

Implementacija tehnologije industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima

Tokić, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:725714>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Matej Tokić

IMPLEMENTACIJA TEHNOLOGIJE INDUSTRIJE 4.0 U
UPRAVLJANJU TRANSPORTNIM LANCIMA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2024.

Zagreb, 14. svibnja 2021.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6088

Pristupnik: **Matej Tokić (0135241551)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Optimizacija logističkih operacija automatizacijom**

Opis zadatka:

Logistički sustavi nerijetko nisu optimirani, te je potrebno organizirati procese kako bi tekli transparentno i u najkraćem mogućem vremenu. U radu će se istaknuti mogućnosti optimizacije automatizacijom pojedinih procesa. Automatizacija će biti prikazana na primjeru logističke tvrtke na tržištu. Istaknuti će se prednosti i nedostaci navedenoga. Također će se osvrnuti na troškove i kvalitetu procesa nakon automatizacije.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

doc. dr. sc. Ivona Bajor

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**IMPLEMENTACIJA TEHNOLOGIJE INDUSTRIJE 4.0 U
UPRAVLJANJU TRANSPORTNIM LANCIMA**

**Implementation Of Industry 4.0 Technology In The Management
Of Transport Chains**

Mentor: doc. dr. sc. Ivona Bajor

Student: Matej Tokić

JMBAG: 0135241551

Zagreb, kolovoz 2024.

ZAHVALE

Zahvaljujem se svojoj obitelji, djevojci i prijateljima za potporu tijekom mojeg studiranja. Posebno se zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Ivona Bajor na strpljenju, razumijevanju i pomoći tijekom pisanja ovog rada. Također želio bih se zahvaliti svim djelatnicima Fakulteta prometnih znanosti koji su mi pomogli tijekom mojeg perioda studiranja.

Sažetak

Para je pokrenula izvornu industrijsku revoluciju; električna energija pokretala je drugu industrijsku revoluciju; preliminarna automatizacija i strojevi pokrenuli su Treću industrijsku revoluciju; a kiberfizički sustavi ili inteligentna računala oblikovali su Četvrtu industrijsku revoluciju. Današnje doba neraskidivih veza između fizičkih i digitalnih komponenti zahtijeva velike količine informacija i podataka za generiranje adekvatnih odluka i postizanje učinkovitijih sustava upravljanja. Period Četvrtre industrijske revolucije poznata kao industrija 4.0 prvenstveno ističe digitalnu tehnologiju usmjerenu na integraciju s Internetom stvari (IoT), pristup velikim količinama korisničkih podataka (big data) u stvarnom vremenu te uvođenje cyber-fizičkih sustava. Industrija 4.0 usmjerena je na stvaranje rješenja koja omogućuju digitalizaciju i automatizaciju procesa, Stoga rješenja industrije 4.0 imaju značajne mogućnosti i koristi za primjenu u transportu i logistici s ciljem osiguravanja kvalitetne opskrbe lančanog procesa, te povećanja konkurentnosti na tržištu eliminacijom troškova. U današnjem globaliziranom svijetu sektor logistike ima ključnu ulogu u osiguravanju učinkovitog i pouzdanog opskrbnog lanca, što je temeljni preduvjet konkurentnosti i uspjeha tvrtki. U tom kontekstu, pojava industrije 4.0, sa svojim fokusom na napredne tehnologije kao što su umjetna inteligencija (AI), strojno učenje (ML), IoT, blockchain i druge, mijenja način upravljanja i rada u logističkom i transportnom okruženju.

Ključne riječi: *industrija 4.0; transportni lanci; Internet stvari; big data; blockchain; umjetna inteligencija*

Abstract

Steam started the original industrial revolution; electricity started the second industrial revolution; preliminary automation and machines started the Third Industrial Revolution; and cyberphysical systems or intelligent computers shaped the Fourth Industrial Revolution. Today's era of inextricable links between physical and digital components requires large amounts of information and data to generate adequate decisions and achieve more efficient management systems. The era of the Fourth Industrial Revolution, known as Industry 4.0, primarily emphasizes digital technology focused on integration with the Internet of Things (IoT), access to large amounts of user data (big data) in real time, and the introduction of cyber-physical systems. Industry 4.0 is focused on creating solutions that enable digitization and automation of processes, therefore Industry 4.0 solutions have significant possibilities and benefits for application in transport and logistics with the aim of ensuring quality supply of the chain process, and increasing competitiveness on the market by eliminating costs. In today's globalized world, the logistics sector plays a key role in ensuring an efficient and reliable supply chain, which is a fundamental prerequisite for the competitiveness and success of companies. In this context, the emergence of Industry 4.0, with its focus on advanced technologies such as artificial intelligence (AI), machine learning (ML), IoT, blockchain and others, is changing the way of management and work in the logistics and transport environment.

Keywords: *industry 4.0; transport chains; Internet of Things; large amounts of data; blockchain; artificial intelligence*

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	TEHNOLOGIJA 4.0 U LOGISTIČKIM PROCESIMA.....	2
2.1	Transportni lanci	2
2.2	Pametni transportni lanci.....	6
2.3	Industrija 4.0.....	8
2.4	Industrija 4.0 u logistici.....	11
2.4.1	Logistika 4.0.....	11
2.4.2	Internet stvari (IoT) u logistici	12
2.4.3	Umjetna inteligencija (AI) i strojno učenje (ML) u logistici	15
2.4.4	Blockchain tehnologija u logistici.....	16
2.4.5	Big data analitika u logistici.....	20
3.	ANALIZA LOGISTIČKOG SUSTAVA SA MOGUĆNOSTI PRIMJENE INDUSTRIJE 4.0	23
3.1	Analiza tržišta industrije 4.0 u Republici Hrvatskoj	27
3.2	Analiza za implementaciju industrije 4.0.....	30
3.3	Primjer za analizu implementaciju jedne tehnologije industrije 4.0	34
4.	PRIMJENA TEHNOLOGIJE 4.0 U LOGISTIČKOM OKRUŽENJU	38
4.1	Implementacija tehnologije industrije 4.0.....	44
4.2	Uvjeti za implementaciju industrije 4.0	46
4.3	Primjena i implementacija IoT-a u logističkim procesima	49
4.3.1	Primjena IoT-a u logističkim procesima	49
4.3.2	Procesni dijagram implementacije IoT-a u logističkim procesima.....	51
4.3.3	Praktični primjer implementacije IoT-a u logističkim procesima.....	52
4.4	Primjena i implementacija AI i ML u logističkim procesima	57
4.4.1	Primjena AI i ML u logističkim procesima.....	57
4.4.2	Procesni dijagram implementacije AI i ML u logističkim procesima	61

4.4.3 Praktični primjer implementacije AI i ML u logističkim procesima	62
4.5 Primjena i implementacija blockchaina u logističkim procesima	67
4.5.1 Primjena blockchaina u logističkim procesima.....	67
4.5.2 Procesni dijagram implementacije blockchaina u logističkim procesima.....	69
4.5.3 Praktični primjer implementacije blockchaina u logističkim procesima	70
4.6 Primjena i implementacija big data analitike u logističkim procesima.....	72
4.6.1 Primjena big data analitike u logističkim procesima	72
4.6.2 Procesni dijagram implementacije big data u logističkim procesima	73
4.6.3 Praktični primjer implementacije big data u logističkim procesima.....	74
4.7 Ostali praktični primjeri implementacije industrije 4.0 u logističkim procesima	75
6. ZAKLJUČAK	83
LITERATURA	85
POPIS SLIKA	94
POPIS TABELA	94
POPIS KRATICA	94

1. UVOD

Ovaj diplomski rad usredotočen je na analizu i prijedlog implementacije tehnologije industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima, s posebnim osvrtom na područje Hrvatske i Europske unije. Cilj rada je predočiti trenutno stanje odnosno trenutni napredak industrije 4.0 s naglaskom na transportne lance, uz to prikazati najznačajnije tehnologije industrije 4.0 i istražiti kako navedene tehnologije mogu optimizirati logističke procese, poboljšati efikasnost i smanjiti troškove, što bi trebalo rezultirati većom konkurentnošću na tržištu.

Rad je podijeljen na pet poglavlja. U drugom poglavlju rada detaljno je obrađen koncept industrije 4.0 i transportnih lanaca. Prikazano je kako napredne tehnologije poput umjetne inteligencije, Internet stvari i blockchaina transformiraju tradicionalne logistički procesi, nudeći nove mogućnosti za automatizaciju, praćenje i upravljanje.

U trećem poglavlju analizirano je trenutno stanje logističkog sektora u Hrvatskoj i Europskoj uniji te identificirani ključni izazovi i potencijalne koristi koje bi donijela implementacija industrije 4.0. Prikazani su uvjeti i primjer implementacije jedne od tehnologija industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima.

Četvrto poglavlje bit posvećeno je detaljnoj analizi tehnologija industrije 4.0 s mogućnostima primjene u transportnim lancima. Kroz ovo poglavlje istražuje se specifični aspekti logističkih procesa koji bi mogli imati najveću korist od integracije naprednih tehnologija. U sklopu ovog poglavlja rada također je predložena konkretna implementacija tehnologije industrije 4.0 u logističkom okruženju, uzimajući u obzir specifičnosti tržišta Hrvatske i Europske unije. Fokus je na primjeni tehnologije industrije 4.0 u logističkom okruženju, s naglaskom na specifične primjere i studije slučaja iz prakse.

Zaključno, ovaj rad ima za cilj ne samo teorijsko razmatranje već i praktičnu primjenu naprednih tehnologija u logističkom sektoru. Kroz sustavnu analizu i konkretne primjere, cilj je doprinijeti razumijevanju potencijala industrije 4.0 za transformaciju logistike u Hrvatskoj i Europi, kao i pružiti smjernice za poduzeća koja žele biti predvodnici u ovom dinamičnom i inovativnom području.

2. TEHNOLOGIJA 4.0 U LOGISTIČKIM PROCESIMA

2.1 Transportni lanci

„Logistika se definira kao upravljanje tokovima robe i sirovina, procesima izrade završenih proizvoda i pridruženim informacijama od točke izvora do točke krajnje uporabe u skladu s potrebama kupca. U širem smislu logistika uključuje povrat i raspolaganje otpadnim tvarima." ¹

Logistika je temeljni dio upravljanja opskrbnim lancem. Realizacija planiranih rezultata skladišta ovisi o mnogim vrijednostima među kojima se ističe kvaliteta, sposobnosti i mogućnosti ljudskih resursa. S ciljem što uspješnijih rezultata, rukovoditelji nastoje što opreznije angažirati svoje djelatnike te uz detaljnu edukaciju i motivaciju svojih djelatnika postižu veću efikasnost. Primjerice, trenutno aktualan način motiviranja djelatnika jest kroz davanje dodatnih stimulacija na plaći, odnosno, što je veći broj obavljenih procesa u radnom vremenu, veće su i stimulacije. ²

Uz osiguravanje što boljih ljudskih resursa na tržištu, jedno od glavnih ciljeva svakog logističko distributivnog centra jest smanjenje vremena potrebno za izvršavanje svih logističkih procesa. S tim ciljem postiže se povećanje efikasnosti resursa i općenito kvaliteta logističke usluge pojedinog logističko distributivnog centra. Stoga je važno da svaki logistički proces bude optimiziran i doradivan s ciljem što boljih rezultata koji, s druge strane, mogu olakšati i unaprijediti rad svih ljudskih resursa u sustavu. Logističkim procesom smatra se trenutak ulaska robe u skladište poslano od strane dobavljača ili proizvođača, pa sve do trenutka kada ista bude dostavljena kupcu ili drugom krajnjem korisniku. ³

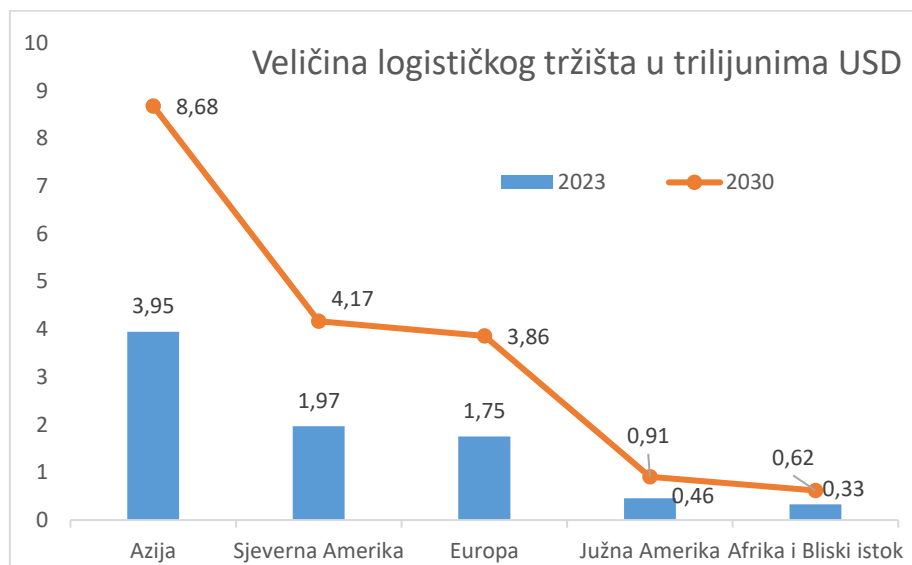
Logistički proces distribucije odnosi se na sve procese od preuzimanja pošiljke do dostave iste. Osnovni izazov je prijem, kontrola i dostava pošiljke onakve kakva je preuzeta. Dio je mikrologistike kojoj je glavni cilj ukrcaj pošiljke u tovarni prostor dostavnog vozila, preventivno osiguranje pošiljke, transportiranje pošiljke do odredišta u odgovarajućoj kvaliteti

¹ Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2006). Warehouse & distribution science. The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. /

² Zekić, Z. (2001). Logistički model dinamičke optimizacije poslovanja poduzeća. *Ekonomski pregled*, 52(3–4), 393–417.

³ Richards, G. (2017). Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse (3rd edition). Kogan Page.

proizvoda, u dogovorenim rokovima i na dogovorenim lokacijama tako da bude ekonomično i isplativo. ⁴ Na slici 1. je prikazan predviđen rast tržišta logistike do kraja desetljeća koji je kumulirao do 18 trilijuna dolara. ⁵



Slika 1. Veličina logističkog tržišta u trilijunima USD

Izvor: *Are these 5 trends disrupting or driving logistics growth?* (2024, svibanj 24). *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2024/05/logistics-growth-trends/>

Transportni lanci, predstavljaju sustav organiziranih aktivnosti i procesa koji omogućuju kretanje i skladištenje proizvoda od mjesta proizvodnje do krajnjeg korisnika. Ovi lanci uključuju različite faze kao što su nabava sirovina, proizvodnja, skladištenje, distribucija i isporuka. Efikasno upravljanje transportnim lancima ključno je za optimizaciju troškova, poboljšanje kvalitete usluge i povećanje konkurentnosti na tržištu. Transportni lanac može se definirati kao integrirani i kronološki posložen skup svih transportnih, prekrajnih i skladišnih procesa kroz koje prolazi paleta kao jedinica tereta, od formiranja kod pošiljatelja do rastavljanja kod krajnjeg primatelja. ⁶ Elementi transportnih lanaca su:

- 1) Nabava: Nabava obuhvaća identifikaciju i dobavu potrebnih sirovina i komponenata od dobavljača. Ključni aspekti uključuju odabir dobavljača, pregovaranje o uvjetima i upravljanje zalihama.

⁴ Babić D, Stanković R, Bajor I. (2020). Špediterski poslovi u logističkoj djelatnosti. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.

⁵ *Are these 5 trends disrupting or driving logistics growth?* (2024, svibanj 24). *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2024/05/logistics-growth-trends/>

⁶ Cakić, A. B. (2010). Clarification of a term transport chain. *Vojnotehnički glasnik*, 58(1), 113–128. <https://doi.org/10.5937/vojtehg1001113C>

- 2) **Proizvodnja:** Proizvodnja se odnosi na pretvorbu sirovina u gotove proizvode. Ovaj proces može uključivati različite faze obrade, montaže i kontrole kvalitete.
- 3) **Skladištenje:** Skladištenje uključuje upravljanje zalihama proizvoda unutar skladišnih objekata. To obuhvaća prijem, skladištenje, rukovanje i otpremu proizvoda.
- 4) **Distribucija:** Distribucija se odnosi na transport proizvoda od skladišta do krajnjih korisnika ili maloprodajnih mjesta. Ovdje su uključeni različiti modaliteti prijevoza kao što su cestovni, željeznički, morski i zračni transport.
- 5) **Isporuka:** Isporuka predstavlja posljednju fazu u kojoj se proizvodi dostavljaju krajnjim korisnicima. Efikasna isporuka ključno je za zadovoljstvo kupaca i lojalnost.⁷

Transportni proces se može odvijati u sklopu različitih grana prometa, gdje je svaka karakteristična po prijevoznom putu, prijevoznim sredstvima i prijevoznom procesu. Stoga, prema granama prometa, transportni proces se može podijeliti na: kopneni, zračni, vodni, cjevovodni. Kopneni se opet dalje dijeli na cestovni i željeznički, dok se vodni dijeli na pomorski i riječni.⁸ U tabeli 1. prikazane su sve grane transportnih lanaca:

<u>Ekonomske karakteristike</u>	<u>Cestovni</u>	<u>Željeznički</u>	<u>Zračni</u>	<u>Vodni</u>
<u>Troškovi</u>	Srednji	Niski	Visoki	Niski
<u>Tržišna pokrivenost</u>	Od točke do točke	Od terminala do terminala	Od terminala do terminala	Od terminala do terminala
<u>Stupanj konkurencije</u>	Visoki	Nizak	Srednji	Nizak
<u>Duljina prijevoza</u>	Kraća prema dužem	Srednja prema dužem	Srednja prema dužem	Srednja prema dužem
<u>Kapacitet (t)</u>	10 - 25	50 - 12.000	5 - 125	1.000 - 60.000

Tabela 1. Ekonomska usporedba po vrstama

Izvor: *Upravljanje transportnim lancima – Nastavni materijali. Portal sustava Merlin. Preuzeto srpanj 2024., od <https://moodle.srce.hr/>*

⁷ Stažnik, A., Babić, D., & Bajor, I. (2017). Identification and analysis of risks in transport chains. *Journal of Applied Engineering Science*, 15(1), 61–70. <https://doi.org/10.5937/jaes15-12179>

⁸ Petar, S., Bajor, I., & Radulović, S. (2011). Technology Transfer and Logistics-distribution Centres. *Promet - Traffic&Transportation*, 23(1).

Sam proces transporta sastoji se od tri osnovne faze: prva faza je utovar koja uključuje određivanje mjesta utovara, pripremu prijevoznog sredstva, pripremu i sortiranje tereta i popratne dokumentacije. Druga faza transporta uključuje kretanje prijevoznog sredstva od mjesta utovara do mjesta istovara. Zadnja faza istovara, koja odnosi se na prijenos robe ili tereta do određene lokacije, te podnošenje dokumentacije.

Transport se može podijeliti prema osnovnim transportnim tehnologijama: konvencionalni transport, kombinirani transport, integralni transport, multimodalni transport. U konvencionalnom transportu predmet se prevozi samo jednim prijevoznim sredstvom koristeći samo jednu vrstu prijevoza. Kod kombiniranog, kao što i sama riječ govori, za prijevoz robe koriste se najmanje dva prijevozna sredstva, uz dvije različite prometne grane u uzastopnom vremenu. Integralni transport je karakterističan po tome što se predmet prevozi zajedno sa transportnom jedinicom, kao što su palete ili kontejneri i slično, ali se prije toga sve svodi na konsolidaciju predmeta. Multimodalni se odnosi na prijevoz robe između najmanje dvije zemlje, s dva različita prijevozna sredstva s najmanje dvije različite prometne grane.⁹

Osnovna svrha i cilj implementacije industrije 4.0 u transportnim lancima je unaprijediti i ubrzati sve procese distribucije kojima se tvrtka bavi, ujedno i unaprijediti komunikaciju između sudionika. Upravljanje transportnim lancima ključno je za održavanje konkurentnosti i uspjeha u globalnoj ekonomiji. Integracija naprednih tehnologija, optimizacija procesa i učinkovita koordinacija između različitih sudionika unutar lanca opskrbe mogu značajno poboljšati performanse i smanjiti troškove. Unatoč izazovima, primjena inovativnih rješenja i tehnologija omogućuje tvrtkama da ostanu fleksibilne i prilagodljive promjenama na tržištu.¹⁰

U kontekstu industrije 4.0, transportni lanci mogu se digitalno transformirati kako bi se postigla veća učinkovitost, transparentnost i prilagodljivost u procesima opskrbe. Ova paradigma integrira različite tehnologije za postizanje veće učinkovitosti, transparentnosti i prilagodljivosti u procesima opskrbe. Primjena Industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima može uključivati optimizaciju logistike i opskrbnih lanaca. Povezani opskrbni lanac može se prilagođavati kako mu se prezentiraju nove informacije, kao i transportni lanac. Digitalna transformacija transportnih lanaca uključuje korištenje ključnih tehnologija industrije 4.0 kao što su blockchain, Umjetna inteligencija (eng. Artificial intelligence - AI), Internet

⁹ Petar, S., Bajor, I., & Radulović, S. (2011). Technology Transfer and Logistics-distribution Centres. *Promet - Traffic&Transportation*, 23(1), Article 1

¹⁰ Ibid.

stvari (eng. Internet of things - IoT), analitiku big data, i slično kako bi se poboljšala učinkovitost i transparentnost opskrbnih lanaca.¹¹

2.2 Pametni transportni lanci

Transport 4.0 definiran je kao sve autonomniji transport jer se snažno temelji na automatizaciji i digitalizaciji, a istovremeno je usmjeren na postupno smanjenje negativnog utjecaja na okoliš, proces kretanja uz sve popratne aktivnosti odvija se u umreženo okruženje. U današnjem svijetu koji sve više ovisi o sigurnom, ekonomičnom i ekološki prihvatljivom prijevozu, tvrtke se moraju suočiti s brojnim novim izazovima povezanim s tehnološkim napretkom. Prema rezultatima PwC-ove ankete “21st CEO Survey”, predstavljenoj u izvješću “Transport of the Future” (PwC), čak 68 % izvršnih direktora globalnih transportnih i logističkih kompanija očekuje promjene u ključnim tehnologijama pružanja usluga prodoran utjecaj na njihovo poslovanje.¹²

Inovativne tehnologije neophodne su za poboljšanje učinkovitosti i profitabilnosti aktivnosti koje provode poduzeća. Primjer je konvoj kamiona, odnosno integrirani konvoji kamiona koji slijede jedan za drugim na udaljenosti kraćoj od one koja je moguća u nekontroliranim automatskim uvjetima (cca. 10 m u usporedbi s 50 m za ručno upravljanje). Koncept se temelji na komunikaciji vozilo-vozilo, a svako vozilo u konvoju opremljeno je naprednim sustavima pomoći u vožnji i tehnologijama povezivanja. Integrirani konvoji pridonijet će smanjenju potrošnje goriva, a samim time i smanjenju negativnog utjecaja ljudske aktivnosti na klimatske promjene, odnosno smanjenju emisije CO₂. Također su namijenjeni povećanju razine sigurnosti, eliminirajući rizik od ljudske pogreške.¹³

Trenutno korištena tehnologija pretpostavlja da svako vozilo ima vozača koji je odgovoran za upravljanje i, ako je potrebno, korigiranje brzine automobila, ali kako se sustav bude razvijao, vozač će biti neophodan samo u vodećem vozilu. Kao što predviđa Europska udruga proizvođača automobila, ACEA, u EU bi trebalo biti moguće da se kamioni mogu kretati

¹¹ Hočurščak, D. (2022). Digitalna transformacija lanaca opskrbe na primjeru blockchain tehnologije [Info:eu-repo/semantics/masterThesis, University North]. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:112136>

¹² Gašiorek, K. (2022). Key competences for Transport 4.0 – Educators’ and Practitioners’ opinions. *Open Engineering*, 12(1), 51–61.

¹³ Ibid.

bez vozača od 2027. To bi moglo doprinijeti smanjenju operativnih troškova prijevoznčkih poduzeća za čak 45 %.¹⁴

Digitalizacija također ima ogroman potencijal za povećanje učinkovitosti usluga koje pružaju tvrtke i smanjenje troškova. Prvo područje digitalizacije prometa je informatizacija transportnih tvrtki i automatizacija procesa. Digitalizacija se uglavnom očituje u sustavima upravljanja transportom, upravljanju odnosima s klijentima i sustavima za planiranje resursa poduzeća koji omogućuju automatizaciju administrativnih procesa. Robotska automatizacija procesa također je tehnologija koja dobiva na značaju, to je napredna softverska tehnologija koja se koristi za automatizaciju aktivnosti koje se ponavljaju, na primjer, priprema transportne dokumentacije. Među predstavnicima globalnih transportnih i logističkih tvrtki, čak 78 % planira poduzeti radnje za automatizaciju zadataka i pozicija kako bi se osigurala učinkovita realizacija ciljeva tvrtke.¹⁵

Drugo područje digitalizacije prometa je platformizacija prodaje usluga prijevoza. Primjeri za to mogu se naći i među taksi i prijevozničkim uslugama, kao i među uslugama prijevoza tereta, kao što su online burze tereta, koje stvaraju platforme za kratke i velike udaljenosti u stvarnom vremenu. Fenomen vezan uz platformizaciju je ekonomija dijeljenja, pretpostavlja dijeljenje specifičnih resursa, a ne samo platformizaciju kupnje usluga. Rješenja stvorena na njihovoj osnovi mogu riješiti problem neiskorištenog teretnog prostora koji predstavlja veliki problem transportne industrije. Studija koju su proveli Frost i Sullivan pokazuje da jedan od četiri kamiona na cestama u Sjedinjenim Državama i Europi vozi prazan, a među natovarenim kamionima obično je tek nešto više od 50 % natovarenih.¹⁶

Na temelju digitalizacije moguće je implementirati naprednija digitalna rješenja, kao što su, primjerice, inteligentni transportni sustavi (eng. Intelligent transport systems - ITS), blockchain i slična rješenja. ITS će omogućiti prijevoznicima da bolje upravljaju svojim voznim parkom i teretom na daljinu. Rješenje će podržati tvrtke u prikupljanju i izvješćivanju informacija o prometu vozila, pa čak i u zaštiti vozila od neovlaštene uporabe kartice za gorivo. Međutim, softverska rješenja temeljena na blockchainu omogućit će transportnoj industriji da locira, identificira proizvod i omogući reviziju privatnosti. Tehnologija će olakšati praćenje

¹⁴ Gašiorek, K. (2022). Key competences for Transport 4.0 – Educators’ and Practitioners’ opinions. *Open Engineering*, 12(1), 51–61.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Ibid.

pošiljki, izradu dokumentacije i registraciju plaćanja. Omogućit će učinkovitije praćenje temperature u stvarnom vremenu s bilo kojeg mjesta. Svjetska zdravstvena organizacija izvijestila je da se svake godine u svijetu ošteti do 50 % cjepiva, a jedan od navedenih razloga su neadekvatni uvjeti prijevoza i temperaturne oscilacije tijekom prijevoza.¹⁷

Još jedna tehnologija koju će koristiti poduzetnici koji pružaju usluge cestovnog prijevoza je AI. Rješenja temeljena na AI omogućit će, među ostalim, bolje upravljanje flotom i protokom putnika/robe te bolje planiranje aktivnosti. Aplikacije stvorene korištenjem AI pomoći će odabrati najbolje kombinacije vozila s narudžbama, razmotriti dostupna vozila i rute, procijeniti vrijednost i odbiti manje isplative narudžbe, kao i podržati vozače, primjerice, upravljanjem radnim vremenom.¹⁸

2.3 Industrija 4.0

Počeci koncepta Industrije 4.0 povezuju se s visokotehnološkim strateškim planom njemačke vlade koji je predstavljen 2006. No 2011. godine, na sajmu u Hannoveru najavljeno je službeni početak nove četvrte industrijske revolucije koja je temeljena na razvoju globalne industrije kroz automatizaciju proizvodnje suvremenim (kibernetičko-fizičkim) proizvodnim sredstvima. Za razliku od načina na koji su ostvarene prve tri industrijske revolucije (napredak kroz tehnološke napretke), industrija 4.0 oslanja se na napredak u načinima korištenja dostupnih informacija. S obzirom na to da se uz njega ne veže niti jedan konkretan događaj, kao npr. razvoj parnog stroja, postoje rasprave je li riječ o revoluciji ili evoluciji, odnosno trendu usavršavanja i modernizacije postojećih procesa 3. industrijske revolucije.¹⁹

Definicija Industrije 4.0 predložena 2011. bila je prilično dugačka. U radu pod naslovom „Industrija 4.0 – Pametna proizvodnja za budućnost“, GTAI (Njemačka trgovina i ulaganje) bavio se pitanjima što je pametna industrija (sinonim za industriju 4.0) i što znači industrija 4.0. Izvadak definicije glasi: "Pametna industrija ili "Industrie 4.0" odnosi se na tehnološku evoluciju od ugrađenih sustava do cyber-fizičkih sustava. Industrija 4.0 predstavlja nadolazeću četvrtu industrijsku revoluciju na putu prema IoT, podataka i usluga. Decentralizirana

¹⁷ Gašiorek, K. (2022). Key competences for Transport 4.0 – Educators' and Practitioners' opinions. *Open Engineering*, 12(1), 51–61.

¹⁸ Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239–242.

