije pronađenim informacijama, znamo da to nije slučaj u stvarnosti. Zato je nužno uzeti u obzir informacije o temeljnim nabavnim troškovima novih poslovnih resursa povezanih sa automatizacijom te ih uračunati s obzirom na relativnu uštedu razdoblja.

Industrijski roboti su u ovom slučaju jako laki za odrediti u svojim cijenama. Poduzeće za integraciju robotike, Motion Controls Robotics (2019.), sastavlja vlastiti katalog industrijskih robota vanjskih proizvođača. Cijena robota se tipično temelji po kapacitetu; manji roboti koštaju oko 170.000,00 kn po jedinici, dok najveći koštaju čak pola milijuna američkih dolara. Za potrebe skale proizvodnje našeg modela, uzet ćemo robota srednjeg kapaciteta, odnosno robota vrijednosti 520.000,00 kn. Sustav transportne linije je za usporedbu daleko jeftiniji. Pošto bi mogli koristiti samo običnu tekuću vrpcu, što je otprilike 3.350,00 kn po metru tekuće vrpce. (Bastian Solutions, 2018.) Ukoliko pretpostavimo da nam je pogonska linija raširena na duljinu od 75 metara, što bi bilo realno za toliki broj strojeva, dobili bi trošak od 251.250,00 kn.

Računalo, Mrežni hardver, i Centralni poslužitelj kao resursi nisu skupi sa perspektive svoje materijalne vrijednosti. Kao temeljni trošak uredskog računala, možemo uzeti tržišni prosjek od 2.700,00 kn (Thompson, 2017.), no dodatni trošak softvera za upravljanje planiranjem i kontrolom materijalnih resursa može nositi visoku cijenu za godišnju licencu. Za ovaj primjer korišteno je softversko rješenje *Fishbowl Manufacturing*, dostupno proizvodnim poduzećima za 29.500 kn godišnje (Acabal, 2019.). Industrijski IoT uređaji čine temelj našeg Mrežnog hardvera; putem integracije bežičnih kontrolera povezanih na lokalnu mrežu industrijskog postrojenja omogućujemo izravni nadzor i pristup upravljanju strojeva. Klubnikin (2016.) u svojem članku gdje analizira razvoj rješenja za komercijalne svrhe dolazi do prosječnog troška razvoja minimalno održivog IoT proizvoda od \$50.000,00, odnosno 334.850,00 kn. Pošto je naš slučaj jedinstven poduzeću, taj trošak u praksi ne može biti zamijenjen jeftinijim rješenjem.

Pravi nositelj visokih troškova je zapravo Centralni poslužitelj. Ako uzmemo u obzir činjenicu da tražimo nama najprikladnije moguće rješenje za ovu demonstraciju, krajnji trošak nabave poslužitelja sa svim uračunatim obzirima dobivamo trošak od 147,250.00 kn (Macpherson, 2013.) potrošen na poslužitelja fizički prisutnog na lokaciji, što nužno ne mora biti najbolje rješenje. Na primjer, godišnji trošak najma poslužitelja putem *cloud* usluga je znatno jeftiniji. Dok je temeljni pristup podacima zanemarivog troška, trošak razvoja i integracije softvera za simuliranje digitalnih blizanaca može koštati u mjeri oko 335.000,00 kn (HTSC, 2018.). Ukoliko još uključimo i troškove *big data* aplikacija, neki tipični asistentski program za analitiku poput *Upsolver*-a bi koštao čak 220.000,00 kn (AWS Marketplace, 2019.). To nas dovodi na ukupnu cijenu centralnog poslužitelja od približno 702.250,00 kn.

Uzimajući u obzir sve troškove poslovnih resursa, pronalazimo ukupnu investiciju u automatizaciju u vrijednosti 1.840.550,00 kn, što možemo uključiti u operativni trošak. Oduzevši tu vrijednost od operativne uštede vrijednosti 3.441.030,00 kn prikazane u tablici 7, dobivamo realno smanjenje troškova nakon automatizacije u vrijednosti 1.570.480,00 kn. U kombinaciji sa troškovima automatizacije (2.131.355,00 kn) generira ukupni operativni trošak

od 3.701.835,00 kn, što povećava proporciju automatiziranih troškova na približno 66,79% neautomatiziranih troškova. Efektivno, trošak integriranja automatizacijskih sustava u poslovni proces je udvostručio troškove unutar razdoblja simulacije.