¹⁹ Topčić, A. (2020). Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0

inteligencija pomaže stvoriti inteligentno umrežavanje objekata i neovisno upravljanje procesima, s interakcijom stvarnog i virtualnog svijeta koji predstavlja ključni novi aspekt procesa proizvodnje i proizvodnje”.²⁰

Općenito, industrija 4.0 obuhvaća razvoj i integraciju inovativnih informacijskih i komunikacijskih tehnologija u industriji, s ciljem poticanja inteligentnog umrežavanja procesa kako proizvodnih tako i poslovnih, te proizvoda ili usluge duž cijelog lanca. Drugim riječima, ona predstavlja spoj digitalnog i fizičkog svijeta, pri čemu se u digitalnom svijetu proizvod razvija, oblikuje, optimizira i sl., a u fizičkom svijetu dizajnira, razvija i nastaje, odnosno proizvodi. Industrija 4.0 stvorila je veliki pomak u načinu na koji su poslovni procesi zamišljeni i implementirani. Ova revolucija nije samo prelazak na nove tehnologije, već je sveobuhvatna transformacija poslovnih procesa koja obuhvaća sve od osnovnih procesa do strateškog planiranja.²¹

Prva industrijska revolucija trajala je u periodu 1760-1840, nastaje uvođenjem mehaničke proizvodnje, koja je koristila vodenu i parnu energiju, zamijenivši tako ručnu proizvodnju. Glavni pokretač ove promjene bila je parna snaga, koja je omogućila masovnu proizvodnju i transformirala različite industrije. Parni strojevi omogućili su razvoj željeznica, što je drastično smanjilo vrijeme i troškove transporta robe i sirovina. Prije željeznica, prijevoz je bio spor i ograničen na konjske zaprege i plovne rijeke. Parni brodovi zamijenili su jedrenjake, omogućujući brži i pouzdaniji transport preko oceana, a to je otvorilo nove globalne trgovinske rute i smanjilo vrijeme isporuke. S povećanjem proizvodnje, pojavila se potreba za većim i učinkovitijim skladištima. Prva industrijska revolucija donijela je i prve pokušaje standardizacije logističkih procesa kako bi se olakšalo skladištenje i distribucija proizvoda.²²

Druga industrijska revolucija trajala je u periodu 1870-1914, nastaje razvojem masovne proizvodnje i sastavnih traka, s električnom energijom kao dominantnim izvorom energije. Ovaj period je također obilježen razvojem željezničkih i telegrafskih mreža, što je omogućilo bolju komunikaciju i distribuciju. Izum benzinskog motora doveo je do masovne proizvodnje automobila i kamiona, što je revolucioniralo kopneni transport. Fordova pokretna traka učinila

²⁰ Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. I-SCOOP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

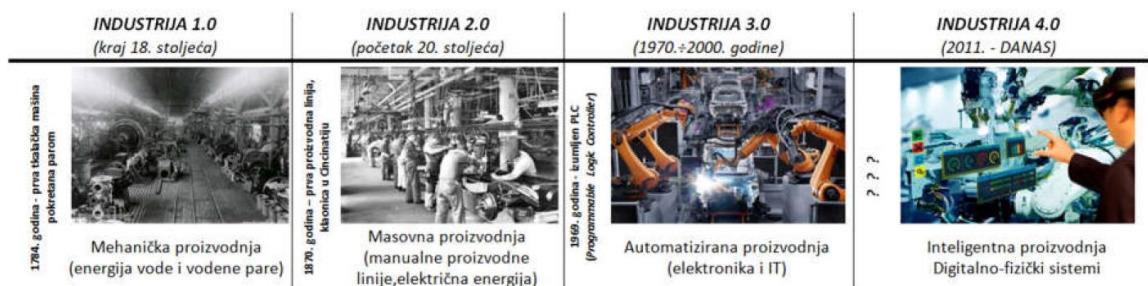
²¹ Topčić, A. (2020). Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0

²² Crafts, N. F. R. (1985). *British Economic Growth During the Industrial Revolution*. Clarendon Press.

je automobile pristupačnijima. Telegraf i telefon omogućili su bržu komunikaciju, što je značajno poboljšalo koordinaciju logističkih procesa i planiranje transportnih lanaca.²³

Treća industrijska revolucija trajala je u periodu 1969-2000, nastaje proizvodnje računala i automatizacije. Računala i softverska rješenja omogućila su praćenje i upravljanje transportnim lancima u stvarnom vremenu. ERP sustavi (Enterprise Resource Planning) integrirali su različite funkcije unutar tvrtke. Ovaj period je bio revolucionaran zahvaljujući dodavanju potpuno nove tehnologije. Razvoj interneta doveo je do pojave prodajnih web platformi, što je stvorilo potrebu za brzim i pouzdanim dostavnim uslugama, uključujući nove modele poput just-in-time isporuka. Uvođenje automatiziranih skladišta i robotskih sustava za rukovanje teretom značajno je povećalo učinkovitost i smanjilo troškove rada.²⁴

Četvrta industrijska revolucija, ili industrija 4.0, temelji se na digitalizaciji proizvodnih procesa i njenom sveobuhvatnom povezivanju. To znači da se sve faze proizvodnje, od dizajna do krajnjeg proizvoda, obavljaju digitalno i integriraju u cjelovit sustav. Procesu su povezani do te mjere da mogu komunicirati i koordinirati svoje aktivnosti bez ljudske intervencije.²⁵



Slika 2. Vizualni prikaz industrijskih revolucija

Izvor: Topčić, A. (2020). *Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0*

Na slici 2. vizualno su prikazane sve 4 industrijske revolucije. Povijest kao i prva iskustva s industrijom 4.0 ukazuju na povećanje broja radnih mjesta, uz vidljivu promjenu strukture zaposlenih kao i zahtjeva za novim specifičnim znanjima. U konačnici, za očekivati

²³ Jr, A. D. C. (1993). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press.

²⁴ Ibid.

²⁵ Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution (Illustrated edition)*. Crown Currency.

je povećanje broja poslova, s tim da će se dio tima morati prekvalificirati, prilagoditi i zamijeniti oblik poslova, odnosno stvorit će se neka sasvim nova zanimanja koja danas niti ne postoje.²⁶

2.4 Industrija 4.0 u logistici

Industrija 4.0 optimizira informatizaciju industrije 3.0. Sada, i u budućnosti kako se industrija 4.0 razvija, računala su povezana i međusobno komuniciraju kako bi u konačnici donosila odluke bez ljudskog angažmana. Tehnologija 4.0 u transportnim procesima, predstavlja novi oblik organizacije i kontrole transportnih lanaca u životnom ciklusu proizvoda. Najznačajnije tehnologije industrije 4.0 su:

- 1) Internet stvari (IoT)
- 2) Umjetne inteligencije (AI) i strojnog učenja (ML)
- 3) Blockchain tehnologija
- 4) Big data i analitika.²⁷

2.4.1 Logistika 4.0

Logistika kao multidisciplinarna znanost, predstavlja plodno tlo za prihvaćanje i daljnji razvoj postojećih suvremenih tehnologija, ali i pokretač i inkubator novih tehnologija koje bi lako mogle nadići okvire logistike i postati dijelom obitelji rješenja industrije 4.0. Logistika 4.0 koristi različite tehnologije za poboljšanje učinkovitosti logističkih sustava i procesa. Primjena ovih tehnologija u logističkim sustavima i procesima ima za cilj postizanje veće učinkovitosti, stvaranju pametnijeg i otpornijeg logističkog lanca koji može brzo reagirati na promjene i smanjiti troškove, dok istovremeno povećava transparentnost i pouzdanost. Ove tehnologije već koriste u mnogim tvrtkama diljem svijeta, no logistika 4.0 bit će u potpunosti implementirana tek za nekoliko godina. Logistika 4.0 donosi brojne prednosti, uključujući integraciju fizičkog i virtualnog svijeta, veću fleksibilnost opskrbnog lanca, unapređenje svih performansi u lancu, povećanu brzinu realizacije pojedinih procesa.²⁸

²⁶ Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Illustrated edition). Crown Currency.

²⁷ Ibid.

²⁸ Ibid.

Prošli su dani kada se upravljanje logistikom i transportnim lancem smatralo mrežom funkcija koje su radile na pretvorbi sirovina i isporuci gotovog proizvoda krajnjem korisniku ili kupcu. Opseg modernog transportnog lanca narastao je izvan konvencionalnih granica i svakim je danom zatrpan novim izazovima koji teže poboljšanju poslovne konkurentnosti i rasta. Cijeli opskrbeni lanac isprepleten je brojnim unutarnjim i vanjskim čimbenicima koji vrše ogroman pritisak na svakodnevno funkcioniranje poduzeća. Na primjer, više od 70 % sudionika ankete iz 17 zemalja koje su bile dio istraživanja lanca opskrbe Geodis 2017. odgovorilo je da je njihov lanac opskrbe ili 'vrlo' ili 'iznimno' složen, a postizanje proširene vidljivosti jedan je od glavne ciljeve za učinkovito upravljanje, što lijepo sažima složenost uključenu u upravljanje opskrbnim lancem i potrebu za digitalnim tehnologijama. Vidljivost i transparentnost proširenog opskrbnog lanca mogu se kategorizirati u šest glavnih dijelova. To su vidljivost u upravljanju nabavom i zalihama, procesima, financijama logistike, kontroli kvalitete, prodaji i korisničkoj službi.²⁹

Međutim, vjeruje se da će u nadolazećim godinama različite tehnologije Industrije 4.0 djelovati kao glavna pokretačka snaga u upravljanju opskrbnim lancem, poput planiranja opskrbe, logistike, upravljanja transportnim lancem, upravljanja narudžbama, odnosa s dionicima i strateškog opskrbnog lanca. Oni mogu pružiti višesmjernu komunikaciju kroz mrežu transportnog lanca i unijeti transformaciju u uslugu, troškove, kapital i agilnost u tradicionalni transportni lanac. Iako postoje brojne napredne digitalne, računalne i mrežne tehnologije razvijene u posljednjem desetljeću koje mogu donijeti transformaciju i pomoći u suočavanju sa suvremenim izazovima transportnog lanca, najviše se vodi računa o navedenim najpopularnijim tehnologijama.³⁰

2.4.2 Internet stvari (IoT) u logistici

Ključnu ulogu u okviru industrije 4.0 igra upravo IoT, odnosno industrijski IoT sa svojim brojnim IoT komponentama skupa, od IoT platformi do različitih IoT pristupnika, uređaja i još mnogo toga. IoT je koncept koji omogućava povezivanje i komunikaciju između različitih uređaja i sistema putem interneta, IoT povezuje milijune predmeta iz svakodnevnog života, kao i domove, automobile, gradove, tvrtke i sve druge stvari i institucije opremljene

²⁹ Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>

³⁰ Ibid.

senzorima, procesorima i komunikacijskim uređajima kako bi mogli razmjenjivati vrijedne podatke putem interneta i reagirati ako je potrebno. Malo po malo, mnogi svakodnevni predmeti koji nas okružuju imat će internetsku vezu: termostati, hladnjaci i automobili, ti artikli moći će pružiti ogromnu količinu podataka, pružajući svojim proizvođačima vrijedne informacije o njihovoj uporabi, problemima potrošača, itd. To će tvrtkama omogućiti da uče o navikama potrošača, pa čak i predviđaju njihove zahtjeve, nudeći prilagođene, prediktivne i personalizirane proizvode i usluge, a to će značiti i promjenu u procesu donošenja odluka unutar tvrtke, kao i znatno promijeniti navike potrošača.³¹

Zahvaljujući IoT-u, brendovi mogu znati koji su problemi njihovih potrošača u isto vrijeme kada i potrošači, ili čak i prije. Činjenica koja ne samo da će omogućiti stvaranje personaliziranih i predvidljivijih proizvoda i usluga, već će promijeniti i poslovne procese i strukturu rada: mnoga će radna mjesta nestati, a druga će se otvoriti zbog potrebe za stručnjacima.³²

Funkcija modernog transportnog lanca bombardirana je bezbrojnim izazovima zbog različitih razloga, kao što je prisutnost na više zemljopisnih lokacija, što je čini osjetljivom na regionalna pitanja, zahtjeve kupaca koji se stalno mijenjaju, prilagodbu proizvoda, konkurentnost cijena, povećanje proizvoda složenosti, prilagodbe promjenjivom tehnološkom napretku, fluktuacijama u socioekonomskim i političkim čimbenicima i prirodnim katastrofama. U posljednjih nekoliko godina, tehnologije poput IoT videne su kao ključni pokretač za učinkovito i fleksibilno upravljanje opskrbnim lancem i podržavaju pametne transportne lance i implementaciju industrije 4.0, što u konačnici stvara sustav međusobno povezanih strojeva, alata za AI ili ljudi. Dok je cilj industrije 4.0 transformirati industrijsku proizvodnju na sljedeću razinu, cilj se može u potpunosti ostvariti tek kada se povežu s opskrbnim lancem, logistikom i transportnim lancem, te postanu vođeni podacima i potpuno digitalizirani.³³

Radiofrekvencijska identifikacijska oznaka (eng. *Radio frequency identification* - RFID) koja se prethodno koristila za čitanje, identifikaciju i praćenje proizvoda smatra se pretečom IoT tehnologije, zato što može pružiti neviđenu razinu vidljivosti opskrbnog lanca

³¹Getting the most out of Industry 4.0 | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-40-looking-beyond-the-initial-hype>

³² Industry 4.0 overview. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.deloitte.com/global/en/our-thinking/insights/topics/digital-transformation/industry-4-0/overview.html>

³³ Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>

povezivanjem i stvaranjem mreže "stvari" (fizičkih objekata) koji su dio opskrbnog lanca. Drugim riječima, integrira fizičke objekte s digitalnim svijetom kroz razne napredne senzorske, mrežne i računalne tehnologije, to omogućuje fizičkim objektima da međusobno komuniciraju putem "interneta" (iz toga dolazi naziv Internet stvari), a prikupljeni podaci u stvarnom vremenu mogu se koristiti za prediktivnu i preventivnu analizu različitih slučajeva u opskrbnom lancu koje zahtijevaju trenutne radnje koje zauzvrat poboljšavaju učinkovitost opskrbnog lanca. Također omogućuje daljinsko upravljanje procesima opskrbnog lanca, poboljšanu koordinaciju između partnera i pruža točne podatke za učinkovito donošenje odluka. Preglednost podataka od kraja do kraja ključna je za postizanje transparentnog lanca opskrbe koji može izdržati velike promjene poput pandemije COVID-19, rata i slično.³⁴

Nedavni porast prodora IoT senzora stvara masivnu mrežu koja može komunicirati jedna s drugom, generirajući neviđenu količinu podataka koji se mogu koristiti za praćenje u stvarnom vremenu i prikupljanje informacija. Osobito lanac opskrbe hranom i kvarljivom robom već je počeo shvaćati pravi potencijal IoT tehnologije u svom transportnom lancu i logistici koja pruža uvid u informacije kao što su planiranje proizvodnje u stvarnom vremenu i upravljanje zalihama, temperatura, tlak i vlaga unutar transportnih kontejnera, praćenje točne lokacije robe u različitim fazama transporta s vremenskim žigom koji je zaštićen od neovlaštenih promjena i praćenje isporuke. Praćenjem detalja o korištenju sustava, tehnologija također može pomoći u poboljšanju ukupne operativne učinkovitosti sustava, razvijanje odgovarajućih algoritama i matematičkih modela za upravljanje zalihama može pomoći u smanjenju rasipanja i manjka takvih proizvoda.³⁵

Referentni model opskrbnog lanca (eng. *Supply chain operations reference – SCOR*) standardni je okvir koji je razvilo i odobrilo Vijeće opskrbnog lanca za poboljšanje procesa opskrbnog lanca u različitim organizacijama. Kako bi preveo poslovne strategije u planove i politike izvršenja, podijelio je upravljanje opskrbnim lancem u različite faze kao što su planiranje, izvor, izrada, isporuka, povrat i omogućavanje. Brojne različite studije pokazuju da bi dostupnost pravih podataka u pravo vrijeme omogućila sudionicima opskrbnog lanca da donesu poboljšanu i pravovremenu odluku koja može poboljšati operativnu učinkovitost organizacija.³⁶

³⁴ Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>

³⁵ Ibid.

³⁶ Ibid.

2.4.3 Umjetna inteligencija (AI) i strojno učenje (ML) u logistici

AI temeljen je na algoritmu koja se prenosi na strojeve kako bi pružila sposobnosti rješavanja problema i vještina donošenja odluka te obavljala zadatke slične ljudskim, drugim riječima, tehnika tjera strojeve da razmišljaju i ponašaju se poput ljudi. To je kombinacija nekoliko digitalnih i softverskih tehnologija koje djeluju kao pokretačka snaga industrije 4.0, iako se podrijetlo tehnologije može pratiti unatrag do 1940-ih, s brojnim postupnim napretkom, stekla je široko prihvaćanje i primjenu u proteklom desetljeću u gotovo svim sektorima.³⁷

Cilj AI je približiti inteligenciju robota, strojeva i softvera ljudskom inteligencijom, koja u konačnici služi za olakšavanje i ubrzanje ljudskih života. Bit AI temelji se na kontekstu da se ljudska inteligencija može točno opisati, omogućujući njezino repliciranje s pomoću strojeva i/ili softvera. Strojno učenje metoda je za implementaciju AI s pomoću algoritama za analizu i učenje iz podataka. Duboko učenje je tehnologija koja se koristi u procesu strojnog učenja, omogućujući proširenje opsega AI.³⁸

Strojno učenje (eng. Machine learning - ML) metoda je koja se koristi za implementaciju AI algoritama za analizu podataka, učenje iz podataka i donošenje odluka o događajima u stvarnom svijetu. ML sustavi se mogu podijeliti na: sustave za početnu obuku na skupu podataka i sustave već obučene za kasnije donošenje odluka, odnosno istrenirane. S obzirom na veliku količinu dostupnih podataka, postoji velika potražnja za primjenom ML tehnika, zato istraživači primjenjuju različite pristupe kako bi se nosili s ovom velikom količinom podataka. Industrija primjenjuje ove tehnike za izdvajanje relevantnih podataka, a ML se oslanja na različite algoritme za rješavanje problema s podacima. Vrsta algoritma ovisi o problemu koji se rješava, s obzirom na varijable uključene u proces učenja.³⁹

ML algoritmi mogu se kategorizirati u nadzirano učenje, nenadzirano učenje i učenje s potkrepljenjem. Nadzirano učenje je kada model uči iz unaprijed definiranih rezultata korištenjem prošlih vrijednosti za ciljnu varijablu kako bi naučio kakvi bi trebali biti njegovi izlazni rezultati. Učenje bez nadzora, za razliku od učenja pod nadzorom, nema unaprijed definirane rezultate koje bi model koristio kao referencu za učenje, jer model radi sa skupom

³⁷ Artificial Intelligence-Based Cyber Security in Industry 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/51727>

³⁸ Ibid.

³⁹ Li, S. (2020). Structure Optimization of e-Commerce Platform Based on Artificial Intelligence and Blockchain Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8825825>

podataka i pokušava pronaći obrasce i razlike u tim podacima. Nadzirane i nenadzirane aplikacije za učenje naširoko se koriste za upade, otkrivanje zlonamjernog softvera, kibernetičke napade i zaštitu privatnosti podataka. Učenje s pojačanjem, grana strojnog učenja, zahtijeva sekvencijalne radnje na izostavljen način s ili bez znanja o okolini, čime se omogućuje bliže približavanje ljudskom učenju. Postoji nekoliko ML algoritama koji se koriste u industriji:

- 1) Učenje pod nadzorom: *Additive Models, Artificial Neural Networks, Bayesian Networks, Decision Tree, Random Forest, K-Nearest Neighbors, Logistic Regression, Naïve Bayesian Networks, Regression Tree.*
- 2) Učenje bez nadzora: *K-means i Self Organizing Map.*
- 3) Učenje s pojačanjem: *Smart i Pilco.*⁴⁰

2.4.4 Blockchain tehnologija u logistici

Blockchain je klasa softverske tehnologije koja se sastoji od drugih tehnologija, uključujući pohranjivanje i distribuciju podataka putem interneta, sinkronizaciju podataka, kriptografiju i identitet. Kao što naziv sugerira, blockchain ili doslovno prevedeno na hrvatski, lanac blokova, obično je vremenski uređena zbirka blokova podataka koji su povezani kriptografskim tehnikama. Promjena sadržaja bilo kojeg pojedinačnog bloka prekida kriptografsku povezanost, čineći modifikaciju vrlo transparentnom, a ponovno stvaranje poveznice za skrivanje promjene vrlo je naporno i nepraktično. Danas postoji mnogo vrsta i implementacija blockchaina u upravljanju transportnim lancima, a pojavljuje se sve više i više. Dok lanci blokova dijele filozofiju dizajna, različite vrste lanaca blokova imaju specifične mogućnosti i svojstva koja ih čine prikladnima za upotrebu u određenim slučajevima.⁴¹

Prva implementacija blockchaina, ujedno i to najcjenjenija i najpoznatija, temelj je kriptovalute bitcoin, iako su ranija istraživanja provedena u kriptografski zaštićenim blokovnim lancima podataka, bitcoin blockchain stvorio je Satoshi Nakamoto 2008. Ova tehnologija omogućuje slanje bitcoin valute s jednog korisnika na drugog bez intervencije banke ili usluge plaćanja koja kontrolira transakcije ili čuva praćenje stanja, a ono što je najvažnije, Satoshijev blockchain sprječava dvostruka plaćanja. Za primjer, pretpostavlja se da Alice ima 10 bitcoina,

⁴⁰ Li, S. (2020). Structure Optimization of e-Commerce Platform Based on Artificial Intelligence and Blockchain Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8825825>

⁴¹ Systems, T. M. W. Blockchain for Transportation: Where the Future Starts. *Supply Chain 24/7*. Preuzeto srpanj 2024., od https://www.supplychain247.com/paper/blockchain_for_transportation_where_the_future_starts

koje želi prebaciti Bobu, ako pokuša poslati tih istih 10 bitcoina Jimu, blockchain će je spriječiti u tome.⁴²

Od svog stvaranja za podršku valuti bitcoin, temeljni blockchain je prilagođen za prijenos i snimanje drugih vrijednih predmeta, kao što su poslovni dokumenti. U međuvremenu su stvorene mnoge druge verzije blockchaina, neke kao javni (eng. *open source*) projekti, a druge kao vlasničke softverske ponude, iako postoje razlike u tome kako različiti blockchainti funkcioniraju, oni obično slijede iste osnovne kriterije dizajna, a to su:

- 1) Podaci se pohranjuju i repliciraju u nekoliko računalnih sustava, povezanih internetskim protokolima i sinkroniziranih u gotovo stvarnom vremenu.
- 2) Podaci se uglavnom razmjenjuju putem peer-to-peer komunikacije, bez središnjeg usmjerivača ili kontrolera.
- 3) Više sudionika (ponekad svi) mogu unositi podatke u istu pohranu.
- 4) Više sudionika (ponekad svi) mogu čitati podatke iz iste pohrane.
- 5) Postoje mehanizmi koji otežavaju promjenu pohranjenih podataka i lako otkrivaju kada se podaci mijenjaju.⁴³

Nekoliko od ovih kriterija dizajna ilustrira zašto se može smatrati da skladišta podataka temeljena na blockchainu imaju jedinstvene i korisne attribute u usporedbi s tradicionalnim bazama podataka. Prvo, istu pohranu podataka dijeli više sudionika koji čitaju i upisuju podatke u nju, ova arhitektura eliminira potrebu za sinkronizacijom podataka između sudionika jer svi pristupaju istoj pohrani podataka. Drugo, kada se podaci upišu u pohranu podataka blockchaina, ti se podaci ne mogu lako promijeniti, taj se atribut postignut s pomoću kriptografske tehnologije ponekad naziva nepromjenjivim, a ključna je prednost to što se podaci u pohrani podataka mogu smatrati zaštićenima od neovlaštenog mijenjanja. Budući da se podaci blockchaina dijele među svim sudionicima i ne mogu se zaštititi od petljanja, blockchainti se ponekad nazivaju distribuirane knjige ili distribuirane zajedničke knjige, ali tehnički gledano pojmovi nisu 100 % sinonimi, svakako u praksi uglavnom se ti pojmovi koriste kao sinonimi.⁴⁴

⁴² Systems, T. M. W. Blockchain for Transportation: Where the Future Starts. Supply Chain 24/7. Preuzeto srpanj 2024., od https://www.supplychain247.com/paper/blockchain_for_transportation_where_the_future_starts

⁴³ Arsić, M., Tomovic, N., Miletić, L., Ketin, S., Fimek, N., Sad, Srbija, Fpim, Vbšas, & Beograd, S. (2021). Primena blockchain tehnologije u saobraćaju i transportu blockchain technology application in traffic and transport.

⁴⁴ Systems, T. M. W. Blockchain for Transportation: Where the Future Starts. Supply Chain 24/7. Preuzeto srpanj 2024., od https://www.supplychain247.com/paper/blockchain_for_transportation_where_the_future_starts

Iako se gore navedena svojstva nalaze u implementacijama blockchaina, često postoje značajne razlike u pojedinostima o tome kako različiti blockchainedni funkcioniraju, obično potaknuto time smatra li se implementacija blockchainedna javnom ili privatnom. Javne blockchain jedinice ili jedinice bez dopuštenja su one u kojima svaki sudionik može čitati ili pisati podatke, bez potrebe za posebnim dopuštanjem, najprikladniji su za primjene u kojima je nedostatak bilo kakve kontrolne funkcije prihvatljiv, praktičan ili čak poželjan. Blockchain koji podupire bitcoin valutu primjer je javnog blockchainedna, njegovi zagovornici ističu njegovu sposobnost prijenosa bitcoin valute između sudionika bez potrebe za središnjom nadzornom funkcijom i znanjem, odnosom ili razinom povjerenja između sudionika. Budući da ne postoji funkcija za upravljanje ili praćenje integriteta podataka, takozvani mehanizmi konsenzusa ugrađeni su u javni dizajn lanca blokova za sinkronizaciju svih pohrana podataka koji se repliciraju u mnogim računalnim sustavima.⁴⁵

Za usporedbu, privatni ili dopušteni lanci blokova obično zahtijevaju neku vrstu autorizacije za pristup i mogu uključivati različite razine pristupa, kao što su samo za čitanje, čitanje/pisanje itd. Takvu autorizaciju osigurava funkcija nadzora koju kontrolira jedan ili više sudionika koji rade zajedno, stoga se pretpostavlja neka razina odnosa i povjerenja između sudionika. Do danas su privatni blockchainedni preferirani izbor za testove dokaza koncepta velikih financijskih institucija, mnogi od njih usmjereni su na procese financijskih transakcija, izdavanje vrijednosnih papira i međubankarska plaćanja. Priroda kontroliranog pristupa privatnim lancima blokova atribut je koji banke, sa svojom potrebom za privatnošću i regulatornom podrškom, vide kao bitan za usvajanje tehnologije.⁴⁶ Studije su pokazale da se tehnologija može koristiti za upravljanje uzvodnim, operativnim, nizvodnim i vanjskim složenostima opskrbnog lanca.

Trenutačno većina organizacija nema pouzdan sustav za praćenje životnog ciklusa proizvoda od faze sirovina do gotovih proizvoda do kupaca. To je prvenstveno zbog razloga što razne ključne funkcije opskrbnog lanca, kao što su predviđanje potražnje, planiranje, nabava, proizvodnja, osiguranje kvalitete, upravljanje zalihama, upravljanje informacijama, logistika, transportni lanci i korisnička služba, koriste konvencionalne samostalne tehnologije koje ne

⁴⁵ Arsić, M., Tomovic, N., Miletić, L., Ketin, S., Fimek, N., Sad, Srbija, Fpim, Vbšas, & Beograd, S. (2021). Primena blockchain tehnologije u saobraćaju i transportu blockchain technology application in traffic and transport.

⁴⁶ Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>

komuniciraju i surađuju. Osim toga, takve centralizirane tehnologije sklone su hakiranju i ne pružaju vidljivost podataka svim sudionicima opskrbnog lanca, što može dovesti do smanjene učinkovitosti opskrbnog lanca. Na primjer, veliki proizvođač koji nema uvid u podatke svoje mreže dobavljača koja je rasprostranjena diljem svijeta može dovesti do lošeg planiranja, odgođene proizvodnje, lošeg skladištenja i upravljanja zalihama te slabijeg učinka.⁴⁷

Međutim, integracija blockchain tehnologije u sve sudionike mreže opskrbnog lanca, kao što su dobavljači, proizvođači, logističari, distributeri, trgovci na veliko i malo, omogućuje prikupljanje podataka iz svih izvora koji se mogu pohraniti na jednom mjestu u transparentnom, digitalno distribuirani format kojemu se može pristupiti bez ikakvih posrednika. Pružanje samo potrebnog pristupa sudionicima može osigurati da mogu pregledavati ili dodavati samo one informacije koje bi trebali pregledavati ili dodavati, tehnologija također pruža mogućnost posjedovanja digitalnog dokaza o posjedovanju imovine što može pomoći u izbjegavanju krivotvorenja i dvostrukog ugovaranja. Za prikupljanje podataka.⁴⁸

U praksi se pokazalo da blockchain tehnologija može pružiti prednosti kao što su povjerenje, transparentnost i odgovornost, suradnja, dijeljenje informacija, financijska razmjena i integracija opskrbnog lanca, takvi transparentni i nepromjenjivi podaci mogu dovesti do vrhunske izvedbe opskrbnog lanca i većeg ukupnog zadovoljstva kupaca. Također daje značaj informacijama kao što su izvori sirovina, kvaliteta i izbjegavanje neetičkih praksi koje su trenutačno nevidljive kupcima. Osim toga, organizacije mogu koristiti decentraliziranu blockchain tehnologiju za praćenje različitih procesa kao što su tijekom rada, daljinsko identificiranje i provjeru valjanosti povezanih uređaja kako bi se izbjeglo neovlašteno mijenjanje podataka te dijeljenje pravnih, vlasničkih podataka i podataka o usklađenosti između sudionika.⁴⁹

Studiju slučaja od Dehshiri i suradnika pokazala je da se učinkovitost, koordinacija, suradnja, dijeljenje informacija i smanjenje troškova mogu postići u automobilskom opskrbnom lancu implementacijom blockchaine. Druge su studije također pokazale da privatni blockchain može pružiti prednosti poput visoke sigurnosti, visokog stupnja povjerenja, niskih implementacijskih i operativnih troškova te privatnosti podataka. Digitalni identitet temeljen

⁴⁷ Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>

⁴⁸ Ibid.