Tablica 8. Raspored nabavnih troškova novih poslovnih resursa

<b>Naziv poslovnog resursa</b>	<b>Cijena nabave</b>
Robot	520.000,00 kn
Transportna linija	251.250,00 kn
Računalo (sa MRP softverom)	32.200,00 kn
Centralni poslužitelj	702.250,00 kn
Mrežni hardver	334.850,00 kn
<b>Ukupni trošak nabave resursa</b>	<b>1.840.550,00 kn</b>
<b>Smanjenje troškova nakon obračuna nabave</b>	<b>1.570.480,00 kn</b>

Kod procjene troškova nije uračunat trošak organizacijske transformacije (nova sistematizacija radnih mjesta, organizacijski trošak prelaza na novi način rada, trošak obuke djelatnika za rad u novom sustavu, i tako dalje). Stoga je važno da se kod procjene isplativosti automatizacije treba troškovima pridodati i te troškove koji nisu izravno vezani uz implementaciju tehnoloških elemenata.

## 6. Zaključak

Automatizacija poslovnih procesa je neizbježan proces u modernoj globalnoj ekonomiji. Kroz poboljšanje tehnologije i pronalazaka novih metoda optimizacije poslovanja, nemoguće je ne uvoditi automatizaciju na neki način ukoliko želimo preživjeti velike promjene na tržištu. Čak bi se moglo i reći da su organizacije uvijek bile nastrojene uklanjanju ljudske uloge unutar procesa, što je i vidljivo kroz povijest, gdje se razvojem industrijskih strojeva prije nekoliko stotina godina eliminirao velik dio ručnog rada iz proizvodnje. Isto to se može i vidjeti u modernoj automatizaciji. Intenzivno mijenjanje ljudske uloge je postignuto visoko-tehnološkim rješenjima temeljenima na robotizaciji, umjetnoj inteligenciji, intenzivnim sakupljanjem i obradom masovnih količina podataka, računalno-poduprtim sustavima za donošenje poslovnih odluka, bežičnim upravljačkim sustavima, te uvođenja interneta stvari kao generalnog koncepta dizajna uređaja uključenih u bilo koji poslovni proces. Sve to se na neki način može obrazložiti kao posljedicom fokusa na optimizaciju, potragom za poboljšanje kvalitete izvođenja procesa, te ciljem smanjenja troškova. Automatizacija se zato vidi kao ključ rješenja brojnih problema u pitanju usavršavanja poslovanja.

No, to nije nužno istina. Unutar ovog istraživanja se lako vidi nedostatak zrelosti i praktične primjere automatizacijske tehnologije i tehnika usavršavanja informatičke tehnologije unutar stvarnih poduzeća; jako velik dio poduzeća još uvijek nije poduzeo ove mjere automatizacije, te se ne može automatski uzeti u obzir činjenica da se ovaj slučaj može ponoviti u više situacija. Kod nekih poduzeća, na primjer uslužnih, uvođenje automatizacije bi moglo značajno oslabiti kvalitetu usluge i generirati dodatne troškove. U vezi troškova, također je bitno navesti da dok se sa perspektive općenitih operativnih performansi vidi značajno poboljšanje poduzeća pod utjecajem automatizacije, isto ne dolazi u obzir oko općih troškova poduzeća. Razvoj, implementacija, i korištenje automatizacijske tehnologije zahtijevaju veliku količinu vremena, investicije, i istraživanja uloženog u samo pregledavanje poslovanja poduzeća. Uključujući i troškove nastale od nabavljanja opreme nužne za izvođenje automatizacije, vrlo lagano se može desiti slučaj u kojem neki loše promišljeni pokušaj automatiziranja zapravo stvori lošije radne uvjete od onih koji su bili prije prisutni. Uz to, u kontekstu Hrvatske, postoji i problem gdje velik dio plaća djelatnika ne mora nužno biti manji od operativnih troškova robota i računala, što zahtijeva efektivnije djelovanje od strane njih.

Svemu sudeći, u automatizaciji se nalazi mnoštvo potencijala. No, da bi ga zaista iskoristili do najbolje mogućnosti, ne možemo samo slijepo krenuti u izvođenje djelatnika. Kao i svaki proces transformacije poduzeća, nužno je uzeti u obzir sve moguće situacije koje mogu nastati iz automatiziranja, te pažljivo primijeniti tu tehnologiju da ne bi iznenada narušili proces.