⁴⁹ Ibid.

na blockchainu omogućuje besprijeorne sankcije, sprječavajući tako odmetničke nacije da uvoze proizvode ili tehnologije dvostruke namjene.⁵⁰

Ukratko, poboljšanje obrtaja proizvoda ili usluga, nepromjenjivost, osiguravanje podrijetla kako bi se osigurao izvor i kvaliteta proizvoda, pružanje transparentnosti i sigurnosti podataka, pojednostavljenje obrnute logistike za podršku kružnom gospodarstvu, osiguravanje usklađenosti i etičkih praksi, upravljanje zalihama bez pogrešaka, otprema pojedinosti i izbjegavanje dvostrukih plaćanja neke su od prednosti blockchain tehnologije u upravljanju opskrbnim lancem. Praćenje imovine i samo izvršivi pametni ugovori koji se automatski izvršavaju kada se ispune unaprijed definirani uvjeti nekoliko su drugih mogućnosti tehnologije koje mogu u većoj mjeri pomoći poduzećima s više organizacija kao što su lanac opskrbe, logistika, transportni lanac i financijske jedinice.⁵¹

2.4.5 Big data analitika u logistici

Ogromna količina podataka koja se generira s različitih uređaja je veliki benefit sustavu, a analitika big data proces je analize podataka kako bi se otkrile informacije poput skrivenih obrazaca, korelacija, tržišnih trendova i preferencija korisnika, koje organizacije mogu koristiti za izradu rezultata i donošenjem odluka. Nije samo količina podataka koja se generira i prikuplja korištenjem raznih naprednih tehnologija kao što su pametni senzori i IoT, već je također ključno koristiti odgovarajuće tehnike za korištenje podataka kao strateškog alata za poticanje promjena i donošenje ispravnih odluka. Obično podaci mogu biti strukturirani, polu strukturirani ili nestrukturirani u obliku brojeva, tekstova, slika, audio datoteka ili feedova društvenih medija koji se prikupljaju iz različitih izvora kao što su RFID, sustav globalnog pozicioniranja GPS, pametni senzori, IoT uređaji, instant messengeri ili društveni mediji. Iako je analitika podataka kombinacija matematike i statističkih tehnika, big data je tehnika koja se koristi za analizu ogromne količine podataka kako bi se dobili smisleni uvidi i pretvorili ih u poslovnu inteligenciju.⁵²

Povijesno gledano, menadžeri opskrbnog lanca i znanstvenici primjenjivali su pristupe statističkog i operativnog istraživanja za upravljanje i rješavanje izazova opskrbnog lanca.

⁵⁰ Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>

⁵¹ Ibid.

⁵² Ibid.

Međutim, nedavni napredak u digitalnim i računalnim tehnologijama kao što je big data otvorio je novi put u pristupu i rješavanju izazova korištenjem tehnika vođenih podacima koje se primjenjuju u opskrbnom lancu, koriste se još i za deskriptivnu, prediktivnu, preventivnu i preskriptivnu analitiku s malo ili bez ljudske intervencije.⁵³

Studija slučaja Richey i sur. Provela je sustavnu istragu o implementaciji big data među svim partnerima u opskrbnom lancu i proučila njegov utjecaj na izvedbu opskrbnog lanca s njihovim preprekama. Razne druge studije pokazale su da su prikupljanje podataka, poboljšana međusobna povezanost i suradnja u različitim funkcijama, agilno upravljanje zalihama i skladištem, automatizacija proizvodnje, prediktivna analitika, kontrola procesa, donošenje odluka na temelju podataka u različitim funkcijama i vrhunsko financijsko i proizvodno upravljanje samo nekoliko drugih potencijalne primjene big data. Međutim, četiri važna zahtjeva za omogućavanje big data u organizacijskom transportnom lancu su razvoj sposobnosti generiranja podataka na svakom izvoru, integracija podataka u svim funkcijama i sudionicima lanca opskrbe, razvoj odgovarajućih analitičkih sposobnosti i upravljanje koje prihvaća podatke kao alat za donošenje odluka i implementacija kulture vođene podacima.⁵⁴

Big data je zapravo masa raznolikih podataka koji pristižu velikom brzinom i učestalošću te se zbog toga njihov obujam stalno povećava (3V - volume, velocity, variety). Međutim, digitalni zapis sam po sebi ne znači puno. Mora se strukturirati, analizirati, staviti u kontekst kako bi itko imao koristi od toga.⁵⁵ Analiza masovnih podataka predstavlja šest C na engleskom jeziku, koji moraju biti integrirani u Industriju 4.0:

- 1) Veza (eng. Connection),
- 2) Računalstvo u oblaku (eng. Cloud),
- 3) Kibernetika (eng. Cyber),
- 4) Sadržaj/kontekst (eng. Content/Context),
- 5) Zajednica (eng. Community),
- 6) Prilagodljivost (eng. Customization).⁵⁶

⁵³ Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>

⁵⁴ Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>

⁵⁵ Tadić, D. M., Maljugin, B. M., Stanisavljev, S. M., & Kavalić, M. V. (2022). Big Data management: Industry features 4.0. *Tehnika*, 77(2), 241–246. <https://doi.org/10.5937/tehnika2202241T>

⁵⁶ Ibid.

Korištenjem napredne analitike i alata za rudarenje podataka, moguće je pronaći neke obrasce u big data koji možda nisu prisutni u manjim bazama podataka. Problem koji predstavljaju takve baze prvenstveno mogu biti osobni podaci ili zaštićeni podaci koji se mogu nalaziti ili pojaviti u takvim bazama. Za transportne lance, prikupljanje i integracija podataka izazov je, ali u isto vrijeme otvara potencijal da iz baze podataka izvuku više. Na primjer, vozni parkovi mogu poboljšati performanse vozila povezivanjem podataka te s druge strane, povezati vozila s prometnom signalizacijom, stoga rizik nije samo na strani krajnjeg korisnika. Sklapanjem takvih ugovora i prikupljanjem podataka u nekim masivnim bazama podataka, tvrtke također moraju osigurati da ključne informacije ne procure, što također može biti konkurentska prednost. Ove vrste informacija mogu uključivati tržišne strategije, politike cijena, razvoj proizvoda i inovacije koje su ključne za uspjeh tvrtke i postojanje na tržištu. ⁵⁷

Big data je bitniji dio industrije 4.0, transportna vozila i sustavi godinama izbacuju goleme količine podataka, ali nedostatak pohrane, analize i mogućnosti slanja i dijeljenja informacija ostavio je velik dio neiskorištenih. Sada pametno povezani strojevi industrije 4.0 sa sensorima za isporuku podataka imaju mogućnost promijeniti status procesa i koristiti informacije u stvarnom vremenu za poboljšanje performansi. To može pomoći u optimizaciji kvalitete transporta, poboljšanju učinkovitosti, uštedi energije, poboljšanju usluge i poboljšanju prediktivnog održavanja. Ti se podaci mogu dijeliti između distributivnih centara i opskrbnog lanca putem oblaka, ali uz korištenje enkripcije i ovlaštenog pristupa radi održavanja sigurnosti, integracija izvora podataka kroz sustave također je važan faktor. ⁵⁸

⁵⁷ Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>

⁵⁸ Tadić, D. M., Maljugić, B. M., Stanisavljev, S. M., & Kavalić, M. V. (2022). Big Data management: Industry features 4.0. *Tehnika*, 77(2), 241–246. <https://doi.org/10.5937/tehnika2202241T>

3. ANALIZA LOGISTIČKOG SUSTAVA SA MOGUĆNOSTI PRIMJENE INDUSTRIJE 4.0

Industrija 4.0 i dalje će imati značajan utjecaj na gospodarstvo, a najveće ekonomske prednosti dobit će tvrtke koje reagiraju i djeluju najbrže. Prema analizi McKinsey Global Institutea iz 2018., predvodnici industrije 4.0 koji su na dobrom putu da usvoje AI i druge napredne tehnologije do 2025. mogu očekivati 122 posto pozitivne promjene kod novčanog toka. Tvrtke sljedbenici mogu očekivati samo 10 posto, dok bi tvrtke koje u potpunosti ne usvoje AI mogle doživjeti pad od 23 posto. Također se predviđa da će industrija 4.0 transformirati skup vještina radne snage pomicanjem standarda za tražene talente. Očekuje se da će 2025. potencijal stvaranja vrijednosti industrije 4.0 za proizvođače i dobavljače dosegnuti 3,7 trilijuna dolara.⁵⁹ Tijekom nadolazećeg desetljeća ove promjene bit će sve jasnije, jer sve više i više tvrtki prihvaća robotiku:

- 1) Potražnja za fizičkim i ručnim vještinama u zadacima koji se ponavljaju, poput onih na pokretnim trakama, smanjit će se za gotovo 30 posto.
- 2) Potražnja za osnovnim vještinama pismenosti i računanja smanjit će se za gotovo 20 posto.
- 3) Potražnja za tehnološkim vještinama kao što je kodiranje porast će za više od 50 posto.
- 4) Potražnja za složenim kognitivnim vještinama porast će za oko 33 posto.
- 5) Potražnja za visokim društvenim i emocionalnim vještinama porast će za više od 30 posto.⁶⁰

Nekoliko tvrtki ima strukturirani pristup implementaciji tehnologija industrije 4.0. Prema istraživanju McKinseyja, samo 16 posto ima jasnu strategiju, a samo 24 posto dodijelilo je jasne odgovornosti u vezi s naporima industrije 4.0. Čak su i tvrtke u ovoj odabranoj skupini sklone napraviti jedan od dva pogrešna koraka: dodijele odgovornost za industriju 4.0 funkciji

⁵⁹ What is industry 4.0 and the Fourth Industrial Revolution? | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>

⁶⁰ Shaiful Fitri Abdul Rahman, N., Adam Hamid, A., Lirn, T.-C., Al Kalbani, K., & Sahin, B. (2022). The adoption of industry 4.0 practices by the logistics industry: A systematic review of the gulf region. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100085>

osoblja bez izravne izvršne ovlasti ili traženu odgovornost stave prenisko u hijerarhiji upravljanja.⁶¹

U oba slučaja, realizacija punog potencijala utjecaja je ugrožena. U konačnici, pokrenuti implementaciju industrije 4.0 znači preuzeti rizik, a preuzimanje rizika ne može se delegirati. Vrhunsko rukovodstvo stoga mora preuzeti vlasništvo i primijeniti programski pristup kako bi brzo i učinkovito povećalo vrijednost. Ova visoka razina prioritiziranja pomaže u određivanju uspjeha transformacije industrije 4.0, baš kao što je to učinila za lean. Uspješne lean transformacije ne fokusiraju se samo na poboljšanje procesa održavanja, već razmatraju proizvodno mjesto kao cjelinu, a rad prema industriji 4.0 zahtijeva sličan širok pristup. U ovom slučaju, tvrtke će se morati pozabaviti cijelim transportnim lancem, primijeniti cijeli niz poluga ili rješenja i imati jasan plan za povećanje novih pristupa u cijeloj svojoj mreži.⁶² Nekoliko smjernica za implementaciju industrije 4.0 u transportnim lancima:

- 1) Jasni prioriteti, mali koraci - Umjesto da se troši vrijeme na opsežnu analizu i planiranje, potrebno je samo krenuti s digitalnim koracima koji imaju najveći učinak u konkretnoj situaciji i graditi od „temelja“.
- 2) Sposobnosti - Većina tvrtki želi ubrzati svoj razvoj implementacijom digitalnih tehnologija u procese, ali se osjećaju nepripremljeno za promjenu. Ova zabrinutost je svakako opravdana, budući da industrija 4.0 zahtijeva nove mogućnosti, tvrtke se mogu obratiti specijaliziranim centrima ili udružiti snage s dobavljačima rješenja s pomoću raznih softvera.
- 3) Načini razmišljanja i ponašanja - Iskustvo u proteklih nekoliko desetljeća pokazalo je da transformacija ne uspije ili uspije zbog načina razmišljanja i ponašanja upravitelja i zaposlenika. Iz tog razloga, digitalni način razmišljanja treba prožeti cijelu organizaciju, s ljudima koji prihvaćaju digitalne lean pristupe i alate, baš kao što su to činili sa svojim analognim prethodnicima.⁶³

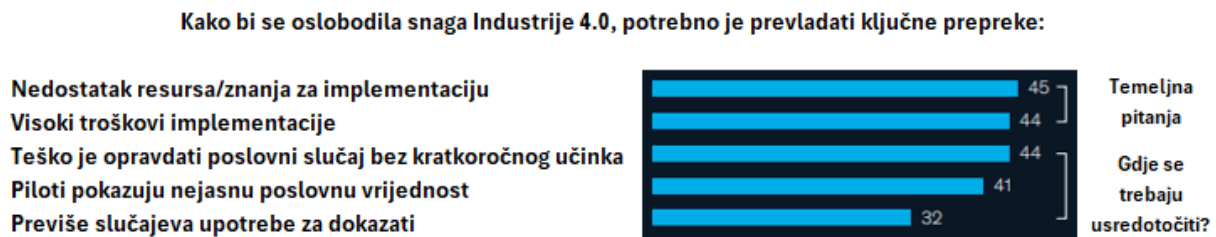
Tvrtke su sklone zamisliti razvoj tehnologije koji ide naprijed umjesto da identificiraju područja najvećeg utjecaja i prate ih natrag do pokretača vrijednosti industrije 4.0. Upravljanje

⁶¹ Industry 4.0 demystified—Lean’s next level | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-4-0-demystified-leans-next-level>

⁶² Huang, K., Wang, K., Lee, P. K. C., & Yeung, A. C. L. (2023). The impact of industry 4.0 on supply chain capability and supply chain resilience: A dynamic resource-based view. *International Journal of Production Economics*, 262, 108913. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108913>

⁶³ Industry 4.0 demystified—Lean’s next level | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-4-0-demystified-leans-next-level>

i organizacijsko usidrenje često su nejasni. Posljedična prepreka koja proizlazi iz ograničenih resursa, visokih troškova skaliranja, nedostatka jasnoće o poslovnoj vrijednosti i ogromnog broja potencijalnih slučajeva upotrebe, ostavlja većinu tvrtki zaglavljenima na početnoj poziciji, na slici 3. prema McKinseyu prikazani su ključni izazovi prilikom implementacije industrije 4.0 kod tvrtki: ⁶⁴



Slika 3. Ključni izazovi prilikom implementacije industrije 4.0 kod poduzeća

Izvor: *Circular Economy, Industry 4.0 and Supply Chain. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/21596>*

Industrija 4.0 je inicijativa velikih razmjera, kako na nacionalnoj tako i na razini poduzeća, Tripathi i Gupta ocijenili su Globalni model procjene spremnosti za industriju 4.0 (GRAMI4.0) na razini zemlje u 126 zemalja. Utvrdili su da 75 % zemalja ima ocjenu spremnosti za industriju 4.0 manju od 0,5 na ljestvici od 0 do 1 (potpuno spremno), što ukazuje da je polovica zemalja nespremna za industriju 4.0. Predloženo je nekoliko alata za procjenu na razini tvrtke, a uobičajene dimenzije zrelosti koje se koriste su strategija, vodstvo, ljudi i tehnologija. Koristeći studije slučaja u Švedskoj, utvrđeno je da je većina proizvodnih industrija na početnim razinama zrelosti u svojoj spremnosti za industriju 4.0, stoga trenutno nema empirijskih dokaza o višoj spremnosti za industriju 4.0 na području EU. ⁶⁵

Čak i u najrazvijenijim ekonomijama, iskorištavanje brojnih prednosti AI je i dalje na relativno niskoj razini. Istraživanja Mitsubishi Heavy Industries (MHI), vodeće grupacije u području materijala, logistike, transporta i ostalih industrija povezanih s potrebama opskrbnih lanaca, pokazalo je da je tek 12 % ispitanih poduzeća koristilo AI u logistici. Predviđeno je da će taj broj premašiti 60 % u razdoblju od idućih 6 godina. Roboti i automatizacija nisu uključeni u tu statistiku, već zasebnu kategoriju, te se njihova implementacija 2021. godine kretala oko

⁶⁴ Shaiful Fitri Abdul Rahman, N., Adam Hamid, A., Lirn, T.-C., Al Kalbani, K., & Sahin, B. (2022). The adoption of industry 4.0 practices by the logistics industry: A systematic review of the gulf region. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100085>

⁶⁵ Supply Chain 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/23392>

38 %.⁶⁶ Svjetski ekonomski forum (eng. World Economic Forum – WEF) odabrao je P&G-ovu proizvodnu lokaciju Rakona Fabric and Home Care u Češkoj Republici kao jedan od svojih "svjetionika" globalne proizvodnje u EU. Uspješna implementacija end-to-end sinkronizacije opskrbnog lanca u Rakoni riješila je nekoliko problema, od viška proizvoda do kapitala vezanog za zalihe i spore brzine do tržišta. P&G-ov pristup, koji ima koristi od kontinuiranog poboljšanja temeljenog na zahtjevima korisnika, koristi analitičko modeliranje i simulaciju za pružanje vidljivosti opskrbnog lanca od kraja do kraja, što u konačnici omogućuje prepoznavanje točaka napetosti za poboljšanje agilnosti te puno učinkovitiji transportni lanac. Ovo je smanjilo zalihe za 35 % u tri godine, povećalo učinkovitost zaliha za 7 % tijekom svake godine, smanjilo broj povrata i zaliha, te poboljšalo brzinu uvođenja novih proizvoda na tržište.⁶⁷ Dva su temeljna principa koji stoje iza priče o uspjehu Rakone:

- 1) Ulaganje u nove tehnologije i sustavno iskorištavanje vanjskog digitalnog ekosustava. Tamo gdje nedostaje unutarnja stručnost, traže izvana kako bi iskoristili vanjske stručnjake na sveučilištima ili u novoosnovanim poduzećima.
- 2) Potpuno omogućavanje i uključivanje ljudi u cijeloj organizaciji te ulaganje u nove sposobnosti. Kontinuirano podučavanje i izgradnja novih vještina nova je norma. Ne treba izbjegavati niti se bojati napuštanja starih zadataka i izmišljanja novih. Treba težiti prema kulturi inovacija, i uključivanju raznih ideja za poboljšanje i pojednostavljenje sustava.⁶⁸

Rakona ukazuje na put u budućnost, u kojoj tehnologije rješavaju sve nove zahtjeve, a zaposlenici kreću na kontinuirano usavršavanje i educiranje o novim tehnologijama. Promiče otvorenu kulturu kontinuiranog osobnog razvoja i eksperimentiranja koja izvlači najbolje iz svakoga. Mreža Lighthouse nudi priliku za razmjenu ovog znanja i istraživanje novih partnerstava s drugim tvrtkama i kolegama. U konačnici, pomaže široj industriji da prihvati i ubrza promjenu potrebnu kako bi mogla služiti milijardama digitalno osnaženih potrošača budućnosti.⁶⁹

Ključna dimenzija uspješnih inicijativa industrije 4.0 je vertikalna integracija. Tradicionalne tvrtke strukturirane su u hijerarhiji koja ne dopušta interakciju između slojeva.

⁶⁶ Umjetna inteligencija i automatizacija u logistici. Kamion&Bus. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.kamion-bus.hr/7561>

⁶⁷ Why strive for Industry 4.0. (2019, siječanj 16). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-companies-should-strive-for-industry-4-0/>

⁶⁸ Ibid.

⁶⁹ Ibid.

To često dovodi do velikih napora u procesima sinkronizacije i još više do velikih jazova između procesa korporativnog planiranja i izvršenja. Kako organizacija povećava spremnost za industrije 4.0, suočit će se s bezbrojnim odlukama o integraciji novih tehnologija, s ažuriranjima trenutnih sustava i procesa. Te odluke mogu biti skupe, primjerice kada uprava poduzeća odabire novi softver za transport. Kako bi se osigurale najbolje moguće odluke za implementaciju i razvoj tehnologija industrije 4.0, postoje četiri ključna koncepta:

- 1) Transparentnost informacija - Sustavi industrije 4.0 stvaraju "cyber-fizički sustav", gdje se fizički svijet kvantificira u kontekstualne, dostupne podatke. Sustavi neprimjetno i trenutno dijele te podatke prema potrebi, osiguravajući da svi sustavi surađuju koristeći informacije u stvarnom vremenu, svaka nova tehnologija koju tvrtka usvoji trebala bi ponuditi ovu razinu transparentnost.
- 2) Interoperabilnost - U sustavu industrije 4.0 moguće je da se ljudi, vozila, senzori i ostali uređaji međusobno povezuju i komuniciraju. Ovaj aspekt industrije 4.0 općenito zahtijeva od upravitelja transportnih lanaca da zauzmu širu perspektivu o zahtjevima kompatibilnosti za softver, strojeve i druge uređaje.
- 3) Decentralizirano donošenje odluka - Trenutačno većina transportnih lanaca radi koristeći centralizirano donošenje odluka, industrija 4.0 donijela je novu razinu autonomije, gdje će sustavi moći sami donositi jednostavne odluke. Ovo ima potencijal za povećanje učinkovitosti smanjenjem vremena i resursa dodijeljenih za centralizirani nadzor.
- 4) Tehnička pomoć - Automatizacija i roboti već pružaju vitalnu podršku u okruženjima koja su previše opasna za ljude. Sljedeća faza je izgradnja sustava koji može podržati ljude u donošenju odluka i rješavanju problema. Ova međuovisnost sustava i ljudi ključna je značajka industrije 4.0.⁷⁰

3.1 Analiza tržišta industrije 4.0 u Republici Hrvatskoj

Hrvatske tvrtke s potencijalom za 4. industrijsku revoluciju imaju veći omjer kapitala i rada, konkurentnije su na inozemnom tržištu, dvostruko više plaćaju zaposlenicima i imaju značajno veći udio izvoznih prihoda od tradicionalnih industrija, pokazuje istraživanje HNB-a

⁷⁰ The Supply Chain Manager's Guide to the Cloud. Preuzeto sranj 2024., od https://blog.flexis.com/the-supply-chain-managers-guide-to-the-cloudhsmi=96016737&utm_content=96016737&utm_source=hs_automation

"Procjena spremnosti hrvatskih poduzeća za uvođenje tehnologija industrije 4.0", njegovi autori su viša stručna suradnica u Direkciji kontrolinga HNB-a Rajka Hrbić i savjetnik u Direkciji za financijsku stabilnost HNB-a Tomislav Grebenar.⁷¹

Stručnom procjenom i analizom dostupnih informacija o tvrtkama identificirano je 58 tvrtki koje aktivno koriste ili nude tehnologiju i usluge prema kriterijima za industrije 4.0. Pojedini elementi četvrte industrijske revolucije uzeti su prema kriterijima Boston Consulting Group (BCG), a sastoje se od velikih podataka i analiza, autonomnih robota, simulacija, horizontalne i vertikalne integracije sustava, industrijskog interneta stvari, kibernetičke sigurnosti, oblaka tehnologija, trodimenzionalni ispis i proširena stvarnost. U istraživanju je modelom dubokog učenja identificirana 141 tvrtka, uključujući početnih 58, što čini dva posto analiziranih subjekata s potencijalom za implementaciju industrije 4.0, 27 posto imovine i 26 posto poslovnih prihoda tvrtke analiziranog uzorka, ističu iz HNB-a. Ulaganje u razvoj, navodi se u istraživanju, hrvatskim tvrtkama koje koriste tehnologije industrije 4.0 otvara nova tržišta, podiže razinu znanja i dugoročno osigurava bolju profitabilnost, učinkovitost i stabilnost poslovanja od tradicionalnih tvrtki.⁷²

Glavni razlikovni pokazatelji potencijala poduzeća industrije 4.0 u usporedbi s tradicionalnim poduzećima strukturne prirode, kao što su udio nematerijalne imovine ili poslovnih postrojenja i strojeva u dugotrajnoj imovini, ulaganja u istraživanje i razvoj, udio kratkoročnih dugoročna imovina u ukupnom iznosu itd. Značajno bolji poslovni rezultati najizraženiji su kod pokazatelja ulaganja, troškovne učinkovitosti, tehničke opremljenosti i tržišne konkurentnosti. Tvrtke s potencijalom za implementaciju industrije 4.0 konkurentnije su i na inozemnom tržištu, zbog čega je njihov udio izvoznih prihoda u poslovnim prihodima značajno veći nego kod tradicionalnih tvrtki. U tvrtkama s potencijalom za implementaciju industrije 4.0, troškovi njihovih zaposlenika gotovo su dvostruko veći nego u tradicionalnoj industriji, kaže istraživanje.⁷³

Četvrta industrijska revolucija dobrim djelom se temelji na AI, primjeni ML i posebice dubokog učenja, a istraživanje je analizom prednosti i ograničenja procijenilo spremnost hrvatskih tvrtki za jačanjem tehnološko-inovacijskih potencijala, pri čemu je došla do brojke

⁷¹ HNB: 4. Industrijska revolucija tvrtkama donosi veći profit i učinkovitost · HINA.hr. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.hina.hr/vijest/10608360>

⁷² Ibid.

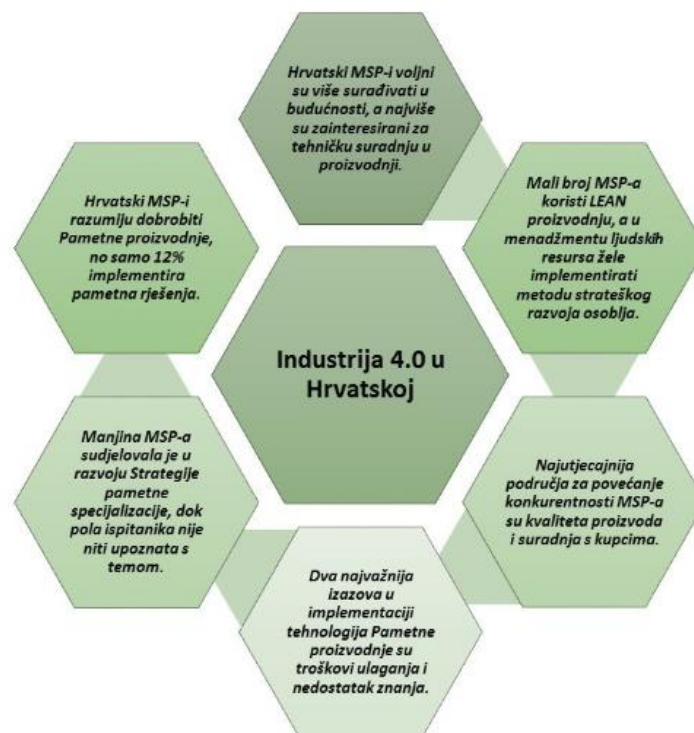
⁷³ Ibid.

od sedam tisuća hrvatskih tvrtki različitih djelatnosti koje koriste model ML. Polazna točka istraživanja bila je identifikacija tvrtki koje potencijalno primjenjuju tehnologiju industrije 4.0 na temelju sličnosti njihovih pokazatelja s uzorkom nedvojbeno identificiranih tvrtki, korisnika i/ili proizvođača industrije 4.0. tehnologije, izvijestila je Hrvatska narodna banka (HNB).⁷⁴ Hrvatska agencija za malo gospodarstvo, inovacije i investicije (HAMAG-BICRO), s devet međunarodnih partnera na projektu Smart Factory Hub, u travnju i svibnju 2017. godine provela je anketu kako bi se saznalo koliko su hrvatski poduzetnici uključeni u Pametnu specijalizaciju i spremni za industriju 4.0. Prikupljeni su odgovori 26 hrvatskih malih i srednjih poduzetnika (MSP-a) u proizvođačkoj industriji. Većina hrvatskih MSP-a razumije korist pametne proizvodnje u svojim poduzećima, štoviše upoznati su s novim trendovima u industriji te imaju namjeru postupno uvoditi pametna rješenja, tehnologije i metode, no samo je 12 % trenutno implementira.

Prema istraživanju agencije nizozemskog Ministarstva vanjskih poslova, niski postotak uvođenja industrije 4.0 očit je u Hrvatskoj, koja se nalazi na pretposljednem mjestu u Europskoj uniji, ispred Bugarske. Troškovi implementacije, nedostatak informacija i visoka složenost novih tehnologija predstavljaju izazove, no unatoč tome hrvatski poduzetnici su zainteresirani za industriju 4.0 te smatraju kako su sljedeća četiri područja najvažnija za povećanje konkurentnosti: bolja kvaliteta proizvoda, bolja koordinacija s kupcima, smanjeni troškovi i bolja usklađenost sa specifikacijama kupca ili regulatornim zahtjevima. Većina MSP-a je već implementirala tehnologije poput clouda, a u budućnosti su zainteresirani za implementaciju tehnologija Big data analitike, AI, itd.⁷⁵

⁷⁴ HNB: 4. Industrijska revolucija tvrtkama donosi veći profit i učinkovitost · HINA.hr. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.hina.hr/vijest/10608360>

⁷⁵ Industrija 4.0 u Hrvatskoj. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. Industrija 4.0 u Hrvatskoj. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. <https://hamagbicro.hr/hamag-bicro-potice-pametnu-proizvodnju-u-hrvatskoj/>



Slika 4. Ključni zaključci provedene analize na projektu Smart Factory Hub tijekom 2017. godine

Link: *Industrija 4.0 u Hrvatskoj*. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. *Industrija 4.0 u Hrvatskoj*. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. <https://hamagbicro.hr/hamag-bicro-potice-pametnu-proizvodnju-u-hrvatskoj/>

3.2 Analiza za implementaciju industrije 4.0

Nedostatak strategije pokazao se kao jedan od najvećih izazova, kao što je to slučaj u mnogim poslovnim područjima. Veliki je jaz između onih tvrtki koje imaju dugoročnu strategiju i ostalih. Još uvijek velika većina transportnih lanaca nema dovoljno dobru strategiju za implementaciju industrije 4.0, te također pate od strateške kratkoročnosti.⁷⁶ Brzi tempo napretka u industriji 4.0 čini ključnim za organizacije da održavaju holističke, integrirane strategije i traže dugoročne prilike za rast, kaže Deloitte. Međutim, istraživanje sugerira da je pred liderima dug put. Dvije trećine reklo je da nemaju formalnu strategiju za rješavanje industrije 4.0, a samo 10 posto ukupno reklo je da imaju sveobuhvatne strategije koje integriraju

⁷⁶ *Industrija 4.0 u Hrvatskoj*. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. *Industrija 4.0 u Hrvatskoj*. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. <https://hamagbicro.hr/hamag-bicro-potice-pametnu-proizvodnju-u-hrvatskoj/>

fokus na industriju 4.0 u svim njihovim organizacijama.⁷⁷ Za što učinkovitije i uspješnije implementiranje tehnologija industrije 4.0 u transportnim lancima strategije primjene bi trebale biti podijeljene po koracima, primjer 7 takvih koraka:

1. Korak – Odabir tehnologija koje će se implementirati u transportni lanac, temelj industrije 4.0 leži u besprijekornoj integraciji naprednih tehnologija.⁷⁸

2. Korak – Procijeniti trenutnu spremnost sustava i identificirajte nedostatke istog. Prije nego što se krene na put industrije 4.0, voditelji transportnih lanaca moraju procijeniti svoju postojeću infrastrukturu, mogućnosti i spremnost:

- Odrediti izazove - razumijevanje trenutačnih bolnih točaka i izazova organizacije prvi je korak prema njihovom rješavanju. Uobičajeni problemi mogu uključivati neučinkovitost, uska grla u transportu, probleme s kontrolom kvalitete ili visoke troškove održavanja.
- Način prikupljanja podataka - analiza postojećih metoda prikupljanja podataka ključna da bi se osiguralo da one pružaju relevantne i točne informacije potrebne za implementaciju industrije 4.0 u transportni lanac. Upravitelji transportnih lanaca će možda trebati uložiti u dodatne senzore ili nadograditi svoje mogućnosti pohrane i obrade podataka.
- Poboljšanje vještine radne snage - pridruživanje industriji 4.0 zahtijeva digitalno vještu radnu snagu, tako da bi upravitelji transportnih lanaca trebali procijeniti razine vještina svojih zaposlenika i identificirati potrebe za obukom kako bi ih opremili stručnim znanjem za učinkovito upravljanje i iskorištavanje digitalnih tehnologija.⁷⁹

3. Korak - Izrađivanje vrlo definiranih strategija implementacije, izrada jasne i sveobuhvatne strategije implementacije industrije 4.0:

- Postaviti ciljeve - upravitelji transportnih lanaca moraju definirati jasne i ostvarive ciljeve, usklađene s njihovim općim poslovnim ciljevima. Ti ciljevi mogu uključivati povećanje učinkovitosti transporta, smanjenje vremena zastoja u prometu, optimiziranje utovara robe ili poboljšanje kvalitete usluge.