## 7. Popis literature

- [1] Acemoglu D., Restrepo P., 2018., „*Artificial Intelligence, Automation and Work*“, preuzeto 7. kolovoza 2019. s  
<https://pdfs.semanticscholar.org/40bd/3a2d31cdd6feba7a83d1bf3ab7c5a2991d95.pdf>
- [2] Pfeiffer S., 2016., „*Robots, Industry 4.0 and Humans, or Why Assembly Work is More Than Routine Work*“, preuzeto 28. lipnja 2019. s <https://www.mdpi.com/2075-4698/6/2/16/htm>
- [3] Kolberg D., Zuhlke D., 2015., „*Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies*“, preuzeto 28. lipnja 2019. s  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315005984>
- [4] Vorne Inc., 2011., „*Introduction to lean manufacturing*“, preuzeto 29. lipnja 2019. s  
<https://www.leanproduction.com/>
- [5] Achuthan N., 2019., „*The Complete Guide to Business Process Automation*“, preuzeto 25. srpnja 2019. s <https://kissflow.com/bpm/business-process-automation/reasons-why-you-automate-your-business-process/>
- [6] Kokemuller N., 2019., „*The Differences in Front End & Back End Office Automation*“, preuzeto 30. srpnja 2019. s <https://smallbusiness.chron.com/differences-front-end-back-end-office-automation-70078.html>
- [7] Dollarhide M., 2019., „*Front Office*“, preuzeto 30. srpnja 2019. s  
<https://www.investopedia.com/terms/f/frontoffice.asp>
- [8] Spacey J., 2019., „*9 Examples of Front Office*“, preuzeto 30. srpnja 2019. s  
<https://simplicable.com/new/front-office>
- [9] Quain S., 2018. „*Front Office Skills vs. Back Office Skills*“, preuzeto 31. srpnja 2019. s  
<https://smallbusiness.chron.com/front-office-skills-vs-back-office-skills-32629.html>
- [10] Allabout Finance Careers, Autor Nepoznat, 2016., „*Front Office, Middle Office, and Back Office Explained*“, preuzeto 31. srpnja 2019. s  
<https://www.allaboutfinancecareers.co.uk/industry/investment-banking/front-office-middle-office-and-back-office-explained>
- [11] Bhowmik A., 2017., „*5 Technology Trends Driving The Hospitality Industry*“, preuzeto 31. srpnja 2019. s <https://chatbotsmagazine.com/5-technology-trends-driving-the-hospitality-industry-c206ab2751f2>
- [12] Knight A., 2011., „*Technology: Editing before computers*“, preuzeto 6. kolovoza 2019. s <https://alanknight.wordpress.com/2011/05/30/technology-half-a-century-of-sydney-journalism/>



- [13] Kellaway L., , 2013., „*How the computer changed the office forever*“, preuzeto 7. kolovoza 2019. s <https://www.bbc.com/news/magazine-23509153>
- [14] VIAR, autor nepoznat, 2018., „A few real-world examples of Industry 4.0“, preuzeto 7. kolovoza 2019. s <https://medium.com/@viarbox/a-few-real-world-examples-of-industry-4-0-8e2de4f4f23e>
- [15] Lee i sur., 2014., „*A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems*“, preuzeto 7. kolovoza 2019. s [https://www.researchgate.net/profile/Jay\\_Lee10/publication/269709304\\_A\\_Cyber-Physical\\_Systems\\_architecture\\_for\\_Industry\\_40-based\\_manufacturing\\_systems/links/59e4f5670f7e9b0e1aa8805f/A-Cyber-Physical-Systems-architecture-for-Industry-40-based-manufacturing-systems.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jay_Lee10/publication/269709304_A_Cyber-Physical_Systems_architecture_for_Industry_40-based_manufacturing_systems/links/59e4f5670f7e9b0e1aa8805f/A-Cyber-Physical-Systems-architecture-for-Industry-40-based-manufacturing-systems.pdf)
- [16] Gorinevsky D., 2005., „*Modeling, Simulation, and Systems Engineering*“, preuzeto 9. kolovoza 2019. s [https://web.stanford.edu/class/archive/ee/ee392m/ee392m.1056/Lecture9\\_ModelSim.pdf](https://web.stanford.edu/class/archive/ee/ee392m/ee392m.1056/Lecture9_ModelSim.pdf)
- [17] Ahmadzai i sur., 2018., „*A Review of CPS 5 Components Architecture for Manufacturing Based on Standards*“, preuzeto 7. kolovoza 2019. s [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01679977/file/SKIMA2017\\_paper\\_43\\_SOUMIS2.pdf](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01679977/file/SKIMA2017_paper_43_SOUMIS2.pdf)
- [18] Uhlemann T. H.-J. i sur., 2017., „*The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0*“, preuzeto 9. kolovoza 2019. s <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116313129>
- [19] Tao F. i sur. 2017., „*Digital twin-driven product design, manufacturing, and service with big data*“, preuzeto 10. kolovoza 2019. s <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-0233-1>
- [20] Ponza A., 2018., „*Digital Twins: Enabling next-gen manufacturing*“, preuzeto 11. kolovoza 2019. s <https://www.digitalistmag.com/iot/2018/11/14/digital-twins-enabling-next-gen-manufacturing-06193361>
- [21] Boulton C., 2018., „*What is RPA? A revolution in business process automation*“, preuzeto 12. kolovoza 2019. s <https://www.cio.com/article/3236451/what-is-rpa-robotic-process-automation-explained.html>
- [22] Boulton C., 2016., „*Why bots are poised to disrupt the enterprise*“, preuzeto 12. kolovoza 2019. s <https://www.cio.com/article/3124638/why-bots-are-poised-to-disrupt-the-enterprise.html>
- [23] van der Aalst W. i sur., 2018., „*Robotic process automation*“, preuzeto 12. kolovoza 2019. s <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-018-0542-4>
- [24] Autor nepoznat, Worksoft, 2019., „*Examples of Robotic Process Automation*“, preuzeto 13. kolovoza 2019. s <https://www.worksoft.com/examples-of-robotic-process-automation/>