⁷⁷ Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. I-SCOOP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>

⁷⁸ Shukla, V. (2023, srpanj 20). 7 Steps to Implement Industry 4.0 for Maximum Efficiency. Appfoster. <https://medium.com/appfoster/7-steps-to-implement-industry-4-0-for-maximum-efficiency-fcd90720ca5a>

⁷⁹ Ibid.

- Odabrati prave tehnologije - postoji širok raspon dostupnih tehnologija industrije 4.0, a upravitelji transportnih lanaca moraju pažljivo odabrati one koje su u skladu s njihovim specifičnim potrebama i dugoročnom vizijom. Suradnja s pouzdanim dobavljačima tehnologije može pojednostaviti proces odabira.
- Napraviti vremenski okvir - implementacija industrije 4.0 nije proces preko noći, upravitelji transportnih lanaca bi trebali izraditi realističan vremenski okvir koji uzima u obzir složenost integracije novih tehnologija, a istovremeno minimalizira prekide u postojećim procesima.⁸⁰

4. Korak - Usvajanje IoT-a i optimizirano upravljanje podacima:

- Povezivanje strojeva: instaliranje IoT senzora na transportna vozila omogućuje upraviteljima transportnih lanaca da prate njihovu izvedbu, predviđaju zahtjeve za održavanjem i preventivno rješavaju potencijalne kvarove. Ovaj pristup prediktivnog održavanja dovodi do smanjenog vremena zastoja vozila i produljenog vijeka trajanja opreme.
- Osiguravanje sigurnosti podataka: povećano oslanjanje na međusobno povezane uređaje i dijeljenje podataka zahtijeva snažne mjere kibernetičke sigurnosti. Upraviteljima transportnih lanaca bi trebali implementirati sigurnu enkripciju podataka, kontrole pristupa i redovite sigurnosne revizije kako bi zaštitili osjetljive informacije od cyber prijetnji.
- Učinkovita rješenja u oblaku: platforme temeljene na oblaku nude skalabilna i isplativa rješenja za pohranu podataka, obradu i pristupačnost. Usvajanje oblaka olakšava besprijekorno dijeljenje podataka među odjelima i transportnim centrima, poboljšavajući suradnju i donošenje odluka.⁸¹

5. Korak - Korištenje potencijala AI i ML:

- Implementiranje prediktivnog održavanja: prediktivno održavanje vođeno AI omogućuje proizvođačima da predvide kvarove opreme analizom obrazaca povijesnih podataka. Proaktivno održavanje smanjuje zastoje, smanjuje troškove održavanja i povećava ukupnu učinkovitost opreme.

⁸⁰ Shukla, V. (2023, srpanj 20). 7 Steps to Implement Industry 4.0 for Maximum Efficiency. Appfoster. <https://medium.com/appfoster/7-steps-to-implement-industry-4-0-for-maximum-efficiency-fcd90720ca5a>

⁸¹ Ibid.

- Poboljšana kontrola kvalitete: sustavi za prepoznavanje slike pokretani AI mogu otkriti nedostatke u stvarnom vremenu tijekom transporta. Automatiziranjem kontrole kvalitete upravitelji transportnih lanaca mogu smanjiti rizike u prijevozu, otpad i potrebu za ručnim pregledima.
- Optimiziranje sustava: AI algoritmi mogu analizirati goleme skupove podataka kako bi optimizirali poslovne rasporede, raspodjelu resursa, tijek rada i sl. Tvrtke mogu poboljšati učinkovitost procesa, smanjiti vrijeme isporuke i povećati ukupnu pouzdanost svih procesa.⁸²

6. Korak - Poboljšati donošenje informiranih odluka s pomoću big data analitike:

- Vizualiziranje podataka: Interaktivne nadzorne ploče i izvješća predstavljaju informacije u stvarnom vremenu o ključnim pokazateljima učinka (eng. Key performance indicator - KPI). Upravitelji transportnih lanaca mogu pratiti metriku transporta, identificirati trendove i donositi informirane odluke na vrijeme. Postoje brojni alati za manipulaciju podataka i konačnu vizualizaciju istih, daleko najkorišteniji alat je Excel od tvrtke Microsoft, te moderniji alat Power BI istog proizvođača, koji koristi poslovnu inteligenciju kako bi korisnici mogli na što više mogućih načina prikazati rezultate prikupljenih podataka.
- Optimizacija procesa: Analiza povijesnih podataka omogućuje upraviteljima transportnih lanaca da identificiraju neučinkovitosti i uska grla u transportu. Kontinuiranim usavršavanjem procesa upravitelji mogu postići višu razinu produktivnosti i iskorištenja resursa.
- Predviđanje potražnje: Napredna analitika može predvidjeti obrasce potražnje, omogućujući upraviteljima da optimiziraju razine zaliha i prilagode transport u skladu s tim. Točno predviđanje potražnje omogućuje bolju reakciju tržišta i uštedu troškova.

83

7. Korak – Poboljšanje radne snage digitalnim vještinama, uspješnost implementacije industrije 4.0 oslanja se na kvalificiranu i prilagodljivu radnu snagu:

⁸² Shukla, V. (2023, srpanj 20). 7 Steps to Implement Industry 4.0 for Maximum Efficiency. Appfoster. <https://medium.com/appfoster/7-steps-to-implement-industry-4-0-for-maximum-efficiency-fcd90720ca5a>

⁸³ Shukla, V. (2023, srpanj 20). 7 Steps to Implement Industry 4.0 for Maximum Efficiency. Appfoster. <https://medium.com/appfoster/7-steps-to-implement-industry-4-0-for-maximum-efficiency-fcd90720ca5a>

- Programi obuke djelatnika: Upravitelji transportnih lanaca bi trebali ulagati u sveobuhvatne programe obuke za usavršavanje zaposlenika u digitalnim tehnologijama, analizi podataka i kibernetičkoj sigurnosti. To radnoj snazi omogućuje pouzdano upravljanje novim tehnologijama i prilagodbu promjenjivim proizvodnim procesima.
- Poticanje inovacija: Stvaranje kulture kontinuiranog učenja i inovacija osnažuje zaposlenike da prihvate promjene i doprinesu optimizaciji procesa i razvoju proizvoda.

84

Iz perspektive cijelog sustava kao i samih transportnih lanaca ovi koraci korespondiraju tako da gledanjem što se događa (podaci), saznanjem zašto se to događa (analitika, znanje), predviđanjem što će se dogoditi do krajnjeg koraka kojem industrija 4.0 teži - autonomna reakcija autonomnih strojeva unutar samooptimizirajućih sustava industrije 4.0. Korištenjem naprednih digitalnih tehnologija, optimiziranjem upravljanja podacima i poticanjem digitalno kvalificirane radne snage, upravitelji transportnih lanaca mogu postići neviđene razine produktivnosti, uštede troškova i konkurentnosti. Industrija 4.0 nije samo trend već transformativno putovanje koje će redefinirati budućnost transporta i upravljanja transportnim lancima, utirući put za pametniju, međusobno povezanu eru transporta, logistike i ostalih poslovnih procesa.⁸⁵

3.3 Primjer za analizu implementaciju jedne tehnologije industrije 4.0

Ključ za suočavanje s uvođenjem novih procesa i tehnologija je postupanje na strukturiran način jer vrijedi sljedeće pravilo - Ne uzimati prevelike zalogaje. Ključno je početi s „malim korakom“, steći prva iskustva i primijenite ih na sljedeći projekt. Nekoliko savjeta o tome kako pronaći i razviti svoj prvi slučaj upotrebe jedne od tehnologija industrije 4.0 u transportnim lancima, primjerice AI:

- 1) Odabrati proces koji će se optimizirati pomoću AI – U svakom transportnom lancu postoji niz mogućih primjena AI, potrebno je prvo odabrati mjesto s najvećom potrebom za optimizacijom. Dobri primjeri uključuju pozicioniranje artikala optimizirano za rutu, što često donosi trenutni osjećaj postignuća, ili upravljanje zalihama.

⁸⁴ Shukla, V. (2023, srpanj 20). 7 Steps to Implement Industry 4.0 for Maximum Efficiency. Appfoster. <https://medium.com/appfoster/7-steps-to-implement-industry-4-0-for-maximum-efficiency-fcd90720ca5a>

⁸⁵ Ibid.

- 2) Definirati jasan cilj – Odabrati što se želi postići pomoću AI, te definiranjem jasnih KPI-jeva stvara se osnovu za praćenje uspjeha. To mogu biti parametri kao što su put, izbor i vrijeme distribucije koji se odnose na pozicioniranje predmeta optimizirano za rutu. Što se tiče upravljanja zalihama, na primjer, prosječna razina zaliha, udio prodaje koji se odnosi na zalihe ili čak spremnost za isporuku.
- 3) Uključivanje cijelog tima - Često se podcjenjuje koliko je važno rano uključiti zaposlenike, obično još uvijek postoje averzije posebno glede AI. Jedan prosječni strah je, na primjer, da bi korištenje AI rezultiralo gubitkom radnih mjesta. Osim toga, propituju se dugo uvježbani postupci kao dio implementacije AI, potrebno je educirati zaposlenike o tome koliko ta tehnologija zapravo može povećati učinkovitost i produktivnost te smanjiti pogreške u sustavu.
- 4) Iskorištenje vanjskog savjetovanja - Obično je korisno uključiti vanjske konzultante, prilikom odabira konzultanata, potrebno je osigurati da kombiniraju potrebnu transportnih lanaca i stručnost u području AI. Na primjer, konzultanti nepristrano ispituju postojeće procese i koriste ovaj „hladni pregled“ kako bi otkrili ciljani potencijal optimizacije. Također ugrađuju svoja iskustva iz drugih projekata, tako da brže prelazite na stvar.⁸⁶

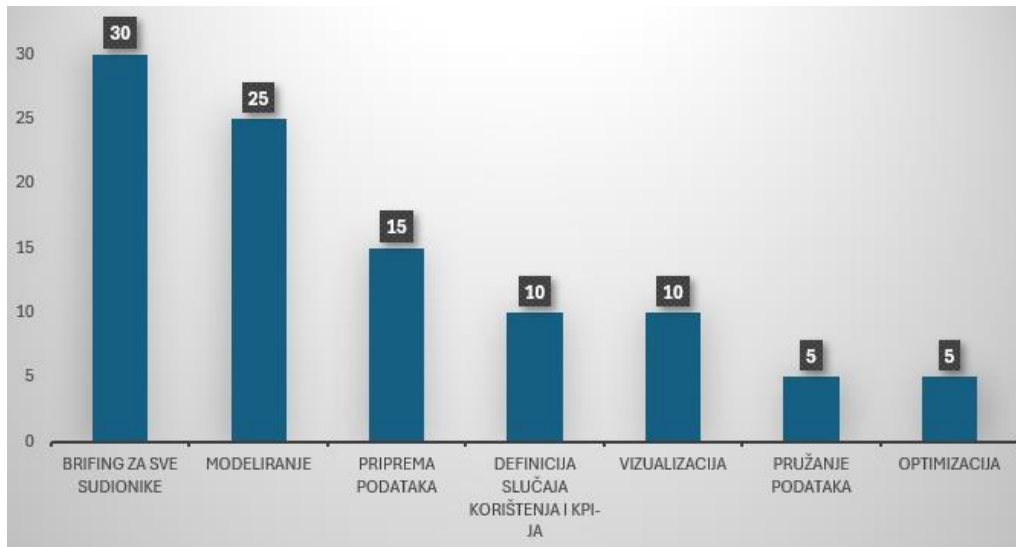
AI je na putu da se razvije od trenda do standardne aplikacije, to se također odnosi i na područje transporta i logistike, što je potkrijepljeno velikim interesom za industriju 4.0. U transportnim lancima postoji širok raspon potencijalnih primjena za AI kako bi se značajno povećala učinkovitost i kvaliteta procesa i smanjio CO2 otisak. Strukturirani pristup koji uključuje sve unutarnje i vanjske tehničke stručnjake i stručnjake za AI pomaže u izbjegavanju skupih pogrešaka. Prema istraživanju tvrtke Gartner procjenjuje se da samo 53 posto projekata AI stigne od prototipa do stvarne primjene, kako bi firme ovo izbjegle ključan je strukturirani i sistemski pristup pri implementaciji u upravljanju transportnih lanaca.⁸⁷ Bez obzira u kojoj industriji, AI projekti slijede otprilike isti slijed, naveden je pogled po koracima, a na slici 5. prikazano je trajanje projekta podijeljeno po koracima:

⁸⁶AI in Logistics: Guide to Enhancing Processes and Reducing Costs. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.tresastronautas.com/en/en/blog/guide-to-artificial-intelligence-in-logistics-process-improvement-and-cost-reduction>

⁸⁷ Gartner Identifies the Top Strategic Technology Trends for 2021. Gartner. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-10-19-gartner-identifies-the-top-strategic-technology-trends-for-2021>

- 1) Informiranje svih sudionika - Ključno je uključiti što veći postotak organizacije u korak s projektima AI, barem interni zaposlenici relevantni za dotični slučaj upotrebe i vanjski konzultanti trebali bi biti obaviješteni na vrijeme. Radi se o preciznom razumijevanju procesa i mogućnosti AI, ispravnom tumačenju podataka i identificiranju problema. To može potrajati nekad i dosta vremena, koje se mora dovoljno precizno isplanirati u naprijed, iskustvo pokazuje da ovaj korak traje do 30 posto trajanja projekta.
- 2) Pružanje podataka - Sljedeći korak je osigurati da su podaci relevantni za slučaj upotrebe dostupni u dovoljnoj količini i kvaliteti. Uz pet posto trajanja projekta, to je obično relativno kratak proces budući da su podaci obično već prikupljeni u ovoj točki i samo ih treba staviti na raspolaganje.
- 3) Priprema podataka - U većini slučajeva podaci se tada moraju pripremiti, različiti izvori podataka moraju biti povezani, a podaci moraju biti označeni. Osim toga, mora se provjeriti kvaliteta i potpunost podataka, to često zahtijeva čišćenje, standardizaciju ili dopunu. Ovaj korak je bitan preduvjet za izradu modela i može trajati do 15 posto trajanja projekta, ovisno o opsegu i kvaliteti baze podataka.
- 4) Modeliranje - Nakon što su podaci pripremljeni, može se započeti s razvojem matematičkog modela, ključno je uključiti znanje specifično za domenu u razvoj, uzeti u obzir iznimke i dugoročno osigurati robusnu kvalitetu, taj korak često zauzima 25 posto od ukupnog trajanja projekta. ⁸⁸

⁸⁸AI in Logistics: Guide to Enhancing Processes and Reducing Costs. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.tresastronautas.com/en/en/blog/guide-to-artificial-intelligence-in-logistics-process-improvement-and-cost-reduction>



Slika 5. Trajanje AI projekta u postocima

Link: *Artificial Intelligence in Logistics—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/artificial-intelligence-in-logistics>*

4. PRIMJENA TEHNOLOGIJE 4.0 U LOGISTIČKOM OKRUŽENJU

Transportni lanci mogu implementirati tehnologije industrije 4.0 na tri različita načina: vertikalnom integracijom, horizontalnom integracijom i end-to-end inženjeringom. To se može omogućiti analizom podataka u stvarnom vremenu, autonomnim nadzorom i kontrolom vozila te kontrolom svih ostalih sudionika procesa transporta, omogućujući fleksibilnost transportnog lanca, poboljšanu vidljivost u mreži i povećanu učinkovitost procesa. Ljudi, strojevi i podaci sada se mogu integrirati kako bi se stvorili transportne lance koji su agilniji i izdržljiviji svim izazovima. Tehnološki napredak u transportnom lancu, također poznat kao transport 4.0, poboljšao je besprijekornu međusobnu povezanost u globalizaciji transportnih lanaca, što je dovelo do poboljšanja učinkovitosti i efikasnosti njihovih procesa.⁸⁹

Budući da će se tradicionalni transportni lanci s vremenom prebaciti na pametne transportne lance kako bi podržali nove transportne modele, načine prijevoza, korisnička iskustva i odnose, implementacija industrije 4.0 donekle je pod utjecajem stanja razvoja zemlje, a to je posebno vidljivo u zemljama u razvoju. Unatoč gore navedenim prednostima, tradicionalni transportni lanci, posebno u zemljama u razvoju, nisu mogli brzo pratiti rastuće revolucionarne inovacije koje je donio napredak u tehnologijama industrije 4.0. To je zato što zemlje u razvoju često imaju ograničena financijska sredstva za subvencioniranje industrije i nemaju poticajne politike podrške. Nedavna istraživanja zaključila su da nedostatak koordiniranih napora i relativno slabe institucionalne politike u takvim zemljama su glavne prepreke tehnološkim inovacijama koje su potrebne za postizanje početne implementacije industrije 4.0, a kasnije se unaprijedili i nadogradili.⁹⁰

Opskrbni lanac 4.0 također omogućuje transformaciju opskrbnih lanaca iz linearnog modela u kojem upute teku od dobavljača preko proizvođača preko distributera do potrošača u više integrirani model u kojem informacije teku u više smjerova. McKinsey je izvijestio da digitalizacija dovodi do toga da opskrbni lanac 4.0 postaje brži, fleksibilniji, detaljniji, precizniji i učinkovitiji. Opskrbni lanac 4.0 također čini da veze među opskrbnim lancima postaju

⁸⁹ Supply Chain 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/23392>

⁹⁰ Ibid.

fleksibilnije, zbog svega navedenog korporacije s opskrbnim lancem 4.0 poboljšat će svoju konkurentsku prednost, dostupnost proizvoda i tržišni udio.⁹¹

Tvrtke ulažu velika sredstva u razvoj vlastitog opskrbnog lanca 4.0, u studiji PwC-a o napretku industrije 4.0, trećina ispitanika izjavila je da su njihova radna mjesta krenula u digitalizaciju svojih opskrbnih lanaca, dok se očekuje da će 72 % učiniti isto u roku od pet godina. LaBerge je otkrio da je COVID-19 pandemija je ubrzala korištenje i usvajanje digitalnih tehnologija, a očekuje se da će to učiniti čak i kada kriza završi. Osim toga, McKinsey je izvijestio da usvajanje opskrbnog lanca 4.0 može smanjiti operativne troškove do 30 %, smanjiti izgubljenu prodaju za 75 % i proizvesti smanjenje zaliha do 75 %, te bi se istodobno trebala značajno povećati agilnost cijelog lanaca. Ukratko, opskrbni lanac 4.0 je prilika za zemlje u razvoju jer su već postali glavni dio globalnog opskrbnog lanca.⁹²

U svijetu transporta i logistike razvoj globalnog gospodarstva te znanosti i tehnologije promijenio je tradicionalnu ravnotežu između kupaca i dobavljača. Rast međunarodnih i interkontinentalnih tokova uvjetovan procesom globalizacije tržišta koji se posljednjih godina sve više intenzivira te procesom u digitalizaciji koji svakim danom čini goleme korake, doveli su do toga da je danas logistika 4.0 sve poznatiji pojam. Prema McKinseyju, pouzdanj konzultantskoj i savjetničkoj tvrtki mnogih najutjecajnijih svjetskih poduzeća i institucija, logistika 4.0 je ona koja koristi IoT, AI, naprednu analitiku i big data u upravljanju transportnim lancem, kako bi značajno poboljšala radnu učinkovitost. Posljedično, ovaj novi termin odnosi se na blisku vezu između logistike i digitalizacije, koja zahvaljujući tehnološkom razvoju primijenjenom na sektor transformira proces dostave proizvoda kupcima i upravljanje transportnim lancem, u inovativan i učinkovitiji način.⁹³

Ključni ciljevi logistike 4.0 su učinkovitost, fleksibilnost, otpornost, kao i upravljanje i ublažavanje rizika. Svrha upravljanja opskrbnim lancem je postići u pravo vrijeme savršenu usklađenost između potražnje i ponude. Logistika 4.0 zahtijeva jednostavan pristup, brzu obradu informacija, sigurnost i sve to na jednom mjestu. Logističke tvrtke često žele imati jedinstveni sustav koji će tvrtki osigurati sve što je dostupno u što više sustava kojima upravlja jedan zaposlenik. Zbog nedostatka učinkovite koordinacije, ručnog kopiranja dokumenata, bez

⁹¹ Supply Chain 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/23392>

⁹² Ibid.

⁹³ What is industry 4.0 and the Fourth Industrial Revolution? | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>

utvrđivanja statusa i mogućnosti povezivanja sustava na jednostavan način, rad na ovim sustavima je neatraktivan, zamoran i dugotrajan.⁹⁴

Industrija 4.0 podrazumijeva daljnju digitalizaciju kroz dodatno povezivanje procesa unutar transportnog lanca s: tržištem, dobavljačima, partnerima i znanstvenim istraživanjima, te obrazovne ustanove, banke, državne službe i slično. Tako industrija 4.0, temeljena na koheziji svih aktera i funkcija kroz umrežavanje i integraciju podataka, stvara preduvjete za realizaciju pravog automatiziranog transportnog lanca. Navedeno umrežavanje i integracija podataka može se promatrati kroz vertikalnu i horizontalnu integraciju.⁹⁵

U tradicionalnom razmišljanju o proizvodnji proizvodni proces uključuje sve korake koji se odvijaju nakon što komponente uđu u tvornicu i prije nego što je napuste kao gotov proizvod. Koncepti industrije 4.0 zahtijevaju širu perspektivu. Sada, životni ciklus proizvoda počinje s prvim idejama razvoja proizvoda i proteže se vodoravno kroz korake razvoja, proizvodnje i transporta do prodaje i konačnog recikliranja ili odlaganja proizvoda. Vertikalna integracija odnosi se na IT sustave povezane sa strojevima i uređajima koji rade na različitim razinama proizvodne hijerarhije. U tradicionalnoj terminologiji, te hijerarhijske razine uključuju:

- 1) Razina polja — u kojoj senzori pretvaraju podatke o okolišu u signale koji se analiziraju i u aktuatoru, koji pretvaraju signale u akcije.
- 2) Kontrolna razina — u kojoj kontroleri prikupljaju procesne podatke od senzora i pogonskih pokretača.
- 3) Razina proizvodnog procesa — u kojoj automatski uređaji prate, kontroliraju i prilagođavaju određene funkcije u proizvodnim procesima.
- 4) Operativna razina — koja uključuje funkcije kao što su planiranje proizvodnje i upravljanje kvalitetom.
- 5) Razina planiranja poduzeća — koja upravlja cijelim proizvodnim sustavom, omogućavajući poslovne funkcije kao što su planiranje proizvodnje i analiza tržišta.
- 6) Razina povezanog svijeta — gdje se tradicionalna hijerarhija proširuje prelaskom izvan izoliranih proizvodnih pogona. Na ovoj razini mrežna sredstva i procesi povezuju i podržavaju protok podataka kroz proizvodne sustave. Industrijske komunikacijske

⁹⁴ What is industry 4.0 and the Fourth Industrial Revolution? | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>

⁹⁵ Topčić, A. (2020). Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0

mreže povezuju sve vertikalno integrirane razine zajedno, šaljući podatke s jedne razine hijerarhije na drugu.⁹⁶

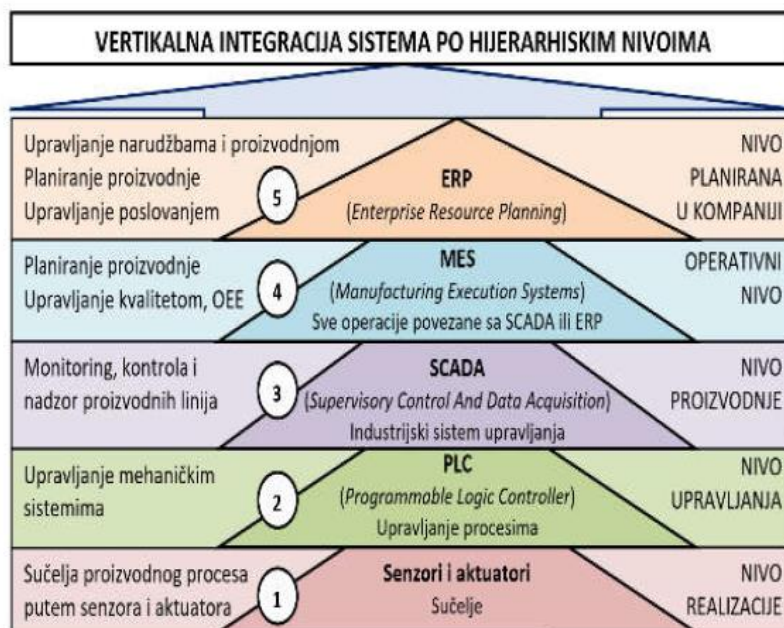
Slika 6. prikazuje vertikalnu integraciju, koja se odnosi na aktivnosti unutar tvrtke od logističkih procesa (razvoj proizvoda, proizvodnja, nabava, logistika, usluge) preko operativne razine do razine proizvodnog pogona, a uključuje razmjenu podataka, njihovu moguću analizu i optimizaciju u stvarnom vremenu na svim razinama. Pri vertikalnoj integraciji zahvaćeni su svi sustavi u tradicionalnoj piramidi automatizacije: od razine polja i razine kontrole do razine proizvodnje, razine procesa i razine planiranja poduzeća.⁹⁷

Vertikalna integracija učinit će da tradicionalni prikaz piramide automatizacije nestane, isto vrijedi i za nekoliko sustava i aplikacija na ovim različitim razinama. Drugi sustavi kao što je ERP dramatično će se promijeniti, dok će drugi biti zamijenjeni aplikacijama koje se brzo razvijaju u okviru industrijskih IoT platformi, posebno proizvodnih platformi i vertikalnih platformi za različite zadatke i slučajeve upotrebe u mnogim aspektima industrije koje dobivaju sve više značajki i kombinirati u interoperabilnom pristupu „sustav sustava“ i platformama za digitalnu transformaciju i poslovnim aplikacijama u koje se integriraju IoT platforme i funkcionalnosti.⁹⁸

⁹⁶ Topčić, A. (2020). Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. I-SCOOP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>



Slika 6. Vertikalna integracija koncepta industrije 4.0

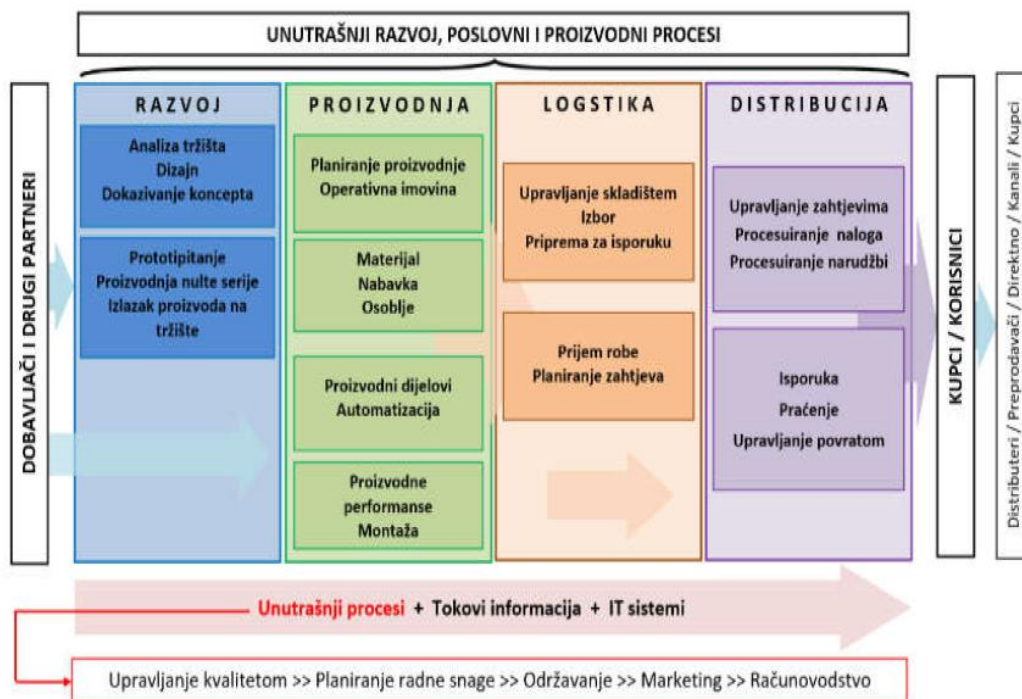
Izvor: Topčić, A. (2020). *Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0*

Integracija se bavi protokom podataka između povezanih strojeva i uređaja u različitim dijelovima životnog ciklusa proizvoda i razinama proizvodne hijerarhije. Slika 7. prikazuje horizontalnu integraciju, koja se odnosi na globalne opskrbne lance (od dobavljača do krajnjih korisnika) i u biti predstavlja povezivanje proizvodnih lokacija kroz razmjenu informacija u stvarnom vremenu duž cijelog lanca opskrbe, čime se stvaraju uvjeti za izradu optimalnih proizvodnih planova, te koordinacija svih aktivnosti potrebnih za njihovu realizaciju.⁹⁹

Kod horizontalne integracije ne radi se o hijerarhijskom prikazu nekoliko sustava kao kod vertikalne integracije, već o spomenutom povezanom lancu opskrbe od kraja do kraja: od dobavljača i procesa, protoka informacija i IT sustava u fazi razvoja proizvoda i proizvodnje do logistika, distribucija i na kraju kupac. To također utječe na različite sustave koji se koriste na industrijskim tržištima i na kraju se sve vrti oko podataka i kako, zašto i gdje se koriste u pravo vrijeme i na pravom mjestu, drugim riječima, od podataka do znanja s dodatnim slojem upotrebe, koji će kasnije definirati odluke, to u Industriji 4.0 znači čovjeka, poluautonomnog i autonomnog.¹⁰⁰

⁹⁹ Topčić, A. (2020). *Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0*

¹⁰⁰ Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. I-SCOOP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>



Slika 7. Horizontalna integracija koncepta industrije 4.0

Izvor: Topčić, A. (2020). *Izazovi i mogućnosti implementacije pojedinih tehnoloških nosilaca koncepta industrije 4.0*

Najmoderniji transportni lanci uključuju transportne burze, sustave kao što su: sustavi za upravljanje skladištem (eng. Warehouse management systems - WMS), sustav upravljanja transportom (Transportation management system - TMS), ERP i upravljanje voznom parkom (Fleet management). Zahvaljujući jedinstvenom sustavu, upravitelji transporta mogu bez poteškoća pronaći outsource firmu za transport, kao i objave ponude raspoloživih prijevoznih sredstava ili tereta, provjere preporučenih ili prijavljenih podizvođača, preko mogućnosti pregovaranja ili nametanja zadane cijene za zadanu vozarinu nakon odobrenja transakcije, do automatske izrade transportnog naloga. Takvi sustavi uglavnom šalju vozaču automatske precizne upute o mjestu utovara i istovara, datumima rada i teretu nakon dodjele podizvođača ili određenog prijevoznog sredstva.¹⁰¹

Prilagodba modernih sustava točnim potrebama poslovnih strategija tvrtki iznimno je važna, tvrtke koje su dovoljno fleksibilne na prilagodbu strategijama veoma dobro prolaze na već sada konkurentnom tržištu. Prijevoznici su automatski povezani s tvrtkama koje pružaju

¹⁰¹ Logistics automation: Big opportunity, bigger uncertainty | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>

usluge naplate potraživanja, zahvaljujući integraciji s telematskim mrežama i voznim parkom, špedicije imaju pristup vizualizacijama svih kamiona svojih kooperanata na jednoj karti integriranoj s operativnim sustavom. Proizvodne i trgovačke tvrtke koje se žele same baviti logistikom mogu automatski birati prijevoznike u stvarnom vremenu, to je moguće zahvaljujući algoritmima posebno posvećenim određenoj tvrtki, grani ili čak određenoj vrsti proizvoda ili dostave. Ono što je najvažnije, poslovanje će raditi sigurnije i učinkovitije, ostavljajući prostor za nove poslovne prilike.¹⁰²

4.1 Implementacija tehnologije industrije 4.0

Implementacija tehnologije industrije 4.0 u transportnim lancima uključuje digitalizaciju i integraciju svih transportnih procesa, od utovara do isporuke proizvoda do krajnjeg korisnika. Razine implementacije povezane su s količinom dijelova sustava koju mogu govoriti i koordinirati svoje aktivnosti bez ljudske intervencije. Ova integracija i digitalizacija omogućuje brzo prilagođavanje transportnih lanaca tržišnim promjenama, optimizaciju sustava, smanjenje troškova, efektivniju nabavu te praćenje u stvarnom vremenu kako bi se osigurala izvrsnost i dosljednost. Ključni elementi za uspješnu implementaciju industrije 4.0 uključuju procjenu uloge korporacije, organizacijski pristup, kontrolu, organizacijsku kulturu i verbalnu razmjenu te organizacijski oblik.¹⁰³ Implementacija tehnologija industrije 4.0 u transportnim lancima uključuje niz koraka koji se mogu podijeliti na sljedeći način:

- 1) Definiranje procesa dostave: prvi korak u nametanju industrije 4.0 u transportnim lancima je definiranje metode isporuke i njegovo svođenje na specifične korake. Ovaj korak podrazumijeva znanje svih sudionika transportne logistike i pretvaranje složenih pristupa u lake korake.
- 2) Digitalizacija transportne logistike: Nakon definiranja sustava dostave, sljedeći korak je digitalizacija transportne logistike. Ovaj korak uključuje korištenje tehnologija s IoT, AI, blockchainom i analitikom velikih podataka kako bi se poboljšala izvedba i transparentnost opskrbnih lanaca.

¹⁰² Čatić, I. (2017). Što je industrija 4.0? Jezik: časopis za kulturu hrvatskoga književnog jezika, 64(3–4), 148–151.

¹⁰³ Ibid.

- 3) Integracija tehnologija industrije 4.0: Digitalizaciju prati integracija tehnologija industrije 4.0 u transportne lance. Ovaj korak uključuje završnu integraciju navedenih tehnologija.
- 4) Optimizacija procesa dostave: Nakon integracije tehnologija industrije 4.0, sljedeći korak je optimizacija načina isporuke. Ovaj se korak uključuje optimizaciju implementiranih tehnologija u postojeći sustav.
- 5) Praćenje i razvoj: Nakon optimizacije, posljednji korak je prikazati i poboljšati proces otpreme. Ovaj korak uključuje kontinuirano praćenje i poboljšavanje taktika kako bi se osigurala njihova učinkovitost, ovaj korak je kontinuiran.¹⁰⁴

Implementacija industrije 4.0 uključuje značajne izazove, s potrebom za trošenjem novca na nove tehnologije, upravljanje trgovinom i rješavanje pitanja sigurnosti i privatnosti. Stoga uspješna implementacija zahtijeva strateško planiranje, financiranje i upravljanje, kao i uspješna manipulacija svih promjenama unutar načina rada transportnog lanca, s ispravnom obukom zaposlenika za rukovanje s novim tehnologijama i održavanju istih. U konačnici, zadnje pitanje je sigurnost i privatnost sustava, odnosno prikupljenih podataka, te se mora postaviti jasna i čvrsta zaštita istih.¹⁰⁵

Još jedno područje koje ima koristi od napretka industrije 4.0 je nadzor i praćenje vozila. Iako se tehnologija nije puno promijenila, postala je jeftinija sa znatno boljim značajkama koje zadovoljavaju vrlo stvarne operativne potrebe, te je tako postala pristupačnija brojnim transportnim lancima. Mnoga od najnovijih rješenja dizajnirana su za pružanje iste funkcionalnosti koju su tvrtke očekivale od rješenja za nadzor i praćenje, ali s dodatnim funkcijama koje rješavaju ograničenja iz prošlosti. Budućnost upravljanja transportnim lancima leži u holističkoj primjeni tehnologija industrije 4.0 koja je sve isplativija za implementaciju i koja donosi mjerljiv povrat ulaganja.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Logistics automation: Big opportunity, bigger uncertainty | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>

¹⁰⁵ Ibid.

¹⁰⁶ Industry 4.0 Meets Digital In Transportation | CIO Africa. Preuzeto srpanj 2024., od <https://cioafrica.co/industry-4-0-meets-digital-in-transportation/>

4.2 Uvjeti za implementaciju industrije 4.0

Gledajući visoko rangirane zemlje (Singapur, Njemačku i Nizozemsku) prema indeksu logističke uspješnosti Svjetske banke, naime, postaje očito da one iskorištavaju nove tehnologije, kao što su blockchain, IoT, AI i big data, kako bi optimizirale procese opskrbnog lanca i poboljšali učinkovitost, također te vlade stvaraju partnerstva s dionicima iz privatnog sektora kako bi potaknule inovacije i odgovorile na hitne izazove, kao što su održivost i digitalizacija. Analizirajući buduću putanju logističkog sektora, jasno je da se države diljem svijeta slažu na temu: ulaganje u infrastrukturu, tehnologiju i razvoj talenata, poput Katara, koji je pozicioniran na čelu ovog globalnog nastojanja, te stoji kao svjetionik inovacija i napretka. Zemlja je na sedmom mjestu u svijetu po logističkoj kompetenciji, prema Agility Emerging Markets Logistics Index 2024., a druga je u regiji po pristupu tehnologiji prema Network Readiness Indexu 2023.¹⁰⁷

Uprava za slobodne zone Katara (eng. Qatar Free Zones Authority - QFZ) ključni je pokretač logističkog sektora u zemlji, predvodeći razne inicijative za poticanje njegovog širenja. Do danas, QFZ ugošćuje četiri od deset najvećih globalnih logističkih poduzeća i nastavlja uključivati inovativne tehnologije, poput AI u logistici, kao i razvoj novih sredstava, uključujući potpuno nova regionalna distribucijska središta. Ovi naponi dodatno jačaju logističku infrastrukturu Katara i privlače nove sudionike na tržištu, unaprjeđujući poziciju zemlje kao lidera u globalnom logističkom krajoliku.¹⁰⁸

Kontinuirani razvoj online i offline zahtjeva potrošača podiže očekivanja u vezi s provedbom opskrbnog lanca. Vrijeme isporuke postaje sve kraće, s uslugama istog dana, pa čak i jednosatnim uslugama u porastu. Krajnji primatelji zahtijevaju veću fleksibilnost i više opcija isporuke koje odgovaraju njihovom životnom stilu, a ne operativnim procesima tvrtke. Stari način proizvodnje, skladištenja i dostave proizvoda je zastario, te je potrebna nova end-to-end sinkronizirana mreža opskrbe, gdje dobavljači, proizvodna mjesta, transportni lanci, kupci i stručnjaci učinkovito surađuju unutar besprijekornog ekosustava. Ova opskrba mreža bila bi besprijekorna i međusobno povezana, te bi mogla brzo pilotirati, učiti, eliminirati zadatke niske

¹⁰⁷ Are these 5 trends disrupting or driving logistics growth? (2024, svibanj 24). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2024/05/logistics-growth-trends/>

¹⁰⁸ Ibid.

kvalitete i standardizirati radnje koje se ponavljaju. To bi stvorilo visoku učinkovitost i optimiziralo troškove, dok bi također ostavilo manji otisak na okoliš.¹⁰⁹

Ako trenutni uvjeti tvrtke koja teži uvođenju industrije 4.0 značajno odstupaju od vizije industrije 4.0, tada će postojati brojni preduvjeti koje treba ispuniti. Ako poduzeće ispunjava uvjete za uvođenje industrije 4.0, tada će sigurno veći dio poduzeća primijeniti industriju 4.0 uz ispunjavanje svih potrebnih preduvjeta koji nedostaju.¹¹⁰ Na slici 8. su prikazani osnovni preduvjeti za implementaciju industrije 4.0, a to su:

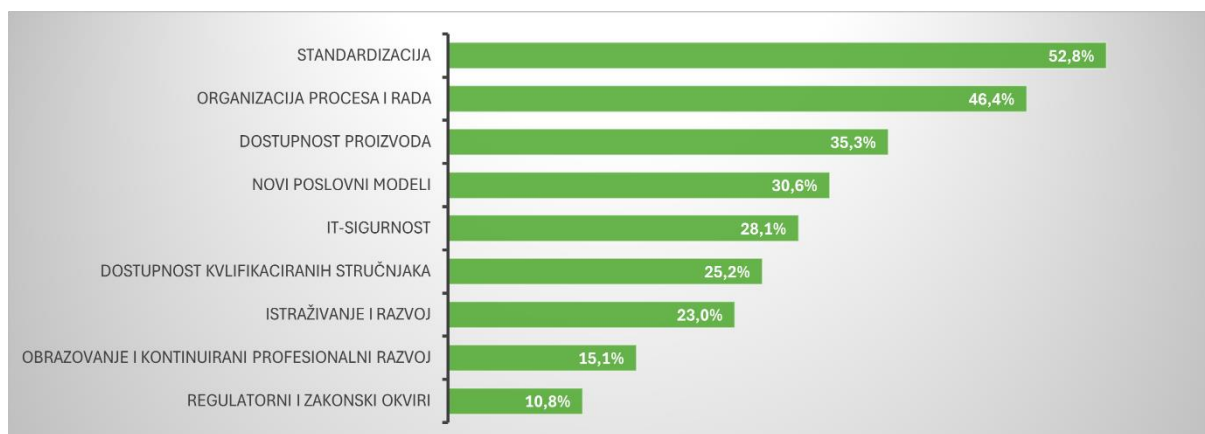
- 1) Standardizacija sustava, platformi, protokola, veza i sučelja predstavlja ključnu i referentnu arhitekturu koja bi trebala dati tehnički opis ovih standarda i olakšati njihovu implementaciju te omogućiti jednostavniju implementaciju procesa Industrije 4.0. Uspostava normizacije zahtijeva suradnju svih poduzeća.
- 2) Organizacija rada morat će se prilagoditi promjenama u poslovnim modelima. Kontrola usmjerena na "stvarno vrijeme" transformirat će radni sadržaj, procese i okruženje, što će rezultirati povećanom odgovornošću i stalnom potrebom za razvojem pojedinaca. To će zahtijevati zajedničke napore između dionika da bi bilo uspješno.
- 3) Hoće li biti dostupni proizvodi koji se mogu koristiti u procesu proizvodnje ili prodavati različitim kupcima?
- 4) Moraju se razviti i implementirati novi poslovni modeli – koji su troškovi i tko će snositi rizik i troškove inicijativa koje propadnu?
- 5) Sigurnost / zaštita znanja - presudno u globalnoj konkurenciji. Hoće li tvrtke/vlade biti voljne ulagati ako njihove inovacije mogu lako kopirati drugi koji nisu morali ulagati u istraživanje i razvoj (uključujući one sa sjedištem u trećim zemljama)? Hoće li troškovi ulaganja u sigurnosnu opremu radnika biti razmjerni potencijalnim dobitima? Proizvođači će se morati zaštititi od zlouporabe i neovlaštenog pristupa, na primjer korištenjem jedinstvenih identifikatora i obukom osoblja.
- 6) Dostupnost kvalificiranih radnika koji mogu dizajnirati i upravljati industrijom 4.0. Tko će ulagati u njihove vještine i obuku? Koje su implikacije zapošljavanja za one bez takvih vještina?

¹⁰⁹ Why strive for Industry 4.0. (2019, siječanj 16). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-companies-should-strive-for-industry-4-0/>

¹¹⁰ Logistics automation: Big opportunity, bigger uncertainty | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>

7) Tko će provoditi istraživanja potrebna za daljnji razvoj industrije 4.0 (javno/privatno)?

111



Slika 8. Uvjeti za implementaciju industrije 4.0

Izvor: Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M.: „Industry 4.0“, European Union, 2016

Rezultati istraživanja u kojem je testirano dvjesto sedamdeset i osam tvrtki (koje proizvode biljke i strojeve) pokazuju najveće izazove pri uvođenju industrije 4.0. Kao najvažniji preduvjet za implementaciju industrije 4.0 tvrtke su navele standardizaciju sustava i procesa. Standardizirani sustavi, platforme, procesi i sučelja čine ključnu infrastrukturu za lakšu implementaciju Industrije 4.0.¹¹²

Jedan od najznačajnijih učinaka revolucije industrije 4.0 bit će izrazito povećanje kvalitete i dostupnosti podataka. Određeni visok stupanj unutar operativne vidljivosti već je neophodan za tvrtke koje pokušavaju usvojiti sofisticiranija IT rješenja, to povećanje kvalitete podataka i transparentnosti ima značajne posljedice za planiranje prijevoza. Točnije, može omogućiti planerima stvaranje točnijih prognoza otpreme i potražnje, te razviti fleksibilnije opcije otpreme i usmjeravanja na temelju podataka o prometu, vremenu i ograničenjima u stvarnom vremenu.¹¹³

Primjeri implementacije industrije 4.0 iz prakse ilustriraju kako korisnici integriraju najnovije tehnologije kako bi poboljšali izvedbu svojih logističkih procesa. Poput industrije,

¹¹¹ Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129(C), 1–11.

¹¹² Zoubek, M., & Michal, Š. (2021). A FRAMEWORK FOR A LOGISTICS 4.0 MATURITY MODEL WITH A SPECIFICATION FOR INTERNAL LOGISTICS. *MM Science Journal*, 2021, 4264–4274. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_03_2020073

¹¹³ Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129(C), 1–11.

transportni lanac suočava se s okruženjem koje se često mijenja, a kupci zahtijevaju sve više neposrednih rezultata. Kako najbolje odgovorili na te izazove, tvrtke moraju implementirati inovativne tehnologije u sve svoje procese kako bi stvorile agilniju i učinkovitiju logističku mrežu. Fleksibilni transportni lanci, veća integracija između različitih poslovnih područja i digitalna transformacija transportnih lanaca postali su temelj industrije 4.0 u lancima opskrbe.¹¹⁴

4.3 Primjena i implementacija IoT-a u logističkim procesima

4.3.1 Primjena IoT-a u logističkim procesima

Posljednjih godina uporaba IoT u području logistike i transporta eksponencijalno je porasla, prvenstveno zbog činjenice da usmjeravanje i kontrola procesa igraju veliku ulogu u transportu, sasvim je prirodno da IoT uređaji mogu biti vrlo učinkoviti u procesu transporta. Koristeći ogromnu mrežu ugrađenih senzora, pametnih naprava i ostalih dodataka, IoT uređaji prikupljaju neobrađen set podataka, te korištenjem pametnog softvera, ove sirove informacije mogu se modificirati u korisne informacije korištene za donošenje sofisticiranijih odluka. Primjer bi mogle biti CCTV kamere koje prikupljaju evidenciju posjetitelja i automobila u stvarnom vremenu. Ti se zapisi zatim šalju natrag u objekte za kontrolu posjetitelja koji zatim određuju najprikladniji smjer isporuke. Nova generacija IoT senzora omogućuje nadzor u stvarnom vremenu unutar kontejnera za pakiranje i utovarnih prikolica, eliminirajući potrebu testiranja od strane vozača. IoT uređaji također mogu održavati stabilnu vezu bilo gdje jer koriste Bluetooth Low Energy za povezivanje.¹¹⁵

IoT postaje posao budućnosti. Čak 15 posto tvrtki u svijetu već koristi IoT u svom poslovanju, najčešće u logistici. Taj će postotak u narednim godinama brzo rasti. Procjenjuje se da će u bliskoj budućnosti biti povezano 200 milijardi uređaja. Vrijednost tržišta projicira se na 80 milijardi dolara.¹¹⁶ IoT tehnologija omogućava povezivanje različitih uređaja unutar logističkog lanca, što rezultira boljom koordinacijom i efikasnošću. Na primjer, senzori postavljeni na kamione mogu pratiti njihovu lokaciju, brzinu, i stanje tereta u realnom vremenu,

¹¹⁴ Mecalux. Industry 4.0 examples in business. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mecalux.com/blog/industry-4-0-examples>

¹¹⁵ Zoubek, M., & Michal, Š. (2021). A FRAMEWORK FOR A LOGISTICS 4.0 MATURITY MODEL WITH A SPECIFICATION FOR INTERNAL LOGISTICS. *MM Science Journal*, 2021, 4264–4274. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_03_2020073

¹¹⁶ Industrija 4.0 u Hrvatskoj – THGK. (2020, veljača 3). <https://ccic.hr/blog/industrija-4-0-u-hrvatskoj/>

omogućujući logističkim menadžerima da optimiziraju rute i rasporede isporuke. Također, IoT može pomoći u praćenju stanja proizvoda, kao što su temperatura i vlažnost, što je posebno važno za osjetljive terete poput hrane ili lijekova.¹¹⁷

Dodatni primjer primjene tehnologije u transportnom lancu su senzori na kontejnerima koji mogu slati podatke o lokaciji i stanju tereta u stvarnom vremenu, što upraviteljima omogućuje praćenje njihovih proizvoda u cijelom lancu. To ne samo da poboljšava vidljivost i kontrolu nad zalihama, već također omogućuje proaktivno upravljanje rizicima, kao što su kašnjenja isporuke ili oštećenja proizvoda. IoT igra značajnu ulogu u transformaciji transportnih lanaca, jer se sastoji od povezanih uređaja koji komuniciraju putem interneta, prikupljaju i dijele podatke koji u konačnici mogu poboljšati učinkovitost i transparentnost.¹¹⁸ Brojne su primjene IoT-a u upravljanju transportnim lancima, a neke od njih su:

- 1) Praćenje i upravljanje zalihama - Senzori se mogu postaviti na proizvode ili palete za praćenje njihove lokacije u stvarnom vremenu, omogućujući tvrtkama potpunu vidljivost svog transportnog lanca i mogu pomoći u smanjenju gubitaka zaliha i poboljšanju točnosti isporuke.
- 2) Automatizacija transportnih procesa – IoT uređaji se mogu koristiti za automatizaciju raznih transportnih procesa, poput praćenja pošiljaka, upravljanja zalihama i planiranja rute.
- 3) Nadzor prometa - Senzori se mogu postaviti na transportna vozila za praćenje njihove lokacije, brzine i stanja na cesti.
- 4) Prediktivno održavanje - IoT uređaji mogu prikupljati podatke sa strojeva i opreme, omogućujući tvrtkama da predvide kvarove i obave održavanje prije nego što dođe do problema.
- 5) Optimizacija resursa - IoT može pomoći tvrtkama da bolje iskoriste svoje resurse, smanjujući troškove i povećavajući učinkovitost.
- 6) Sigurnost - IoT može poboljšati sigurnost u transportnim lancima, omogućujući tvrtkama praćenje i upravljanje rizicima.¹¹⁹

¹¹⁷ Efthymiou, O., & Ponis, S. (2021). Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13, 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>

¹¹⁸ Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>

¹¹⁹ Efthymiou, O., & Ponis, S. (2021). Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13, 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>

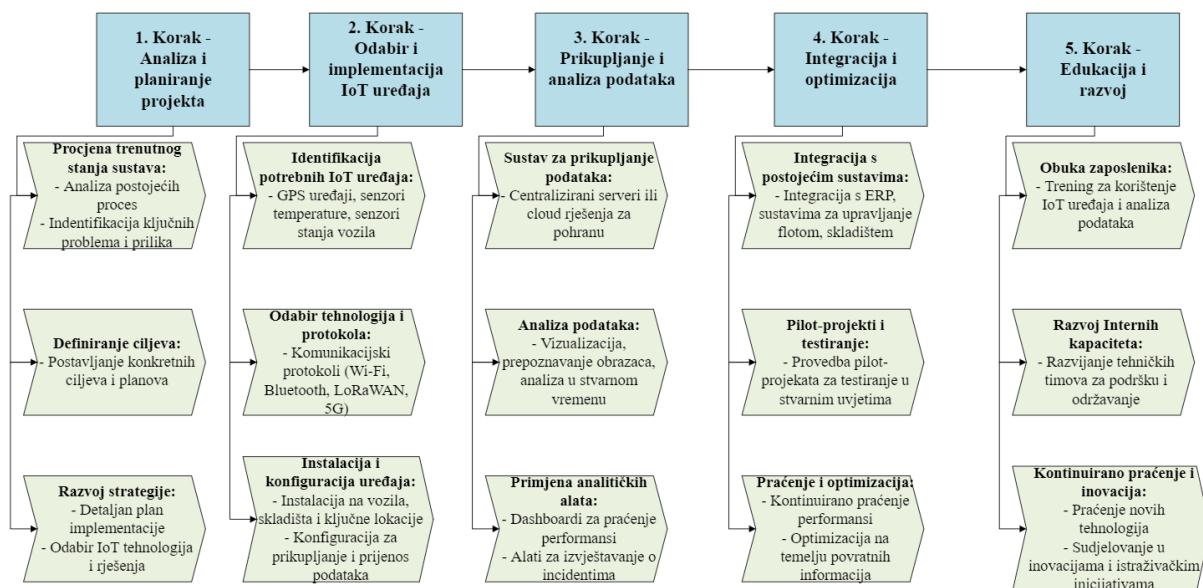
Integracija uređaja IoT i drugih povezanih tehnologija u opskrbni lanac može utjecati na način na koji se proizvodi premještaju iz tvornice do njihovog konačnog odredišta. Primjer kod upravljanja transportnom mrežom koja uključuje brojna čvorišta i vozila, kada se kamion pokvari na putu do isporuke, glavni cilj je ublažiti štetu i vratiti isporuke na vrijeme. Tradicionalno, ova bi situacija gotovo sigurno rezultirala trnovitim, stalnim uskim grlom, ali u eri industrije 4.0 može se pratiti cijela transportna mreža u stvarnom vremenu te stvoriti i implementirati nove rute i planove otpreme u trenu. Moguće je otkriti da jedan od vozila radi u blizini kvara s manje od punog tereta i može primiti dio tereta drugog vozila, čime se očuva značajna količina vrijednosti. Također, može se utvrditi da dobavljač ima kapacitet da isporuči zamjenski proizvod s malim rokom isporuke, što znači da ako se može organizirati dovoljan kapacitet kamiona, može se nastaviti s gotovo normalnim rasporedom isporuke sustava. U svakom od ovih slučajeva, sve povezani transportni lanac može se lakše prilagoditi neočekivanim slučajima na fleksibilan, agiln način koji u konačnici donosi dodatnu vrijednost cijelom sustavu.¹²⁰

4.3.2 Procesni dijagram implementacije IoT-a u logističkim procesima

Implementacija Interneta Stvari (IoT) u transportne lance može donijeti značajne prednosti, uključujući poboljšanje vidljivosti u stvarnom vremenu, povećanje sigurnosti i optimizaciju procesa. Ključ uspjeha leži u pažljivoj analizi trenutnog stanja, odabiru pravih IoT uređaja, prikupljanju i analizi podataka, te integraciji s postojećim sustavima. Edukacija zaposlenika i razvoj internih kapaciteta su također ključni za uspješno usvajanje i upravljanje IoT rješenjima. Procesni dijagram implementacije sa slike 9. naglašava značaj analize postojećeg stanja i planiranja prije nego što se krene u odabir i implementaciju IoT uređaja. Ključni elementi uključuju prikupljanje i analizu podataka te njihovu integraciju u postojeće sustave. Edukacija zaposlenika i kontinuirana optimizacija također su važni za maksimalno iskorištavanje IoT tehnologija.¹²¹

¹²⁰ Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>

¹²¹ Ibid.



Slika 9. Procesni dijagram implementacije IoT-a u logističkim procesima

Izvor: Izradio autor

4.3.3 Praktični primjer implementacije IoT-a u logističkim procesima

Artronic je hrvatska IT tvrtka s preko 30 godina iskustva u proizvodnji i razvoju sustava, te njihov tim čine visokoobrazovani i predani stručnjaci koji uvijek nastoje pronaći najbolje rješenje za korisnike. SkyTrack je softver tvrtke čiji je razvoj započeo 2001. godine, danas razvijaju napredne SkyTrack sustave koji su rješenje za sve svoje kupce, bilo oni velike, srednje ili male tvrtke, također razvijaju uređaje koji rade kao cjelina (IoT) te korisnicima omogućuju brojne uštede, produktivniji rad i kontrolu svojih poslovnih procesa, poput upravljanja transportnim lancima. Uvijek teže prema inovativnosti, što potvrđuje i činjenica da svoje proizvode prilagođavaju i nadograđuju prema željama i potrebama klijenata i tržišta. Zahvaljujući korisnicima, u više od tri desetljeća poslovanja ugradili su preko desetke tisuća SkyTrack uređaja.¹²²

SkyTrack sustavi omogućuju automatizaciju, digitalizaciju i optimizaciju logističkih procesa, praćenje stanja vozila i voznog parka, planiranje i optimizaciju ruta, upravljanje voznim parkom, analizu troškova i koristi i ECO Drive. Dugi niz godina tvrtke iz regije biraju SkyTrack sustav, kao jedno od najprestižnijih i najtraženijih rješenja na području Europe. Prednosti njihovih rješenja koje je važno istaknuti su digitalizacija dokumenata, brže otkrivanje

¹²² Artronic—About Us. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/about-us>

potencijalnih grešaka i smanjenje nepotrebnih troškova. Ključni moduli SkyTrack sustava su Logistika, Dostava, Delivery Prime, Position Manager, Track&Trace System, Document Generator, Dashboard i Reports.¹²³ Skytrack se koristi za optimizaciju sljedećih procesa transportnih lanaca:

1) Digitalna logistika - Kao jedno od najprestižnijih i najistaknutijih rješenja u svijetu logistike ističe se digitalni logistički sustav SkyTrack, specifično modularno rješenje kojim tvrtke poboljšavaju funkcionalnost svoje flote, smanjuju troškove, povećavaju produktivnost, štede vrijeme i resurse, doprinose zaštiti okoliša i imaju mogućnost transparentnog poslovanja. Sustav se koristi putem tableta.

2) Digitalna potvrda dostave - napredni je sustav koji omogućuje učinkovitu i optimalnu dostavu bez nepotrebne papirologije, prvenstveno pomaže klijentima u planiranju i optimizaciji procesa dostave, kao i procesa otpreme. U praksi, vozač dolazi na dostavno mjesto svog kupca, te nakon kontrole isporučene robe, nadležna osoba na dostavnom mjestu potvrđuje i ovjerava digitalno dokument, nakon ovjere retroaktivno se šalje potpisana otpremnica na obje strane.

3) Upravljanje voznim parkom - modul omogućuje organizirano i uspješno praćenje obveza i troškova vezanih uz vozni park, poput osiguranja, registracije i slično. Ovaj napredni modul poboljšava praćenje, planiranje i rokove za zadatke slanjem podsjetnika i ostavljanjem dovoljno vremena za dobro planiranje vremena. Tvrtke s velikim brojem vozila obično imaju puno izazova sa svim potrebnim papirima i obavezama prema tim vozilima, lako je upravljati voznim parkom s 5 vozila, ali kada taj broj raste, tvrtke često traže digitalno rješenje, upravo ovdje SkyTrack modul briljira. Stoga je ovaj modul vrijedno rješenje za srednje i velike tvrtke koje upravljaju velikim brojem vozila i opsežnom dokumentacijom.