- [25] Burke R. i sur., 2017., „*The smart factory*“, preuzeto 14. kolovoza 2019. s  
<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>
- [26] Lucke D. i sur., 2008., „*Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*“, stranica 115 do 118, preuzeto 15. kolovoza 2019. s  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84800-267-8\\_23](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84800-267-8_23)
- [27] Kusiak A., 2017., „*Smart manufacturing*“, preuzeto 15. kolovoza 2019. s  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1351644>
- [28] Cheok J., 2017., „*HP unveils S\$100m campus, home to its first advanced manufacturing centre*“, preuzeto 16. kolovoza 2019. s  
<https://www.businesstimes.com.sg/technology/hp-unveils-s100m-campus-home-to-its-first-advanced-manufacturing-centre>
- [29] O'Leary, D.E., 1998., „*Using AI in Knowledge Management: Knowledge Bases and Ontologies*“, preuzeto 16. kolovoza 2019. s  
[https://www.researchgate.net/profile/Daniel\\_OLeary2/publication/3420397\\_Using\\_AI\\_in\\_knowledge\\_management\\_Knowledge\\_bases\\_and\\_ontologies/links/0deec5183e88a5daa6000000/Using-AI-in-knowledge-management-Knowledge-bases-and-ontologies.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Daniel_OLeary2/publication/3420397_Using_AI_in_knowledge_management_Knowledge_bases_and_ontologies/links/0deec5183e88a5daa6000000/Using-AI-in-knowledge-management-Knowledge-bases-and-ontologies.pdf)
- [30] Suss T., 2018., „*How Is Artificial Intelligence Changing Knowledge Management?*“, preuzeto 18. kolovoza 2019. s <https://www.unika.ai/2018/09/04/how-is-artificial-intelligence-changing-knowledge-management/>
- [31] Rhem A.J., 2017. a, „*The Connection between Artificial Intelligence and Knowledge Management*“, preuzeto 18. kolovoza 2019. s  
<https://www.kminstitute.org/blog/connection-between-artificial-intelligence-and-knowledge-management>
- [32] Rhem A.J., 2017. b, „*The Connection between Artificial Intelligence and Knowledge Management – Part 2*“, preuzeto 18. kolovoza 2019. s  
<https://www.kminstitute.org/blog/connection-between-artificial-intelligence-and-knowledge-management>
- [33] Becker J., Rosemann M., von Uthmann C., 2000., „*Guidelines of Business Process Modeling*“, preuzeto 19. kolovoza 2019. s  
<http://liacs.leidenuniv.nl/~stefanovtp/courses/StudentenSeminarium/Papers/RE/GBPM.pdf>
- [34] Object Management Group, 2011., „*Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0*“, preuzeto 19. kolovoza 2019. s <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>
- [35] Alvir B., Cerovski L, Protrka A., 2017., „*Serijska proizvodnja aluminijskih dijelova po narudžbi – ALMOS d.o.o*“ str. 1-35