4) Praćenje statusa vozila i voznog parka - razvija se i unapređuje zadnjih 20 godina, a ovim modulom drže vodeću poziciju u regiji, sustav omogućuje precizno praćenje lokacije i nadzor u stvarnom vremenu. To omogućuje korisniku da prati svoja vozila i ponašanje vozača. SkyTrack modul pruža informacije kao što su potrošnja goriva, brzina, očitavanje podataka s digitalnog tahografa itd. Značajke SkyTrack sustava pomažu Artronicovim klijentima organizirati i planirati svoje isporuke na optimalni način, ekonomično i učinkovito.

5) Planiranje rute i optimizacija - stvara najučinkovitije rute koje jamče uštedu u vremenskim intervalima isporuke, smanjenu potrošnju goriva i povećanu produktivnost vozača.

¹²³ Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

Uz pomoć naprednih modula i proračuna, sustav dolazi do rješenja koje je najbliže idealnom u zadanom vremenu i zadanim prometnim uvjetima. Uzimaju se u obzir sve važne značajke kako bi se došlo do najboljeg rješenja i izbacili nepotrebni troškovi iz procesa isporuke. Ovaj modul također omogućuje menadžmentu da strateški planira i organizira rute svojih vozača, odredi prioritete za određene isporuke itd.

6) Analiza troškova posluživanja (eng. Cost-to-Serve analysis - CSA) - modul služi za napredne izračune i analizu utroška i isplativosti ključnih procesa poduzeća. Ovaj modul olakšava organizaciju važnim i korisnim podacima koje trebaju uzeti u obzir za nadolazeće projekte i planove. Osim što pomaže korisnicima u planiranju budućnosti, ovaj SkyTrack modul omogućuje i bolju procjenu isplativosti tekućih i nadolazećih projekata te lakše praćenje podataka o troškovima, što može uvelike pomoći u eliminaciji nepotrebnih.¹²⁴

Logički je SkyTrack podijeljen na 3 osnovne cjeline – sustav za nadzor i upravljanje flotom, sustav za planiranje i optimizaciju ruta s BI analizom distributivnih procesa, te sustav za optimizaciju hodograma i upravljanje radom mobilnih radnika. Budući da su većinom korisnici srednja i velika poduzeća, bitno je napomenuti da je važan dio SkyTrack sustava i sučelje za spajanje s postojećim IT rješenjima klijenta (ERP, WMS...) radi razmjene podataka i automatizacije poslovnih procesa. Uređaji u vozilima putem GPS-a prikupljaju podatke o vlastitoj lokaciji, brzini, smjeru kretanja, te ih s ostalim prikupljenim podacima iz računala vozila i podacima sa senzora šalju putem GSM mreže na server. Osim GPS satelitskog sustava za pozicioniranje, uređaji mogu koristiti i GLONASS, a za korekciju pozicije koriste EGNOS SBAS sustav, zahvaljujući tome, preciznost određivanja pozicije vrlo je visoka.¹²⁵

Implementacija cijelog sustava ovisi o potrebama korisnika, od toga je li je potrebno samo osnovno praćenje ili se želi nešto više, pa do toga je li je potrebno složiti cijelu infrastrukturu i povezati se s postojećim rješenjima. Sama ugradnja osnovnog praćenja u vozilo je relativno jednostavna, no ako se želi spajanje s računalom vozila, te ako je potrebna ugradnja dodatnih senzora i povezivanje prikolice, ugradnja može trajati i više od jednog radnog dana. Dobar primjer složenih ugradnji je instalacija na kamione za odvoz smeća, gdje je osim praćenja kamiona potrebno ugraditi čitače za kante te cijeli sustav za vaganje.¹²⁶

¹²⁴ Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

¹²⁵ Artronic—Digital logistics. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules/digital-logistics>

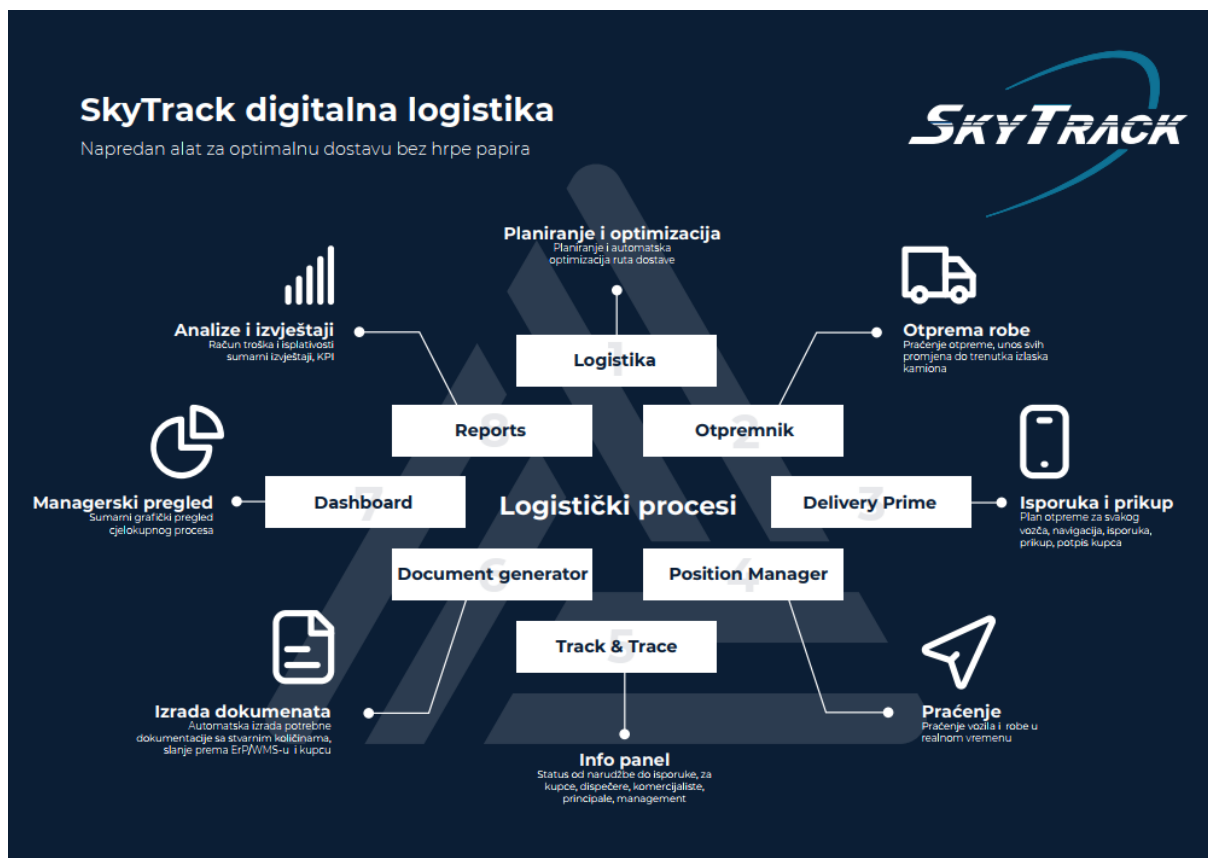
¹²⁶ Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

Aplikacije za osnovno praćenje su WEB aplikacije, koje podržavaju sve platforme, uključujući i mobilne, također raspoloživi su i dodatni moduli koji se implementiraju kod korisnika prema potrebama. Za viši nivo funkcionalnosti i napredne korisnike uglavnom se koriste desktop aplikacije koje omogućavaju interaktivni brzi rad s big data, osvježavanje mapa i lokacija vozila je trenutno, kašnjenje prema stvarnoj situaciji na terenu je zanemarivo. Primjer korištenja desktop aplikacija su vatrogasci, koji prema vozilima imaju on-line vezu i stvaran uvid u situaciju na terenu s kašnjenjem manjim od sekunde.¹²⁷

Desktop aplikacije također se koriste i za optimizaciju ruta dostave, kao i za optimizaciju hodograma prodajnih komercijalista. Interakcija s vozačima moguća je putem uređaja za navigaciju ili osobnog digitalnog asistenta (eng. Personal digital assistant - PDA) uređaja koji se spaja direktno u vozilo. Dispečer može razmjenjivati poruke s vozačem, navoditi vozača, slati zadatke i dokumente, dok vozač može unositi troškove, ispunjavati obrasce ili koristiti navigaciju. Uređaji za navigaciju imaju relativno ograničene mogućnosti, u slučaju da je potrebno nešto više, koriste se PDA uređaji s Windows ili Android OS-om, gdje je moguće implementirati sve potrebne aplikacije.¹²⁸ Pregled svih mogućnosti SkyTrack-a prikazan je na slici 10.

¹²⁷ Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

¹²⁸ Ibid.



Slika 10. SkyTrack pregled svih mogućnosti

Link: Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

Osim eliminiranja nepoželjnih događaja poput krađe goriva, prevelike brzine ili broja okretaja, sustav upozorava na odstupanja od zadane rute, korištenje vozila izvan radnog vremena ili izlazak vozila iz dozvoljenog područja rada. Uz EKO modul, kod vozača se razvija navika korištenja vozila u optimalnom području, štedeći gorivo i količinu potrebnih servisa. S implementacijom SkyTrack sustava korisnik dobije potpuni uvid u lokaciju i status flote, te može pratiti ispunjenje zadataka u realnom vremenu. Rezultat je ostvarenje ušteda, kroz smanjenje prijeđenih kilometara, potrošnje, broja vozila, servisa i vremena. Dobar primjer je optimizacija ruta dostave, gdje SkyTrack sustav optimalno raspoređuje robu da minimalni broj kamiona sa što manje kilometara i što manjim troškom u radno vrijeme izvrši kompletan zadatak. Za zadatak s 2-3.000 dostavnih mjesta i 100 kamiona, SkyTrack sustavu potrebno je manje od 10 minuta za izračun optimalnih tura.¹²⁹

¹²⁹ Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

U SkyTrack sustavu kroz razne aplikacije ima ukupno oko 900 raspoloživih izvještaja dostupnih u tabličnom i grafičkom obliku. Osnovni izvještaji uključuju kilometražu, mjesta i trajanja zaustavljanja, te lokacije paljenja/gašenja motora. U slučaju spajanja na računalo u vozilu, dodatno se dobiju podaci o potrošnji, broju okretaja, podaci s tahografa i slično. Napredni izvještaji daju uvid u način vožnje vozača, količinu prevezenog tereta, isplativost rute, a moguće je dobiti i analizu troška, ako se koriste SkyTrack sustavi optimizacije i/ili BI analize korisnik može čak dobiti podatak koliki je trošak isporuke robe po pojedinoj lokaciji po kategoriji proizvoda. Postoji automatski sustav izrade i distribucije izvještaja, koji omogućava periodičko slanje predefiniраниh izvještaja u željenom formatu na email adrese. Osim izvještaja, sustav može distribuirati i alarme, bilo putem emaila ili putem SMS poruka. Alarm prekoračenja brzine ili broja okretaja jedan je od najčešće korištenih, dok se često koriste i alarmi ulaska u zabranjene zone, krađe goriva i korištenja vozila izvan radnog vremena.¹³⁰

4.4 Primjena i implementacija AI i ML u logističkim procesima

4.4.1 Primjena AI i ML u logističkim procesima

Iako su znanstvenici primijenili mnoge različite tehnike AI za rješavanje izazova povezanih s transportnim lancem, studije su pokazale da umjetne neuronske mreže (Artificial neural network - ANN), neizrazita logika (eng. Fuzzy Logic - FL), višeagentni sustavi (eng. Multi-agent systems - MAS), sustavi temeljeni na agentima (eng. Agent-based model - ABM) i genetski algoritam (eng. Genetic algorithm - GA) tehnike su koje se najčešće koriste. Sustav praćenja rizika temeljen na IoT-u i pristup neizrazite logike uspješno su primijenili Tsang i suradnici. za kontrolu kvalitete proizvoda i smanjenje problema povezanih sa sigurnošću u transportnom lancu. Slično tome, Ignaciuk i Wiczorek primijenili su genetski algoritam za strategije kontrole zaliha i optimizaciju procesa protoka robe u logističkim mrežama i dokazali da je tehnika vrlo učinkovita čak i u scenarijima koji imaju visoku analitičku i računsku složenost.¹³¹

Ferreira i Borenstein uspješno su primijenili simulacijski okvir temeljen na agentima za probleme planiranja proizvodnje u opskrbnom lancu, koji se također može koristiti za kontrolu

¹³⁰ Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>

¹³¹ Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>

zaliha. Glavni izazovi s kojima se suočavaju organizacije diljem svijeta tijekom nepredviđenih događaja kao što je COVID-19 uključuju dobavljače koji ne ispunjavaju obveze isporuke, fluktuacije u zahtjevima kupaca i nagli porast potražnje zbog panične kupnje. Međutim, AI može se koristiti za prepoznavanje i ublažavanje rizika, omogućavanje održivih procesa i logistike opskrbnog lanca i pružanje otpornosti opskrbnog lanca, upravljanje rizikom, opskrbeni lanac temeljen na podacima, model odlučivanja, upravljanje tehnologijom, dizajn mreže i optimizacijske algoritme za povećanje učinkovitost transportnog lanca.¹³²

Kad je riječ o podacima, korištenje analitike podataka ključno je za pretvaranje podataka u informacije koje mogu pružiti uvide koji se mogu poduzeti. Modeli strojnog učenja i vizualizacija podataka mogu pomoći procesima analize podataka. Općenito govoreći, tehnike strojnog učenja primjenjuju moćne računalne algoritme za obradu ogromnih skupova podataka, dok alati za vizualizaciju podataka omogućuju proizvođačima da lakše shvate priču koju podaci govore. U konačnici, uzimajući prethodno izolirane skupove podataka, prikupljajući ih i analizirajući, tvrtke sada mogu pronaći nove načine za optimizaciju procesa koji imaju najveći učinak na prinos.¹³³

AI i ML mogu analizirati big data kako bi identificirali obrasce i predvidjeli buduće trendove. Na primjer, algoritmi strojnog učenja mogu predvidjeti promjene u potražnji i automatski prilagoditi narudžbe i zalihe, smanjujući tako otpad i troškove. U logistici na primjer, AI može predvidjeti potražnju za određenim proizvodima i prilagoditi zalihe kako bi se izbjeglo prekomjerno skladištenje ili nestašica. ML može poboljšati automatizaciju procesa sortiranja i pakiranja u skladištima, što dovodi do bržeg i preciznijeg rukovanja materijalima. AI može pomoći u optimizaciji ruta dostave, uzimajući u obzir prometne uvjete, vremenske prilike i druge varijable, čime se smanjuje vrijeme isporuke i povećava zadovoljstvo kupaca. AI ima široku primjenu u transportnim lancima i može donijeti brojne prednosti, uključujući povećanje efikasnosti i smanjenje troškova.¹³⁴

Uspon e-trgovine zahtijeva brža, učinkovitija logistička rješenja koja koriste AI, sa sofisticiranim algoritmima i tehnikama strojnog učenja, AI omogućuje platformama za e-

¹³² Tikwayo, L. N., & Mathaba, T. N. D. (2023). Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic Literature Review. *Logistics*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/logistics7020024>

¹³³ Industry 4.0: 7 Real-World Examples of Digital Manufacturing in Action - AMFG. <https://amfg.ai/2019/03/28/industry-4-0-7-real-world-examples-of-digital-manufacturing-in-action/>

¹³⁴ Tikwayo, L. N., & Mathaba, T. N. D. (2023). Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic Literature Review. *Logistics*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/logistics7020024>

trgovinu analizu golemih količina podataka, optimiziranje strategija cijena i povećanje zadovoljstva i lojalnosti kupaca. S obzirom na ovaj transformacijski utjecaj, očekuje se da će AI dosegnuti 12,87 milijardi dolara do 2026. na logističkom tržištu, prema Gitnux Market Data Report 2024. Industrijski divovi, kao što su Amazon i DHL, već integriraju AI u svoje procese, potičući inovacije i podižući klijente iskustva kroz e-trgovinu.¹³⁵

AI ne samo da prati ljude u svakodnevnom životu. Danas tvrtke također mogu koristiti aplikacije AI u gotovo svim poslovnim područjima za optimizaciju različitih zadataka kako bi se usredotočile na zadatke više razine. Ovo štedi dragocjeno vrijeme i resurse. Međutim, AI ni na koji način ne zamjenjuje zaposlenike, već ih učinkovito podržava u njihovom svakodnevnom poslovanju. Stručnjaci donose precizno skrojene odluke na temelju svog znanja, iskustva i rezultata AI. Kako se tehnologija nastavlja razvijati, u budućnosti će biti sve više prilika da se procesi učine učinkovitijim s pomoću AI.¹³⁶ Postoji mnogo načina na koje se AI i ML koriste u logistici, najvažniji od njih su:

- 1) Otkrivanje pogrešaka u matičnim podacima - U logistici, matični podaci sadrže operativno relevantne informacije - o proizvodima, narudžbama, dobavljačima i kupcima. Pogreške u ovim podacima dovode do smanjene učinkovitosti ili čak do prekida procesa, dok AI može identificirati anomalije u tim podacima, koje se zatim mogu ispraviti.
- 2) Optimizirano za rutu – Pozicioniranje artikla u skladištu jedan je od najznačajnijih izazova u logistici uz nastojanje učiniti vrijeme komisioniranja što je moguće kraćim. Skladišta to mogu postići optimiziranjem pozicioniranja artikla i komisioniranjem optimiziranim za nadolazeću rutu, AI pomaže optimizirati odabir subjekta u smislu što kraćeg vremena.
- 3) Raspoređivanje djelatnika - Planiranje radne snage na temelju potražnje ključno je za glatko, ali troškovno učinkovito poslovanje. Na temelju širokog raspona parametara kao što su povijesni podaci o procesu, povijest narudžbi i podaci o vremenu procesa, AI može pomoći u postizanju ukupne optimizacije troškova.
- 4) Zalihe - Premalo zaliha može dovesti do uskih grla u isporuci, dok previše zaliha može dovesti do troškova skladištenja koji se mogu izbjeći i nepotrebno vezanog kapitala.

¹³⁵ Are these 5 trends disrupting or driving logistics growth? (2024, svibanj 24). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2024/05/logistics-growth-trends/>

¹³⁶ Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>

Zbog toga je optimalna kontrola količine neophodna za vremensku i troškovnu učinkovitost u skladištu. Na temelju povijesnih podataka o narudžbama, AI predviđa očekivane narudžbe i tako stvara osnovu za optimalno planiranje zaliha i ruta.

- 5) Kontrola nadopunjavanja - Uvijek mora biti dovoljno robe u zoni komisioniranja i utovara, dopune koje se provode prečesto ometaju procese i predstavljaju nepotreban posao. Na temelju pristiglih narudžbi, AI omogućuje predviđanje koje količine proizvoda moraju biti dostupne u zoni komisioniranja i spremno na utovar u zoni utovara u određenom trenutku.
- 6) Prepoznavanje položaja u planovima arhitekture skladišta - Digitalni plan lokacije s unesenim koordinatama pojedinačnih skladišnih lokacija potreban je za pozicioniranje artikala optimizirano na ruti. Ručna izrada takvih planova je dugotrajna i može trajati po nekoliko dana, AI može smanjiti potrebno vrijeme.
- 7) Chatbotovi - Informacije se moraju neprestano pozivati u logističkim procesima, bilo u skladištu ili na rampi. Uz podršku AI, chatbotovi pomažu zaposlenicima da brzo i sigurno dobiju trenutno relevantne informacije putem raznih uređaja.
- 8) Upravljanje kontejnerima - AI također može ostvariti svoj potencijal u upravljanju kontejnerima, optimalno planiranje i iskorištenje kontejnerskog arsenala osigurava da uvijek ima dovoljno prikladnih spremnika dostupnih u pravo vrijeme i na pravom mjestu za obradu narudžbi i utovar u vozila. U isto vrijeme, zalihe kontejnera su optimizirane kako bi se izbjegli viškovi.
- 9) Upravljanje dokovima - Logistika dokova može biti izuzetno skupa ako se ne upravlja optimalno, uz pomoć kombinacije s prepoznavanjem slike za identifikaciju kamiona, prikolica i kontejnera te podataka o trenutnoj količini isporuka i pošiljaka i situaciji s rokovima, AI određuje najbolji mogući položaj kamiona na dokovima.¹³⁷
- 10) Optimizacija rute - Softver za planiranje rute temeljen na AI može analizirati sve opcije kako bi odabrao optimalno rješenje u smislu troškova, primjenjivih rokova i neočekivanih događaja na cesti koji zahtijevaju trenutačne odluke.

¹³⁷AI in Logistics: Guide to Enhancing Processes and Reducing Costs. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.tresastronautas.com/en/en/blog/guide-to-artificial-intelligence-in-logistics-process-improvement-and-cost-reduction>

11) Prediktivna analitika - AI može analizirati velike podatke kako bi predvidio buduće trendove i potrebe, što može pomoći upraviteljima da bolje planiraju i optimiziraju svoje transportne lance. ¹³⁸

12) Upravljanje transportom - AI se može koristiti za analizu podataka o transportu u stvarnom vremenu i predviđanje budućih obrazaca, to može pomoći tvrtkama da optimiziraju rute i skrate vrijeme isporuke. ¹³⁹

Primjena AI i ML u logističkim procesima može dovesti do veće efikasnosti, smanjenja troškova i poboljšanja kvaliteta usluge. Međutim, implementacija ovih tehnologija može predstavljati izazov i zahtjeva značajne investicije u infrastrukturu, obuku djelatnika i sličnih izazova. Još prije pandemije, različite studije su najavile kako će AI najveće vrijednosti generirati u području logističkih procesa u lancu opskrbe otprilike 3 trilijuna dolara, te marketinga i prodaje otprilike 1.4 trilijuna dolara. Uspješna implementacija ML poduzećima može smanjiti troškove do 15 %, skladišne potrebe do 35 %, a servisne čak do 65 %. Jedan od razloga njezine visoke učinkovitosti su visoko individualizirana, specifično prilagođena rješenja koja počivaju na mehanizmima kao što je duboko učenje (eng. Deep learning - DL), podsustav strojnog učenja unutar kojega zasebni strojevi samostalno uče sami sebe. Iako implementacija AI u poslovanje inicijalno nosi veće troškove, kao i njihovu nepredvidljivost na duge staze zbog potreba održavanja, ona se često koristi upravo kako bi se smanjile štete u proizvodnji i prijevozu robe te u konačnici podigla učinkovitost i dobit. ¹⁴⁰

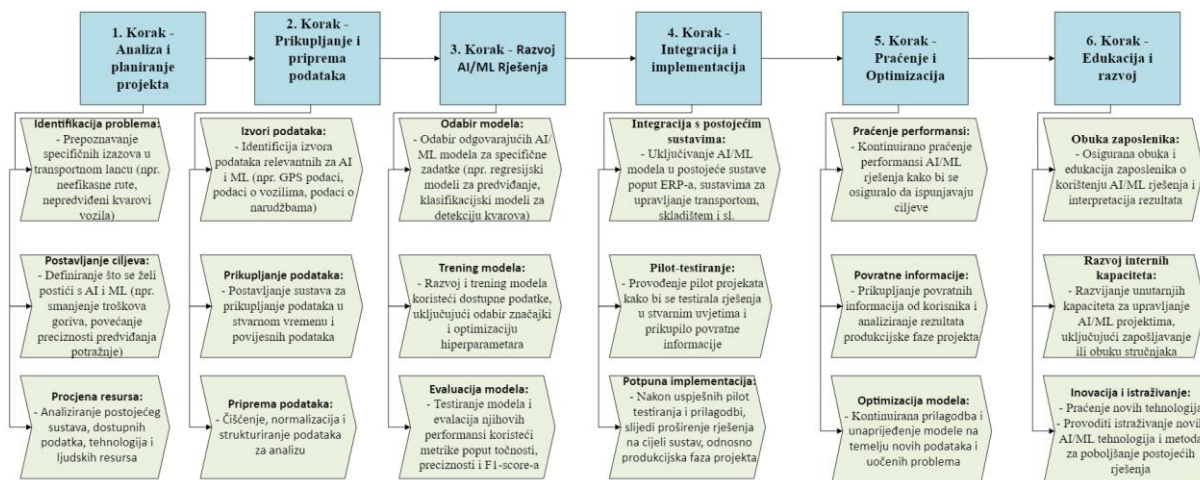
4.4.2 Procesni dijagram implementacije AI i ML u logističkim procesima

Procesni dijagram implementacije sa slike 11. naglašava važnost definiranja jasnih ciljeva i problema prije nego što se krene u razvoj i primjenu modela. Fokus je na prikupljanju kvalitetnih podataka, izboru pravih modela, i evaluaciji njihovih performansi. Kontinuirano praćenje i optimizacija ključni su za održavanje učinkovitosti, dok je edukacija zaposlenika bitna za dugoročni uspjeh implementacije.

¹³⁸ Valeš, J. (2021). Primjena umjetne inteligencije u transportu [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis, University of Zagreb. Faculty of Economics and Business. Department of Informatics]. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:148:651100>

¹³⁹ Ristic, Z. (2023, ožujak 29). Šta je IoT? Internet stvari – detaljno objašnjeno. ITNetwork. <https://www.itnetwork.rs/sta-je-iot-internet-stvari-detaljno-objasnjeno/>

¹⁴⁰ Umjetna inteligencija i automatizacija u logistici. Kamion&Bus. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.kamion-bus.hr/7561>



Slika 11. Procesni dijagram implementacije AI i ML u logističkim procesima

Izvor: Izradio autor

4.4.3 Praktični primjer implementacije AI i ML u logističkim procesima

Globalizacija, digitalizacija i sve veća složenost opskrbnog lanca donose posebne izazove i prilike za logistiku i transport. Jedan od načina za uspješno rješavanje ovih problema je korištenje tehnologija ML, koji s pravim alatima može poboljšati određene logističke procese i povećati svoju konkurentnost. Na primjer, kada je u pitanju optimalno slanje više narudžbi od strane kupca prema skladištu, pri tome se uzimaju u obzir obećani rokovi isporuke za kupca kao i iskorištenost skladišta i osiguranje robe za transport.¹⁴¹

Za primjer je uzeta fiktivna firma, kojoj kupci redovito naručuju robu, skladište joj na vrijeme priprema isporuku, prije izvršenja isporuke isti taj kupac šalje novu narudžbu. Najbolja opcija u tom slučaju je kombinacija različitih narudžbi kupca koje se isporučuju u istom vremenu isporuke, tako dolazi do uštede materijala za pakiranje, volumen i troškove transporta. Za prevladavanje ovog izazova, razvijen je sustav ML - neuronska mreža hrani se ključnim podacima o narudžbama iz sustava klijenta i tako može procijeniti je li kupac već izvršio svoje narudžbe za trenutno razdoblje ili ne. Kratko vrijeme hodanja povećava produktivnost u komisioniranju, koristeći algoritme koji se temelje na AI, razvijen je pristup rješenju za najbolje

¹⁴¹Artificial Intelligence in Logistics—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/artificial-intelligence-in-logistics>

moгуće pozicioniranje i dodjelu predmeta na odgovarajuće fiksne lokacije. Sljedeći korak u tom slučaju je hranjenje AI podacima o odabiru, ručni odabir posebnih slučajeva ako je potrebno, generiranje prognoze za odabire, generiranje niza, dodjeljivanje skladišnom spremniku, odabir prijedloga prijenosa zaliha i prosljeđivanje WMS-u. Kao primjer, Mikroservis je dostupan kao Microsoft web servis temeljen na Azureu i može se lako integrirati s pomoću standardnih sučelja (eng. REST API). Dodatne pogodnosti implementacije ovih rješenja su:

- Može predvidjeti ponašanje kupaca pri naručivanju
- Može procijeniti kada su kupci u potpunosti izvršili svoje narudžbe
- Može optimizirati dostavu više narudžbi jednom kupcu
- Može uštedjeti materijal za pakiranje, volumen i troškove transporta
- Može zadržati vrijeme od unosa narudžbe do otpreme što je moguće kraće
- Može obraditi više narudžbi zbog kraćeg vremena protoka i tako postići veći promet
- Može optimizirati gustoću artikala i grupiranje narudžbi
- Može riješiti "problem trgovačkog putnika" određivanjem duljine najkraće rute na temelju matematičkog izračuna mogućih pješačkih udaljenosti.
- Usluga provjere temeljena na AI ne uključuje skupove statičkih pravila
- Algoritam uči sa svakim procesom istina/laž, odnosno 1/0
- Bodovanjem kvalitete podataka matične podatke moguće je trajno pratiti
- Distribuirano održavanje matičnih podataka može se nadzirati automatski. ¹⁴²

Glavni podaci, kao što su opis artikla, dimenzije ili težina, igraju važnu ulogu u procesima planiranja, npr. određivanje mjesta skladištenja, predodređivanje paketa ili planiranje teretnog prostora. Svaki zapis matičnih podataka analizira se radi mogućih anomalija u implementiranom rješenju, kao što su materijalne ili matične pogreške kupaca. Vjerojatnosti i vrijednosti rezultata izračunavaju se kao mjera anomalije, u integriranom tijeku rada, kada se otkriju anomalije, šalje se obavijest u sustav upravljanja sustava. Ovakva usluga tvrtke Arvato također se nudi kao web usluga u Microsoft Azureu i može se pozvati putem Rest API-ja, postoji standardna veza s logističkom platformom platbricks u oblaku. ¹⁴³

¹⁴²Artificial Intelligence in Logistics—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/artificial-intelligence-in-logistics>

¹⁴³Ibid.

Automatizirani oblik komunikacije putem chatbota nudi mogućnost pružanja relevantnih informacija u stvarnom vremenu, primjerice o statusu narudžbe u skladištu, statusu transporta, stupnju iskorištenosti skladišta ili raspoloživosti skladišta za korisničku službu. Korisnici svoje brige upućuju na povezani sustav putem chatbota jednostavnim slanjem poruka kao da se obraćaju fizičkoj osobi, na ovaj način komunikacija između korisnika i sustava potpuno je revolucionirana, upravo tako chatbotovi tvrtke Arvato također mogu biti dragocjena pomoć u logistici.¹⁴⁴

Tvrtke uvijek žele minimizirati troškove zaliha dok istovremeno isporučuju ono što svojim kupcima trebaju na vrijeme, prijedlog za poboljšanje procesa je implementacija tehnologije inteligentnog predviđanja zaliha koja omogućuje jednostavno i brzo upravljanje zalihama. Koristeći AI tvrtke Arvato, skladišta će moći predvidjeti prodaju artikala i očekivanu potražnju, osiguravajući da raspoloživa zaliha zadovolji potrebe kupaca. Parametri koji utječu na zalihe moraju se stalno ocjenjivati i analizirati, a ovisnosti su identificirane iz povijesnih i trenutnih podataka i prilagođene za buduća predviđanja.¹⁴⁵

S pomoću klasifikacije članaka temeljene na AI, članci se razvrstavaju u unaprijed definirane klase, automatsko razvrstavanje eliminira potrebu za dugotrajnim ručnim razvrstavanjem podataka. Na temelju podesivih kriterija, kao što je kratki tekst članka, broj članka, hijerarhija članka i/ili geometrijska svojstva, AI identificira i grupira članke. Uz pomoć korištenog prepoznavanja uzoraka, značajno više podataka može biti uključeno u dodjelu nego što bi bilo moguće ručno. Procjenom i analizom postojećih podataka o strojevima i postrojenjima te korištenjem složenih matematičkih algoritama i metodologija ML, kvarovi i greške industrijskih postrojenja mogu se predvidjeti i proaktivno izbjeći. Korištenjem senzora trajno se prikupljaju podaci koji se algoritmima analiziraju i evaluiraju. Na primjer, brzine, zvukovi ili temperature motora mogu se zabilježiti, a neuobičajene vibracije ili neravnoteže mogu se otkriti u ranoj fazi.¹⁴⁶

U slučaju povrata često nedostaju izvorni brojevi artikla ili druge potrebne informacije, izravna dodjela artikla u tom slučaju nije moguća i identifikacija se mora izvršiti ručno. Usluga tvrtke Arvato dodjeljuje artikl koji treba vratiti s pomoću indikatora vjerojatnosti, a proizvod se

¹⁴⁴Artificial Intelligence in Logistics—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/artificial-intelligence-in-logistics>

¹⁴⁵Ibid.

¹⁴⁶Ibid.

prepoznaje i identificira putem video zapisa. Zahvaljujući neuronskim mrežama, to je moguće čak i ako se uvjeti osvjetljenja, kutovi i pozadine razlikuju od slike predmeta, moguća je također analiza materijala ili drugih dodatnih značajki kao što je težina.¹⁴⁷

Sastavljanje dostave neposredno prije otpreme nije održivo rješenje jer bi to preopteretilo skladište, zato skladište treba moći raditi sa što ravnomjernijim opterećenjem. Stoga je potrebno rješenje koje, s jedne strane, prepoznaje kada je kupac predao posljednju narudžbu, a s druge strane, može rano otpustiti narudžbe u skladište. Kako bi odgovorili na ovaj izazov, tvrtka Arvato razvila je dva rješenja - ML sustav iz područja AI, te s druge strane, statistički pristup koji može obraditi različite ključne brojke iz narudžbi kupaca.¹⁴⁸

Neuronska mreža Arvato sustava ML hrani se ključnim podacima o narudžbama iz sustava klijenta i tako može procijeniti je li kupac već izvršio svoje narudžbe za trenutno razdoblje ili ne. To se može usporediti s dobrim predstavnicima korisničke službe koji mogu predvidjeti ponašanje svojih kupaca na temelju svog iskustva, te funkcionira čak i ako postoji samo nekoliko kontakata s kupcima. Statističko rješenje koristi ključne brojke iz narudžbi kupaca, ovdje je moguće točno konfigurirati koje se ključne brojke koriste i koja je vjerojatnost potrebna za izdavanje naloga. Oba rješenja mogu se koristiti paralelno i nadopunjavati jedno drugo.¹⁴⁹

Prvi slučaj upotrebe u industriji ilustrira kako AI aplikacija može uštedjeti vrijeme i novac sprječavajući kvarove na strojevima. Inteligentnim prikupljanjem podataka senzora omogućena je provjera trenutnog statusa strojeva i opreme, te aktivno spriječiti njihov kvar, izbjegavajući tako zaustavljanje proizvodnje. Arvato Systems AI rješenja temelje se na AVVIA inteligenciji, odnosno kombinira unaprijed razvijene AI module za inteligentna industrijska rješenja. To uključuje automatsko prepoznavanje teksta, obradu, prediktivno održavanje i kvalitetu. AVVIA Intelligence koristi AI za analizu stalnih podataka senzora u stvarnom vremenu.¹⁵⁰

¹⁴⁷Artificial Intelligence in Logistics—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/artificial-intelligence-in-logistics>

¹⁴⁸AI in Supply Chain Processes | SAP Business AI. SAP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.sap.com/products/artificial-intelligence/supply-chain.html>

¹⁴⁹Ibid.

¹⁵⁰AI Applications: Application Areas & Solutions. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/data-automation/ai-services/ai-applications>

U praksi to funkcionira na sljedeći način - stručnjaci od klijenta otkrivaju anomalije na temelju povijesnih scenarija i oznaka grešaka u stvarnom vremenu, oni ih mogu imenovati, opisati i pohraniti u bazu te sami tako postaviti AI. Dodavanje objašnjenja kritične odgovornosti upozorenju o anomaliji znači da se znanje ne gubi. Na primjer, AI može razlikovati jednostavno pokretanje od trganja papira ili neispravnog senzora, AVVIA inteligencija raste paralelno s klijentom i prilagođava se istom. Ljudska povratna sprega omogućuje potpuno automatsko i kontinuirano poboljšanje koje se vrši neovisno i u bilo koje vrijeme. U modulu Data & AI Competence Cluster, tvrtka Arvato povezuje svoje kompetencije AI u svim potrebnim disciplinama, upotpunjuje znanje o postrojenju i blizinom strojeva, dok AVVIA inteligencija pruža puni potencijal otkrivanja anomalija. Neke od brojnih prednosti ove tehnologije su:

- Vizualizacija statusa postrojenja
- Mogućnost prediktivnog održavanja
- Rano alarmiranje s nekoliko lažnih alarma u isto vrijeme
- Neovisno označavanje događaja (nije potreban Data Scientist)
- Znanje o sustavu teče izravno u AI i ostaje u njemu. ¹⁵¹

Mnoge tvrtke za lokalni i međugradski javni prijevoz trenutno su na početku vlastite digitalne transformacije, uz pritisak na troškove, razvoj općinskih politika kao što su klimatski i prometni zaokret postavlja dodatne izazove pred te tvrtke. Zbog toga je potreba za rješenjima koja se temelje na digitalnim podacima sve veća u prometnoj industriji kako bi ostala aktualna. Uz aplikacije koje se temelje na AI, tvrtka Arvato podržava klijenta u planiranju mobilnosti usmjerenom na potražnju, pruža alate za analizu, predviđanje i za dinamički optimizirane prognoze, te transparentnost za bolje donošenje odluka u digitaliziranom transportnom prostoru budućnosti. Njihovo platformsko rješenje ÖPNV digital usluga je za digitalnu analizu putnika, te nudi prijevoznicima dvije aplikacije u jednom paketu - analizu putnika i predviđanje putnika. Analiza putnika s pomoću aplikacije Microsoft Power BI pruža podršku visokih performansi za analizu kretanja putnika s pomoću gotovih nadzornih ploča u mreži javnog prijevoza. ¹⁵²

Rješenje za učinkovito predviđanje putnika tvrtke Arvato koristi AI i ML za stvaranje vlastitih modela dinamičkog predviđanja, a cjelokupni paket ubrzava stjecanje znanja iz kretanja putnika. Podržava planiranje postavljanja vozila usmjereno na potražnju i dizajn

¹⁵¹AI Applications: Application Areas & Solutions. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/data-automation/ai-services/ai-applications>

¹⁵²Ibid.

prijevoznih usluga usmjerenih na potražnju, čime dodatno nudi nove usluge za javni prijevoz i njegove putnike. Neke od prednosti ove tehnologije:

- Poboljšana kvaliteta prognoze putem posebno obučenog AI rješenja
- Visokoučinkovita obrada podataka iz pozadinskih sustava
- Moguća integracija u postojeće aplikacije za mobilnost
- Vanjska usluga u oblaku s brzim pružanjem usluga
- Digitalni model s mjesečnom naplatom
- Niski investicijski troškovi.¹⁵³

4.5 Primjena i implementacija blockchaina u logističkim procesima

4.5.1 Primjena blockchaina u logističkim procesima

Blockchain tehnologija koristi napredni mehanizam za pohranu podataka i upravljanje njegovom bazom podataka, ali i dalje pruža transparentnost informacija dijeljenjem podataka u vrlo sigurnoj poslovnoj mreži. Blockchain pohranjuje podatke u blokovima koji su povezani ili grupirani kroz lanac. Ovaj lanac otežava varanje ili hakiranje sustava. Dakle, digitalna knjiga informacija može se distribuirati na mreži računalnih sustava bez rizika od prijave ili kompromisa. Blockchain tada stvara decentraliziranu mrežu za organizacije i tvrtke za korištenje i pohranjivanje podataka. Pomaže ljudima koji koriste ove usluge da elektronički plaćaju račune, komunalne usluge, parkiranje i druge obveze. Tako pruža sigurnu platformu za bilo koju industriju za pohranjivanje osjetljivih podataka.¹⁵⁴

Bez ikakve sumnje, blockchain danas dobiva na značaju, a različite industrije i domene prihvaćaju svoje ometajuće mogućnosti. Prvenstveno, digitalna tehnologija za čuvanje rekorda bila je okosnica fintech-a, kripto valuta i slično, ali danas nadilazi financijsku domenu, revolucionirajući zdravstvenu zaštitu, vladine usluge, e-trgovinu i logistiku. U 2020., tržište lanca opskrbe blockchainom u svijetu vrijedila je 253 milijuna dolara. Do 2026. godine

¹⁵³AI Applications: Application Areas & Solutions. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/data-automation/ai-services/ai-applications>

¹⁵⁴Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>

predviđa se porast na solidnih 3,272 milijuna dolara, pokazujući složenu godišnju stopa rasta (eng. Compound annual growth rate - CAGR) od 53,2 %. ¹⁵⁵

Blockchain može pomoći transportnim lancima u upravljanju voznim parkom, rutama i cjelokupnim procesima, čak može nadzirati prometne incidente i druge takve situacije koje mogu ometati glatko prevoženje tereta. Blockchain omogućuje transparentnost i sigurnost za prometne kompanije, što značajno minimizira slučajeve prijevare ili prijetnji, također pruža skalabilno rješenje za praćenje i autentifikaciju usluga. Poboljšava protok informacija između pružatelja usluga i klijenata, osiguravajući tako zadovoljstvo za sve strane, te se u isto vrijeme, smanjuje se papirologija i vrijeme provedeno na komunikaciji. S pomoću blockchain tehnologije, transportne tvrtke mogu poboljšati svoje sustave naplate i plaćanja. Klijenti i tvrtke mogu dovršiti transakcije s manjim provizijama i bržom brzinom transakcija, te obje strane mogu pratiti kretanje vozila na cesti. Tvrtkama olakšava zakazivanje putovanja i odabir njihovih preferiranih načina isporuke. Blockchain također pruža pouzdan način provjere podataka iz prvog kontakta s klijentom do završetka putovanja i svih detalja između. ¹⁵⁶

Navedene mogućnosti čine blockchain tehnologiju obećavajućem rješenju, ima mnogo prednosti koje mogu riješiti mnoga pitanja u prometnoj industriji, uključujući sljedeće: loše praćenje, loše upravljanje voznim parkom, administrativne neučinkovitosti i pogreške zbog ručnih procesa, otkazanih putovanja i slično. Također može koordinirati sve procese ključne za vođenje transportne tvrtke: robustan sustav naplate i plaćanja, učinkovito upravljanje podacima, transparentno i sigurno dijeljenje informacija putem softvera za otpremu u oblaku. Blockchain pruža bržu provjeru podataka i poboljšanu logistiku i zakazivanje. Tvrtke mogu pratiti svoje flote, istražiti različite rute i provjeriti uvjete na cesti. Mnoge se industrije oslanjaju na globalni lanac opskrbe za distribuciju robe i usluga kupcima širom svijeta, ta se ovisnost povećala tek u posljednjih nekoliko godina. Sektor transporta ključni je element opskrbnog lanca, mnoge se industrije oslanjaju na njih radi isporuke i ispunjenja narudžbe. U blockchainu svaki zapis sadrži digitalni potpis prethodnog, čineći lanac teško dirati i kočiti. ¹⁵⁷

Neki proizvodi zahtijevaju posebnu njegu, gdje čak i najmanja promjena temperature može utjecati na kvalitetu i potencijalno uništiti proizvod, to predmeti poput medicinskih

¹⁵⁵ Blockchain in supply chain examples | Innwise. Preuzeto srpanj 2024., od <https://innwise.com/blog/blockchain-in-supply-chain-use-cases/>

¹⁵⁶Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>

¹⁵⁷ Ibid.

proizvoda, kemijskih reagensa i određenu hranu. Oni se obično isporučuju u posebnom izoliranom pakiranju kako bi se smanjila potencijalna oštećenja od izlaganja toplini ili hladnoći, ali u mnogim slučajevima to nije dovoljno. Na primjer, jedan od pet farmaceutskih proizvoda oštećen je tijekom transporta zbog poremećaja hladnog lanca. To je moguće iz nekoliko razloga, hladnjaci se mogu razgraditi ili biti poremećeni nestancima struje, ili vozači mogu ostaviti hladnjake bez nadzora ili ostaviti svoja vrata otvorenima, sprječavajući da uređaj održava pravu temperaturu. Blockchain uparen s IoT može biti koristan u svim tim situacijama, IoT senzori prate mjesto, temperaturu i ostale parametre tijekom otpreme, blockchain bilježi podatke senzora dok se proizvod kreće kroz logističku mrežu. Kao rezultat toga, tvrtke dobivaju potpunu kontrolu nad temperaturnim uvjetima tijekom transporta, to znači da brzo mogu pronaći slabe točke u transportnom lancu i popraviti ih.¹⁵⁸

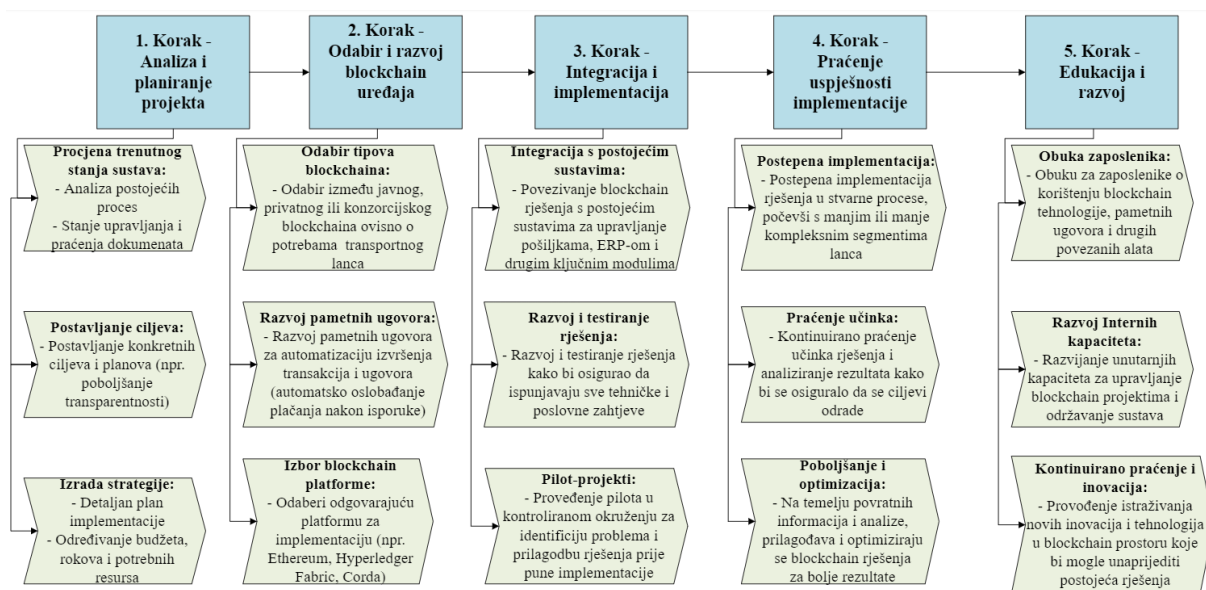
Obećavajuće prednosti blockchaina za transportne lance vrlo su ohrabrujuće, budućnost je zapravo nevjerojatno obećavajuća, s potencijalom za veći prihod, učinkovite procese i bolje upravljanje voznim parkom. Tehnologija također može poboljšati zadovoljstvo kupaca i uslugu, a osigurana transparentnost i brza isporuka čine ga plusom za kupce. Automatizacija osigurava manje pogrešaka i poboljšanu privatnost uz pojednostavljenije provjere podataka, tako da neće biti iznenađenje u narednim godinama kada blockchain tehnologija postane norma. Ima mnogo prednosti koje transportnu industriju mogu učiniti mnogo boljom.¹⁵⁹

4.5.2 Procesni dijagram implementacije blockchaina u logističkim procesima

Procesni dijagram implementacije sa slike 12. ističe važnost jasne analize postojećih procesa i definiranja ciljeva prije nego što se odabere odgovarajuća platforma i razviju pametni ugovori. Integracija s postojećim sustavima je ključna za uspješnu primjenu, dok je kontinuirano praćenje i održavanje važno za očuvanje sigurnosti i efikasnosti blockchain rješenja.

¹⁵⁸ Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>

¹⁵⁹ Ibid.



Slika 12. Procesni dijagram implementacije blockchaina u logističkim procesima

Izvor: Izradio autor

4.5.3 Praktični primjer implementacije blockchaina u logističkim procesima

Praktični primjer blockchain tehnologije u upravljanju transportnih lanaca poboljšanja transporta su plaćanja u vozilu koje IBM koristi u koordinaciji s UBS i ZF Friedrichshafen AG. Tvrtka sa sjedištem u Frankfurtu surađivala je s IBM-om na korištenju platforme transakcija sa sjedištem u blockchainu za svoje usluge mobilnosti. Uključuje isplate vozila za vozače za plaćanje cestarina, plaćanja aplikacija za podjelu automobila, naknade za parkiranje, pa čak i naknade za punjenje baterije električnih vozila.¹⁶⁰ Postoje brojni dodatni primjeri primjene blockchain tehnologije u upravljanju transportnog lanca, neke od njih su: CargoX, platforma je za kreiranje pametne putne liste koristeći blockchain tehnologiju, DexFreight decentralizirana je platforma za umrežavanje svih sudionika u pomorskom transportu koristeći blockchain tehnologiju. Institucija MIT Media Lab napravila je otvorenu standardnu platformu za kreiranje, izdavanje i verifikaciju certifikata podržanih blockchainom.¹⁶¹

FedEx koristi blockchain tehnologiju za poboljšanje usluga isporuke i pakiranja, a u početku su ga koristili za rješavanje sporova u teretnim zahtjevima koji ih koštaju milijune dolara svake godine. Blockchain su koristili za rješavanje zahtjeva koristeći trosmjerno

¹⁶⁰ Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>

¹⁶¹ Ibid.

rješavanje sporova za primatelje, pošiljatelje i prijevoznike. Dijelili su informacije sa svim dionicima, stvarajući trajnu knjigu za rješavanje takvih problema. Njihovi klijenti sada mogu lako pratiti pakete u tranzitu od početne do zadnje točke, odnosno njihovog praga. To je pomoglo FedExu da osigura stabilniji transportni lanac za sve pakete i pojednostavljuje razmjenu podataka za sve sudionike procesa.¹⁶²

Blockchain je također pomogao tvrtki da identificira područja koja trebaju poboljšanje. FedEx također planira istražiti druge načine na koje blockchain može pružiti transparentnost koju kupci žele ili trebaju u cijelom lancu opskrbe. To će dodatno poboljšati usluge koje pružaju i odnos tvrtke sa svojim kupcem. U veljači 2018. FedEx se pridružio blockchain u Transportnom savezu (eng. *Blockchain in Transport Alliance* - BiTA), najistaknutijem svjetskom savezu komercijalnog blockchaina. BiTA je organizacija koja okuplja članove iz transportne, logistike, teretnih i srodnih industrija s zajedničkom misijom za promicanje i provođenje novih tehnologija.¹⁶³

DHL koristi blockchain tehnologiju za stvaranje čvorova na šest globalnih lokacija, oni prate kretanje farmaceutskih proizvoda u cijelom lancu opskrbe, a to značajno smanjuje pogreške i potencijal za prijevaru. Bolnice i ljekarne mogu pratiti kretanje ovih kritičnih zaliha, te mogu primijeniti mjere kako bi osigurali sigurnost i izvor ovih proizvoda. Blockchain tehnologija omogućuje im da provjere izvore, također mogu pregledati put isporuke svakog lijeka ili ostalih proizvoda.¹⁶⁴

Kako bi u potpunosti shvatio potencijal blockchain tehnologije za logistiku, Deutsche Post DHL Group izdvojio je proračun od 100 milijuna eura za provedbu blockchain aplikacija do 2025. tekući blockchain projekti uključuju globalnu isporuku rezervnih dijelova proizvođaču automobila Nissan. U području prekogranične e-trgovine, DHL također surađuje s internetskim trgovcima u testnim serijama kako bi optimizirao promet robe u ovom segmentu uz pomoć blockchain tehnologija. Što se tiče DHL Freight, on je aktivno uključen u projekte koji istražuju upotrebu blockchain tehnologije putem svog podružnice, davatelja carinskih usluga Gerlach Carine. U tom kontekstu, DHL sudjeluje u radnoj grupi otvorenih carinskih blockchaina, koju

¹⁶²Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>

¹⁶³ Blockchain in supply chain examples | Innwise. Preuzeto srpanj 2024., od <https://innwise.com/blog/blockchain-in-supply-chain-use-cases/>

¹⁶⁴Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>

podržava Fondacija Open Logistics, a koordinira Institut Fraunhofer za protok i logistiku materijala. Zajednički cilj svih uključenih strana: krajnja integracija carinskih i logističkih procesa u vanjskoj trgovini koristeći blockchain tehnologiju kako bi se prekogranični procesi učinili otpornim na neotkrivene i učinkovitim. ¹⁶⁵

SkyCell je koristio blockchain za stvaranje pametnih hladnjaka za prijevoz lijekova koji su opremljeni IoT sensorima. Senzori prate geolokaciju lijekova u stvarnom vremenu iz bilo kojeg mjesta u svijetu, kao i temperaturu i vlažnost u koju se pohranjuju. Rješenje se oslanja na blockchain za snimanje ovih parametara, Blockchain također pohranjuje sve logističke dokumente za svaki spremnik u digitalnoj knjizi, ti se podaci ne mogu izbrisati ili krivotvoriti, a mogu poslužiti kao dokaz. ¹⁶⁶

Jedan od klijenata SkyCella koristio je rješenje za prijevoz lijekova iz Bruxellesa u Mumbai tijekom pandemije, u to su vrijeme letovi često bili otkazani, pa su lijekovi morali biti pohranjeni u zračnoj luci dok se nije mogao pronaći alternativni put, a to je u nekim slučajevima trajalo danima, s vanjskim temperaturama u rasponu od 5° C do 44° C ovo je bio veliki problem. S pomoću rješenja SkyCell bilo je moguće održavati temperaturu unutar spremnika između 3° C i 13° C, kao rezultat toga, lijekovi su isporučeni u Indiju u državi koja je bila sigurna za uporabu, što je potvrđeno blockchainom. Upotreba ove tehnologije ne samo da je spriječila financijske gubitke za tvrtku, već je osigurala i sigurnost lijeka koji su isporučili. ¹⁶⁷

4.6 Primjena i implementacija big data analitike u logističkim procesima

4.6.1 Primjena big data analitike u logističkim procesima

Integracija big data analitike omogućuje logističarima prikupljanje, obradu i analizu velikih količina podataka kako bi optimizirali rute, predvidjeli potrebe za zalihama i poboljšali operativnu učinkovitost. Implementacija big data tehnologije zahtijeva integraciju s postojećim ERP sustavima, obuku zaposlenika za rad s novim alatima te razvoj novih procesa za prikupljanje i analizu podataka. Prilagodba može biti izazovna zbog otpora prema promjenama i potrebe za visokim razumijevanjem tehnoloških aspekata kod zaposlenika. Big data analitika

¹⁶⁵ Blockchain in Logistics – Transparent Supply Chains | DHL Freight. (2023, lipanj 14). <https://dhl-freight-connections.com/en/solutions/blockchain-in-logistics-security-and-transparency-for-the-supply-chain/>

¹⁶⁶ Four Blockchain Supply Chain Examples. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.softeq.com/blog/four-blockchain-supply-chain-examples>

¹⁶⁷ Ibid.

omogućava transportnim lancima da obrade i analiziraju ogromne količine podataka dobivenih iz različitih izvora, uključujući transakcijske podatke, GPS podatke, i podatke senzora. Analiza podataka može otkriti neefikasnosti u lancu opskrbe, predvidjeti buduće trendove i ponašanje kupaca, te omogućiti personalizaciju usluga. Ovo vodi ka boljem upravljanju zalihama, optimizaciji troškova i poboljšanju iskustva kupaca. Big data koje se generiraju u logističkim procesima mogu se koristiti za poboljšanje odlučivanja i predviđanja. ¹⁶⁸

Industrijski procesi ovise o transparentnom i učinkovitom opskrbnom lancu koji je povezan s proizvodnim procesima kao dio naprednog sustava industrija 4.0. To mijenja način na koji proizvođači nabavljaju svoje sirovine i isporučuju svoje proizvode. Davanjem nekih informacija o proizvodnji dobavljačima, tvrtke mogu bolje planirati isporuke, na primjer, ako dođe do prekida na proizvodnoj liniji, ruta isporuke može se promijeniti ili odgoditi kako bi se uštedjelo vrijeme i novac. Nadalje, analiziranje podataka o vremenskim prilikama, prijevoznim partnerima i trgovcima na malo omogućuje predvidljivu otpremu, dovodeći gotovu robu kupcima u idealnom trenutku. ¹⁶⁹

Ugrađeni senzori i međusobno povezani strojevi generiraju ogromnu količinu podataka za proizvodna poduzeća. Analiza tih informacija može im pomoći da prepoznaju obrasce iz prošlosti, donesu bolje odluke i ostanu ispred konkurencije. Tvrtke također mogu dobiti veću vrijednost od svojih procesa ispitivanjem podataka iz drugih dijelova organizacije kao što su HR, prodaja ili kontrola zaliha. Ti se podaci zatim mogu koristiti za donošenje proizvodnih odluka na temelju dostupnosti osoblja i profitnih marži. Imati točnu digitalnu repliku svih svojih procesa poznato je kao "digitalni bliznac", to daje moć da predviđanja mogućih neželjenih ishoda i donošenje još informiranije i ispravnije odluke. ¹⁷⁰

4.6.2 Procesni dijagram implementacije big data u logističkim procesima

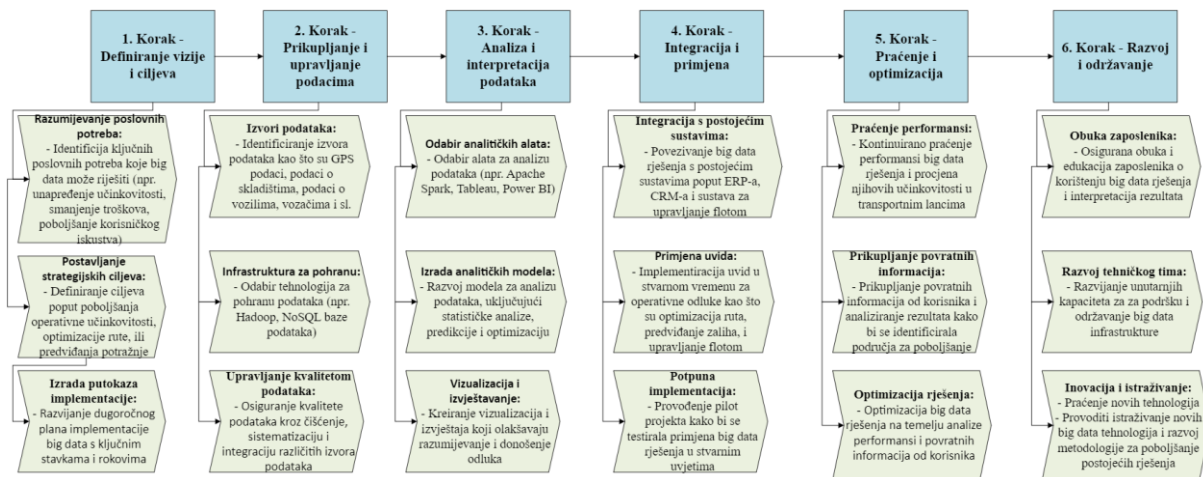
Procesni dijagram implementacije sa slike 13. naglašava značaj analize postojećeg stanja i planiranja prije nego što se krene u odabir i implementaciju IoT uređaja. Ključni elementi uključuju prikupljanje i analizu podataka te njihovu integraciju u postojeće sustave.

¹⁶⁸ Richnák, P. (2022). Current Trend of Industry 4.0 in Logistics and Transformation of Logistics Processes Using Digital Technologies: An Empirical Study in the Slovak Republic. *Logistics*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/logistics6040079>

¹⁶⁹ Industry 4.0: Challenges, Solutions and Real Use Cases. Preuzeto srpanj 2024., od <https://innowise.com/blog/industry-4-0-challenges-and-solutions/>

¹⁷⁰ Ibid.

Edukacija zaposlenika i kontinuirana optimizacija također su važni za maksimalno iskorištavanje IoT tehnologija. Svaki navedeni procesni dijagram pruža strukturiran pristup implementaciji tehnologije i fokusira se na specifične aspekte koji su ključni za uspješnu primjenu u transportnim lancima.