- [36] Pribanic E., 2018., „*Impact of Automation on the Future of Business*“, preuzeto 21. kolovoza 2019. s <https://www.techfunnel.com/information-technology/impact-of-automation-on-the-future-of-business/>
- [37] Howells R., 2018., „*The Digital Twin Effect*“, preuzeto 21. kolovoza 2019. s <https://www.forbes.com/sites/sap/2018/06/22/the-digital-twin-effect-four-ways-it-can-revitalize-your-business/>
- [38] Rosin T., 2018., „*How robotic process automation can unleash higher employee productivity*“, preuzeto 22. kolovoza 2019. s <https://blog.walkme.com/robotic-process-automation/>
- [39] Lhuer X., 2016., „*The next acronym you need to know about: RPA*“, preuzeto 22. kolovoza 2019. s <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-next-acronym-you-need-to-know-about-rpa>
- [40] Deloitte Touche Tohumatsu Ltd., 2017., „*The Robots are ready. Are you?*“, preuzeto 22. kolovoza 2019. s <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/strategy-operations/articles/the-robots-are-ready.html>
- [41] Bizagi, 2019. „*Bizagi Modeler*“, preuzeto 23. kolovoza 2019. s <https://www.bizagi.com/en/products/bpm-suite/modeler>
- [42] Thayer K., 2017., „*What is the real cost of an industrial robot arm?*“, preuzeto 2. rujna 2019. s <https://insights.globalspec.com/article/4788/what-is-the-real-cost-of-an-industrial-robot-arm>
- [43] Boisvert G., 2019., „*Total cost of server ownership*“, preuzeto 2. rujna 2019. s <https://www.sherweb.com/blog/cloud-server/total-cost-of-ownership-of-servers-iaas-vs-on-premise/>
- [44] Motion Control Robotics, 2019., „*Range of Robot Cost*“, preuzeto 9. rujna 2019. s <https://motioncontrolsrobotics.com/range-robot-cost/>
- [45] Bastian Solutions, 2018., „*Project Planning: How Much Does Conveyor Cost?*“, preuzeto 9. rujna 2019. s <https://www.bastiansolutions.com/project-planning-how-much-does-conveyor-cost/>
- [46] Thompson E., 2017., „*How Much Should a Business Computer Cost?*“, preuzeto 9. rujna 2019. s <https://www.business.org/finance/cost-management/much-computer-cost/>
- [47] Acabal A., 2019., „*Fishbowl User Reviews*“, preuzeto 9. rujna 2019. s <https://fitsmallbusiness.com/fishbowl-user-reviews-pricing/>
- [48] Klubnikin A., 2016., „*Internet of Things: How Much Does it Cost to Build IoT Solutions?*“, preuzeto 9. rujna 2019. s <https://r-stylelab.com/company/blog/iot/internet-of-things-how-much-does-it-cost-to-build-iot-solution>

- [49] Macpherson S., 2013., „*Cloud server vs. Office Server, which costs more?*“, preuzeto 10. rujna 2019. s <https://digitalfirst.com/cloud-server-vs-office-server-which-costs-more/>
- [50] HTSC, 2018., „*What is the value of a Digital Twin?*“, preuzeto 10. rujna 2019. s <https://hightechsoftwarecluster.nl/paper/what-is-a-digital-twin-and-what-value-does-it-deliver/>
- [51] AWS Marketplace, 2019., „*Upsolver*“, preuzeto 10. rujna 2019. s <https://aws.amazon.com/marketplace/pp/Upsolver-Inc-Upsolver/B07KGDT4ZG>

## 8. Popis slika

Slika 1. Manifestiranje automatizacije u uredskom poslovanju.....	4
Slika 2. Automatizacija prednjih ureda u ugostiteljstvu. ....	6
Slika 3. Novinarska publikacija prije uvođenja računala.....	7
Slika 4. Aspekti CPS-a unutar sklopa CPS 5C arhitekture.....	10
Slika 5. Slučajevi korištenja digitalnih blizanaca .....	13
Slika 6. Pozicioniranje implementacije RPA u slučajevima korištenja. ....	15
Slika 7. Koncept pametne proizvodnje.....	17
Slika 8. Pregled procesa Serijske proizvodnje aluminijskih dijelova po narudžbi AS IS.....	24
Slika 9. Pregled procesa Serijske proizvodnje aluminijskih proizvoda TO BE. ....	30
Slika 10. Prikaz konfiguracije parametara za individualnu aktivnost u procesu. ....	34

## 9. Popis tablica

Tablica 1. Prikaz aktivnosti serijske proizvodnje aluminijskih dijelova AS IS. ....	25
Tablica 2. Prikaz postojećih poslovnih resursa u procesu. ....	26
Tablica 3. Prikaz aktivnosti procesa serijske proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE. ....	31
Tablica 4. Poslovni resursi procesa serijske proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE. ....	32
Tablica 5. Prikaz vremenske analize procesa Proizvodnje aluminijskih dijelova AS IS. ....	35
Tablica 6. Prikaz vremenske analize procesa Proizvodnje aluminijskih dijelova TO BE. ....	36
Tablica 7. prikaz troškova i iskorištenosti resursa u oba dva modela procesa. ....	38
Tablica 8. Raspored nabavnih troškova novih poslovnih resursa. ....	40