Slika 13. Procesni dijagram implementacije big data u logističkim procesima

Izvor: Izradio autor

4.6.3 Praktični primjer implementacije big data u logističkim procesima

Kombinacija IoT i big data recept je koji Bosch koristi za pokretanje digitalne transformacije svoje tvornice Bosch Automotive Diesel System u Wuxiju, Kina. Tvrtka povezuje svoje strojeve za praćenje cjelokupnog proizvodnog procesa u središtu svoje tvornice. To se postiže ugradnjom senzora u tvorničke strojeve koji se zatim koriste za prikupljanje podataka u uvjetima strojeva i vremenu ciklusa. Nakon što se prikupe, napredni alati za analizu podataka obrađuju podatke u stvarnom vremenu i upozoravaju radnike kada se uoče uska grla u proizvodnim procesima. Primjena ovog pristupa pomaže u predviđanju kvarova opreme, omogućujući tvornici planiranje procesa održavanja mnogo prije nego dođe do kvara. Kao rezultat toga, tvornica može održavati svoje strojeve u pogonu i radu dulje vrijeme.¹⁷¹

Tvrtka navodi da je korištenje analize podataka na ovaj način pridonijelo povećanju proizvodnje za više od 10 % u određenim područjima, dok je istovremeno poboljšala isporuku i zadovoljstvo kupaca. U konačnici, bolji uvid u rad tvornice podržava bolje i brže donošenje

¹⁷¹ Industry 4.0: 7 Real-World Examples of Digital Manufacturing in Action - AMFG. <https://amfg.ai/2019/03/28/industry-4-0-7-real-world-examples-of-digital-manufacturing-in-action/>

odluka u cijeloj organizaciji, omogućujući joj smanjenje zastoja opreme i optimizaciju proizvodnih procesa.¹⁷²

Primjenom velikih podataka u logistici, tvrtke mogu kontrolirati i obraditi ogromnu količinu informacija koje se generiraju u njihovim opskrbnim lancima. Analitika velikih podataka također pruža prednosti u proizvodnji proizvoda, skladištenju, transportu i distribuciji. Distributer alatnih strojeva Yamazen koristi softverski modul Supply Chain Analytics za konzultacije i analizu izvedbe procesa u svom skladištu. Ova napredna funkcionalnost softverskog programa Easy WMS segmentira i strukturira podatke koji nastaju u bilo kojem objektu. „Easy WMS kao saliven odgovara posebnim karakteristikama naše tvrtke. S ovim sustavom znamo dostupnost robe i možemo napraviti inventuru u stvarnom vremenu,” prema James Hansen, izvršnom potpredsjedniku Yamazena USA.¹⁷³

Softver za analizu lanca opskrbe potiče produktivne i fleksibilne logističke procese prilagođene poslovnim potrebama. Na primjer, Intermark, tvrtka za ambalažu i materijale za označavanje, opremila je svoje skladište naprednim analitičkim modulom Mecalux Grupe za sveobuhvatno praćenje logističkih procesa. “Naše tržište je vrlo dinamično i zahtjevi kupaca se brzo mijenjaju. Kao rezultat toga, moramo transformirati naše poslovanje kako bismo mogli zadovoljiti te nove potrebe. S ovim modulom sada imamo informacije temeljene na podacima za predlaganje promjena koje će fino prilagoditi naše logističkih procesa,” prema Juan Pablo Calvou, generalnom direktor Intermarka.¹⁷⁴

4.7 Ostali praktični primjeri implementacije industrije 4.0 u logističkim procesima

Transportna logistika uvijek je bila središnji element u svakom opskrbnom lancu, a digitalizacija logistike stvara brojne nove prilike u transportu, ali i izazove. Ipak, digitalna rješenja postaju sve važnija, pa TMS sustavi igraju veću ulogu nego ikad prije. TMS podržava logistiku od stvarnog planiranja transporta i izvršenja do podmirjenja troškova i prihoda. S

¹⁷² Industry 4.0: 7 Real-World Examples of Digital Manufacturing in Action - AMFG. <https://amfg.ai/2019/03/28/industry-4-0-7-real-world-examples-of-digital-manufacturing-in-action/>

¹⁷³ Mecalux. Industry 4.0 examples in business. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mecalux.com/blog/industry-4-0-examples>

¹⁷⁴ Ibid.

pravim procesima i funkcijama, s jedne strane, transparentnost vlastitih prijevoza može se znatno poboljšati, dok s druge strane tu su i velike uštede troškova.¹⁷⁵

Bilo kopnom, morem ili zrakom, ključno je osigurati brzu, sigurnu i ekonomičnu dostavu za prijevoz robe, SAP Transportation Management (SAP TM) idealna je platforma za to. Kao dio opskrbnog lanca, platforma podržava tvrtke u transportnim uslugama od unosa narudžbe do planiranja i izvršenja do fakturiranja, čime se osigurava učinkovita obrada u kretanju robe. Osobito kod multimodalnih procesa u području transporta, transparentnost u opskrbnom lancu je ključna, SAP TM to jamči mapiranjem svojih transportnih zahtjeva kroz cijeli proces od kraja do kraja.¹⁷⁶

SAP TM se također može integrirati s kritičnim SAP ERP modulima, kao što su SAP EWM (SAP Extended Warehouse Management), SAP EM (SAP Event Management) ili ERP komponente SAP-a što ima pozitivan učinak na cjelokupnu transportni lanac. Još jedna komponenta s kojom SAP TM djeluje je SAP Logistics Business Network (SAP LBN), rješenje temeljeno na cloudu za poboljšanu suradnju između logističkih poslovnih partnera. Neke od osnovnih funkcija SAP TM su:

- 1) Upravljanje narudžbama - integracija narudžbi i narudžbenica iz SAP-a kao i iz drugih sustava, kreiranje narudžbi i ponuda za prosljeđivanje, upravljanje životnim ciklusom narudžbi
- 2) Planiranje - ručno ili automatizirano planiranje transporta resursa, troškovno optimiziran odabir prijevoznika, generiranje paketa, planiranje teretnog prostora u 3D i slično
- 3) Izvršenje - praćenje procesa izvršenja, sveobuhvatno upravljanje dokumentima, praćenje pošiljaka i komunikacija, integrirano upravljanje skladištem
- 4) Računovodstvo - upravljanje ugovorom o prijevozu, izračun troškova prijevoza, naplata na temelju događaja, naplata prijevoza i raspodjela troškova, transparentnost i vidljivost troškova.¹⁷⁷

Skladište i transport idu zajedno, zato se SAP TM besprijekorno integrira s procesima SAP Extended Warehouse Management ili skraćeno SAP EWM i stvara transparentnost od

¹⁷⁵ Transport Management System—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/transport-management>

¹⁷⁶ Ibid.

¹⁷⁷ Ibid.

kraja do kraja u vašem opskrbnom lancu, ova integracija samo će nastaviti rasti u budućnosti. Neke prednosti za integraciju SAP TM sa SAP EWM:

- 1) Planiranje transporta - bez obzira na to je li planiranje transporta uzvodni ili nizvodni proces, rezultat planiranja transporta se priopćava SAP EWM-u i koristi za sljedeće zadatke skladišta. U slučaju ranog planiranja transporta, koje počinje prije skladišnih aktivnosti, SAP EWM čeka rezultate planiranja transporta. Omogućeno je i planiranje temeljeno na izvršenju, gdje SAP EWM upravlja stvarnim planiranjem prijevoza. Ovisno o konfiguraciji, integracija koristi dodatne komponente iz SAP TM. Na primjer, određivanje paketa može se prenijeti u SAP EWM i ponovno koristiti kao planirane jedinice otpreme u procesu komisioniranja. Isto tako, redosljed utovara, koji je rezultat planiranja utovarnog prostora, može se prenijeti u skladište kako bi se pojednostavio utovar prikolice ili kontejnera.
- 2) Napredno otpremanje i primanje - uobičajena integracija SAP EWM i SAP TM u osnovi se temelji na unaprijed definiranim sučeljima. Dakle, u određenom trenutku jedan sustav šalje poruku partnerskom sustavu i čeka odgovarajući odgovor. Međutim, u nekim situacijama to ima nedostatak da određeni događaji u skladištu ili planiranju transporta utječu na prethodno priopćene rezultate, ali oni nisu izravno vidljivi s druge strane. Kako bi zaobišao ovaj problem, SAP već neko vrijeme nudi naprednu funkcionalnost slanja i primanja, ovdje je komunikacija između pojedinačnih rješenja zaobiđena do te mjere da oba sustava rade na jednoj bazi podataka. Dakle, ako skladište ne može osigurati planiranu količinu za transport, to je izravno vidljivo u transportu i planiranje transporta može reagirati u skladu s tim.
- 3) Tranzitno skladište - u slučaju tranzitnog skladištenja, integracija SAP TM i EWM omogućuje privremeno skladištenje i pretovar robe. U ovom slučaju, SAP TM upravlja planiranjem prijevoza između pojedinačnih lokacija, dok SAP EWM upravlja aktivnostima utovara i istovara u skladištu ili tranzitnim lokacijama. Ovaj se postupak posebno koristi kada multimodalni prijevoz zahtijeva međuskladištenje.¹⁷⁸

SAP LBN dio je Business Network Initiative, ponude temeljene na oblaku za suradnju poslovnih partnera s fokusom na logistiku. SAP LBN ima za cilj brzo i učinkovito povezati različite poslovne partnere duž opskrbnog lanca. Osim umrežavanja, SAP LBN podržava

¹⁷⁸ Transport Management System—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/transport-management>

različite procese, kao što su raspisivanje natječaja i dodjela podugovora, provjera faktura ili rad na zajednički definiranim prekretnicama. Osim toga, SAP LBN koristi ono što je poznato kao zakazivanje sastanaka na pristaništu, što omogućava operateru robne kuće da definira - kada su pristaništa otvorena, kada špediter može preuzeti robu, kada špediter može rezervirati pristanište i slično.¹⁷⁹ Podaci se razmjenjuju u stvarnom vremenu duž cijelog opskrbnog lanca, SAP LBN trenutno se fokusira na SAP TM, za tu svrhu SAP LBN nudi tri glavne opcije:

- 1) Suradnja u teretnom prometu - ova opcija nudi digitalno umrežavanje pošiljatelja i otpremnika, a time i okruženje za učinkovitu suradnju za oba poslovna partnera. Omogućuje strukturiranu razmjenu digitalnih logističkih podataka kao i planiranje transporta i praćenje isporuke u stvarnom vremenu.
- 2) Globalno praćenje i kontroliranje - ova opcija omogućuje tvrtkama uvid u cijeli opskrbni lanac materijala i proizvoda u stvarnom vremenu te praćenje pošiljaka. To dovodi do optimizacije troškova, a rizici se mogu smanjiti ranim otkrivanjem problema u opskrbnom lancu.
- 3) Praćenje i sljedivost materijala - opcija SAP LBN koristi se za praćenje materijala korištenog u proizvodnim procesima. To funkcionira putem dijeljenja podataka unutar mreže dobavljača. Sastoji se od dobavljača koji su preuzeli pojedinačne korake proizvodnje krajnjeg proizvoda.¹⁸⁰

SAP TM nudi sveobuhvatno rješenje za transportne procese i može ih mapirati od kraja do kraja. Međutim, određena fleksibilnost i prilagodljivost su potrebni u nekim slučajevima, gdje SAP kao standardni softver može doseći svoje granice. U praksi je čest slučaj da projekt započinje mapiranjem rješenja koje je blisko standardu. Ipak, često se vrlo brzo pokaže da se ideja i stvarnost ne slažu najbolje te su u nekim slučajevima potrebne individualne mogućnosti prilagodbe. Upravo tu nastupa logistička platforma temeljena na cludu – platbricks, to je platforma za inovacije unutar logistike razvijena na temelju Microsoft Azure i može se integrirati u SAP putem brojnih sučelja. Stoga se SAP može prilagoditi i proširiti različite procese prema potrebama klijenta bez dubljih intervencija u njegov SAP sustav.¹⁸¹

¹⁷⁹ Transport Management System—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/transport-management>

¹⁸⁰ Ibid.

¹⁸¹ Ibid.

Platforma sa standardnim ERP/WMS sustavima povezuje kontrolni centar s mogućnostima u stvarnom vremenu, proširivom procesnom logikom i opcijama konfiguracije, aplikacijama jednostavnim za korištenje s najsuvremenijim korisničkim sučeljima i softverom za naplatu usluga. Još uvijek postoje brojne praznine u digitalizaciji i klasičnim procesima u logistici, kao na primjer, stacionarna računala pri prijemu robe, nedostatak upravljanja skladištem u proizvodnji ili analogni procesi komisioniranja i nadopunjavanja samo su neki od primjera potencijala za promjenu. Arvato je razvio rješenje platbricks kako bi ispravio sve navedene izazove. Platbricks digitalni je modularni sustav koji može orkestrirati interne logističke i transportne procese među tvrtkama te ih izvršavati u pokretu s pametnim nosivim uređajima:

- 1) Optimiziranje transportnog lanca ključan je element za konkurentnost i zadovoljstvo kupaca. Korištenjem digitalnih tehnologija i inteligentnih softverskih rješenja, poput onih koje nudi Arvato Systems s platbricks, učinkovitost i transparentnost procesa mogu se povećati. To dovodi do besprijekorne integracije komponenti transportnog lanca, smanjuje složenost i omogućuje fleksibilnu prilagodbu dinamičnim tržišnim uvjetima.
- 2) Povećana vidljivost i kontrola u transportnom lancu ključni su za proaktivno upravljanje i smanjenje rizika. Platbricks pruža pregled svih procesa u stvarnom vremenu, omogućujući značajno poboljšano donošenje odluka. Ova transparentnost omogućuje tvrtkama da identificiraju uska grla u ranoj fazi, povećaju pouzdanost isporuke i poboljšaju zadovoljstvo kupaca. U isto vrijeme, povećana kontrola omogućuje učinkovitije planiranje i korištenje resursa, što pomaže u optimizaciji ukupnog troška vlasništva.
- 3) Modularna struktura logističke platforme omogućuje njezino prilagođavanje specifičnim potrebama, dok fleksibilnost rješenja podržava brzi odgovor na nove izazove i prilike. Uz platbricks, tvrtke uvijek ostaju agilne i konkurentne u tržišnom okruženju koje se stalno mijenja.¹⁸²

Čak i samostalan, platbricks podržava planiranje i izvođenje putovanja te omogućuje digitalnu obradu narudžbi uključujući GPS praćenje s platbricks aplikacijom za vozače. Odgovorni vozači svoje informacije o putovanju primaju digitalno i mogu dokumentirati svaku dostavu ili preuzimanje. Uz pomoć povratnih informacija o statusu u stvarnom vremenu i GPS

¹⁸² platbricks—The Smart Logistics Platform. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/platbricks>

praćenja, dispečer može kontinuirano pratiti napredak obilazaka, osnovne funkcije ovog sustava za planiranja obilaska vozila:

- 1) Kreira se izlazna ili ulazna isporuka - isporuka se vrši u sustavu vođenja skladišta.
- 2) Dodjeljivanje isporuke obilasku - isporuka se dodaje obilasku s grafičkom podrškom.
- 3) Dohvat ture putem aplikacije - dohvat ture, navigacija do prve stanice, skeniranje dostavnice, dokumentacija dostave/preuzimanja i evidencija utovarne opreme, zaključak s potpisom i/ili fotografijom, usmjeravanje do sljedeće stanice.
- 4) Praćenje napretka obilaska - čim vozač započne obilazak, može se pratiti trenutna lokacija obilaska i status obrade.
- 5) Analiza odstupanja - platbricks analitika omogućuje analizu zabilježenih odstupanja radi utvrđivanja uzroka i ispravka istih.¹⁸³

Troškovi prijevoza i tereta odlučujući su čimbenici u tome jesu li odabrani logistički procesi ekonomični. Mnoge se tvrtke suočavaju s pitanjem kako mogu smanjiti troškove prijevoza i tereta, a istovremeno ispuniti druge zahtjeve, poput smanjenja emisije CO₂. Bitan aspekt smanjenja troškova transporta i tereta je optimizirana konsolidacija izlaznih i ulaznih isporuka. Osim troškovnih prednosti i optimiziranog iskorištenja kapaciteta za pošiljatelja, na primjer, dodjela prostora u tovarnom prostoru ili optimizirana učestalost isporuke, ali i primatelj također ima prednosti, svoje narudžbe dobiva u paketu tako da između tvrtki može nastati visok stupanj sinergije i fleksibilnosti.¹⁸⁴

Ručno planiranje transporta bez softverske podrške je složeno, često netočno, neoptimizirano i dugotrajno. Ako se ti logistički procesi uglavnom provode bez informatičke podrške, povećava se osjetljivost na pogreške, što dovodi do većih troškova ili čak uskih grla u isporuci. Osim toga, stvarni tijek ture u smislu trenutnog statusa obrade često nije transparentan za dispečere čim vozač napusti dvorište. Iz toga razloga razvijeno je vrijedno rješenje za tvrtke koje koriste SAP TM i imaju vlastitu flotu vozila kombinirajući SAP TM s logističkom platformom u oblaku platbricks Driver App. Uz pomoć SAP TM i njegove povezanosti s platbricks Driver App (komunikacija putem platbricks kontrolnog centra), gore spomenuti

¹⁸³ platbricks—The Smart Logistics Platform. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/platbricks>

¹⁸⁴ Ibid.

transportni procesi mogu se potpuno digitalno mapirati te planirati i izvršiti uz automatsko uzimanje u obzir definiranih ograničenja i kriterija optimizacije.¹⁸⁵

U SAP TM planiraju se i optimiziraju nalozi za transport u svim mogućim scenarijima, SAP TM podržava povezivanje svih zahtjeva za prijenos iz dokumenata narudžbe i isporuke iz SAP ERP ili drugih sustava. Ovi zahtjevi za prijenos podijeljeni su u teretne jedinice i zatim se mogu planirati i rasporediti ručno ili automatski u skladu s definiranim kriterijima optimizacije. Rezultat toga su smanjeni troškovi prijevoza, veća transparentnost transportnog lanca i ubrzanje čitavog sustava, što je esencijalna vrijednost u modernom vremenu.¹⁸⁶

Platbricks Driver App izvorna je aplikacija za mobilne uređaje, koja vozaču prijevoza omogućuje digitalnu obradu narudžbi. U kombinaciji sa SAP TM, narudžbe za teret mogu se prikazati, obraditi i prijaviti u aplikaciji za vozača platbricks. Vozač obrađuje turu koja mu je dodijeljena i može dokumentirati isporuku putem aplikacije (npr. dokumentacija o isporuci, GPS praćenje, dokumentacija o mogućim oštećenjima, zamjena utovarne opreme itd.). To dovodi do visoke razine transparentnosti cijelog obilaska i statusa njegove obrade u SAP TM i aplikaciji za vozače platbricks. Za razmjenu podataka o narudžbi tereta iz SAP TM s aplikacijom za vozača platbricks, podaci se šalju ili repliciraju u kontrolni centar platbricks putem SAP standardnih web usluga. Preko platbricks kontrolnog centra podaci se šalju na mobilne uređaje vozača i vraćaju, a SAP TM komunicira isključivo s kontrolnim centrom platbricks, a ne izravno s mobilnim uređajima.¹⁸⁷

platbricks nudi potpuno integrirani sustav upravljanja transportom za urbanu logistiku, ova integracija korisnicima daje pristup raznolikom izboru kurirskih usluga putem samo jednog središnjeg sučelja, odnosno jednog portala oglasa. Ali također, putem veze s sustavom Last Mile Masterom tvrtke tiramizoo, vozači i kuriri mogu biti organizirani i optimizirani neovisno od strane klijenta. Osim toga, rutom i planiranjem rute također se može učinkovito upravljati putem alata za optimizaciju rute. Primatelji pošiljaka primaju ažuriranja o trenutnom statusu isporuke u stvarnom vremenu putem Live Tracking modula tiramizooa. S IT rješenjem od kraja do kraja od tvrtke Arvato Systems i tiramizoo, urbani koncepti isporuke mogu se implementirati

¹⁸⁵ platbricks—The Smart Logistics Platform. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/platbricks>

¹⁸⁶ Ibid.

¹⁸⁷ Ibid.

inteligentno i učinkovito, mogućnost rada u stvarnom vremenu omogućuje korisnicima da uvijek imaju pregled, čak i preko svih granica sustava.¹⁸⁸

Još jedan praktičan primjer korištenja platbricks je logistika u trgovinama i urbana dostava, uz logističku platformu u oblaku temeljenu na Microsoft Azure, platbricks nudi jednostavno i učinkovito rješenje za postavljanje mikro depoa. Od primitka robe i upravljanja zalihama do isporuke na kućni prag, njihov korisnik pristupa svim procesima urbanog transportnog lanca putem središnjeg kontrolnog centra i mobilnih uređaja.¹⁸⁹

¹⁸⁸Logistics 4.0—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/logistics-4-0>

¹⁸⁹Ibid.

6. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu detaljno je analizirana primjena i implementacija tehnologije industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima, s fokusom na područje Republike Hrvatske i Europske unije. Kroz analizu koncepta industrije 4.0, primjenu naprednih tehnologija poput AI, IoT-a, blockchaine te njihov potencijal u logističkom sektoru, prikazane su brojne mogućnosti za poboljšanje efikasnosti, smanjenje troškova i povećanje konkurentnosti poduzeća.

Industrija 5.0, odražava promjenu fokusa s ekonomskog pristupa na fokus na društvenu vrijednost i dobrobit. To je nova faza industrijalizacije u kojoj ljudi rade zajedno s naprednom tehnologijom i robotima vođenim umjetnom inteligencijom kako bi poboljšali procese na sustava. Najvažnija razlika u odnosu na industriju 4.0 je ta što stavlja dobrobit radnika u srce proizvodnog procesa, donoseći prosperitet izvan poslova i rasta. S obzirom da trenutno još nema praktičnih primjera implementacije, rad je fokusiran isključivo na industriji 4.0.

Upravljanje transportnim lancima uključuje niz aktivnosti koje se provode kako bi se roba, sirovine i proizvodi prevezli od jedne lokacije do druge, uključujući transport, skladištenje i distribuciju. U posljednjih nekoliko desetljeća transporti lanci susreli su se s brojnim izazovima, što je rezultiralo i ugradnjom mnogih novih tehnologija i strategija koje su u potpunosti transformirale funkciju. Implementacija tih naprednih tehnologija pružaju priliku industrijama da postignu najvišu razinu operativne učinkovitosti, agilnosti, inovativnosti, i korisničku službu, koja ga pretvara u digitalni transportni lanac. Jednostavnim riječima, automatiziranjem svakog procesa, postavljanjem senzora u svako sredstvo i stvaranjem zatvorene mreže, tehnologije surađuju kako bi postigle najveću moguću izvedbu. Dosadašnja istraživanja su pokazala da implementacija tehnologije industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima može imati značajan utjecaj na učinkovitost, kvalitetu usluge i smanjenje troškova.

Vertikalna i horizontalna integracija ovih tehnologija u životni ciklus proizvoda može donijeti transformaciju u mreži transportnog lanca i izgraditi otporan opskrbni lanac. Fokus digitalizacije transportnog lanca je pružiti napredne tehnike predviđanja, precizni pristup podacima o preferencijama kupaca, prediktivnu analizu, skraćeno vrijeme isporuke, proizvodnju u stvarnom vremenu s visokom fleksibilnošću za prilagodbu promjenjivom ponašanju kupaca, fleksibilnu, transparentnost u stvarnom vremenu i end-to-end transparentnost te vidljivost cijele mreže dobavljača, visoka razina automatizacije u cijelom

transportnom lancu za poboljšanje kvalitete i učinkovitosti procesa te mogućnosti donošenja odluka na temelju podataka u svakoj fazi.

Diplomski rad pokazuje da tehnologije industrije 4.0 mogu dati agilnost, transparentnost i otpornost transportnom lancu, što bi ga učinilo usmjerenim na kupca, vođenim potražnjom i automatiziranim. Osim toga, pregled pokazuje da iako su prednosti implementacije tehnologija industrije 4.0 u transportne lance dobro prepoznate, primjena, povezana istraživanja i slučajevi korištenja u stvarnom životu još uvijek su rijetki, no jasno je da tvrtke koje ne uspiju prihvatiti tehnologije bi na kraju mogle prestati postojati, ili postati nekompetentnije u odnosu na one koje primjene. Ako je kriva poput pandemije 2020. razotkrila uska grla u praksi brojnih transportnih lanaca, jedno od sigurnih rješenja je upravo integracija naprednih tehnologija industrije 4.0. Stoga, pitanje s kojim se organizacije suočavaju nije „ako” usvojiti tehnologije”, već „kada” i na koji način.

LITERATURA

KNJIGE:

- 1) Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2006). Warehouse & distribution science. The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. <http://www.warehouse-science.com/>
- 2) Richards, G. (2017). Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse (3rd edition). Kogan Page.
- 3) Christopher, M. (2016). Logistics and Supply Chain Management: Logistics & Supply Chain Management (5th edition). FT Publishing International.
- 4) Myerson, P. (2012). Lean Supply Chain and Logistics Management (1st edition). McGraw Hill.
- 5) Babić D, Stanković R, Bajor I. (2020). Špediterski poslovi u logističkoj djelatnosti. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- 6) Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Illustrated edition). Crown Currency.
- 7) Crafts, N. F. R. (1985). British Economic Growth During the Industrial Revolution. Clarendon Press.
- 8) Jr, A. D. C. (1993). The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business. Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press.
- 9) OECD (2017). "The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business". OECD Publishing, Paris.
- 10) Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2013). "Introduction to logistics systems management". John Wiley & Sons.
- 11) Ellen MacArthur Foundation (2015). "Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe".

ZNANSTVENI ČLANCI, ČASOPISI, RADOVI I OSTALO:

- 1) Zekić, Z. (2001). LOGISTIČKI MODEL DINAMIČKE OPTIMIZACIJE POSLOVANJA PODUZEĆA. Ekonomski pregled, 52(3–4), 393–417.
- 2) Are these 5 trends disrupting or driving logistics growth? (2024, svibanj 24). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2024/05/logistics-growth-trends/>

- 3) Cakić, A. B. (2010). Clarification of a term transport chain. *Vojnotehnički glasnik*, 58(1), 113–128. <https://doi.org/10.5937/vojtehg1001113C>
- 4) Stažnik, A., Babić, D., & Bajor, I. (2017). Identification and analysis of risks in transport chains. *Journal of Applied Engineering Science*, 15(1), 61–70. <https://doi.org/10.5937/jaes15-12179>
- 5) Petar, S., Bajor, I., & Radulović, S. (2011). Technology Transfer and Logistics-distribution Centres. *Promet - Traffic&Transportation*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.7307/ptt.v23i1.145>
- 6) Rodrigue J-P.: *The Geography of Transport Systems*. New York: Routledge, 2017, str. 73
- 7) Hočurščak, D. (2022). Digitalna transformacija lanaca opskrbe na primjeru blockchain tehnologije [Info:eu-repo/semantics/masterThesis, University North]. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:112136>
- 8) Gašiorek, K. (2022). Key competences for Transport 4.0 – Educators’ and Practitioners’ opinions. *Open Engineering*, 12(1), 51–61. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0009>
- 9) Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- 10) Topčić, A. (2020). IZAZOVI I MOGUĆNOSTI IMPLEMENTACIJE POJEDINIHTEHNOLOŠKIH NOSILACA KONCEPTA INDUSTRIJE 4.0
- 11) Li, S. (2020). Structure Optimization of e-Commerce Platform Based on Artificial Intelligence and Blockchain Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8825825>
- 12) Arsić, M., Tomovic, N., Miletić, L., Ketin, S., Fimek, N., Sad, Srbija, Fpim, Vbšas, & Beograd, S. (2021). PRIMENA BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJE U SAOBRAĆAJU I TRANSPORTU BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLICATION IN TRAFFIC AND TRANSPORT.
- 13) Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>

- 14) Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>
- 15) Tadić, D. M., Maljugić, B. M., Stanisavljev, S. M., & Kavalić, M. V. (2022). Big Data management: Industry features 4.0. *Tehnika*, 77(2), 241–246. <https://doi.org/10.5937/tehnika2202241T>
- 16) Vićentijević, K. (2023). ODRŽIVOST I CIRKULARNA EKONOMIJA. <https://doi.org/10.7251/BLCZR0623287V>
- 17) Bogetic, S. (2021). Cirkularna ekonomija i izazovi globalnog tržišta. https://www.academia.edu/107787605/Cirkularna_ekonomija_i_izazovi_globalnog_tr%C5%BEi%C5%A1ta
- 18) Čatić, I. (2017). Što je industrija 4.0? *Jezik: časopis za kulturu hrvatskoga književnog jezika*, 64(3–4), 148–151.
- 19) Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129(C), 1–11.
- 20) Zoubek, M., & Michal, Š. (2021). A FRAMEWORK FOR A LOGISTICS 4.0 MATURITY MODEL WITH A SPECIFICATION FOR INTERNAL LOGISTICS. *MM Science Journal*, 2021, 4264–4274. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_03_2020073
- 21) Efthymiou, O., & Ponis, S. (2021). Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13, 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>
- 22) Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- 23) Tikwayo, L. N., & Mathaba, T. N. D. (2023). Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic Literature Review. *Logistics*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/logistics7020024>
- 24) Valeš, J. (2021). Primjena umjetne inteligencije u transportu [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis, University of Zagreb. Faculty of Economics and Business. Department of Informatics]. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:148:651100>

- 25) Richnák, P. (2022). Current Trend of Industry 4.0 in Logistics and Transformation of Logistics Processes Using Digital Technologies: An Empirical Study in the Slovak Republic. *Logistics*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/logistics6040079>
- 26) Hazen, B. T., Russo, I., Confente, I., & Pellathy, D. (2020). Supply chain management for circular economy: Conceptual framework and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 32(2), 510–537. <https://doi.org/10.1108/IJLM-12-2019-0332>
- 27) Shaiful Fitri Abdul Rahman, N., Adam Hamid, A., Lirn, T.-C., Al Kalbani, K., & Sahin, B. (2022). The adoption of industry 4.0 practices by the logistics industry: A systematic review of the gulf region. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100085>
- 28) Huang, K., Wang, K., Lee, P. K. C., & Yeung, A. C. L. (2023). The impact of industry 4.0 on supply chain capability and supply chain resilience: A dynamic resource-based view. *International Journal of Production Economics*, 262, 108913. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108913>
- 29) Industrija 4.0 u Hrvatskoj. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. Industrija 4.0 u Hrvatskoj. (2017, kolovoz 28). HAMAG BICRO. <https://hamagbicro.hr/hamag-bicro-potice-pametnu-proizvodnju-u-hrvatskoj/>
- 30) Bhattacharya, M., Wamba, S. F., & Gunasekaran, A. (2017). "Impact of RFID technology on supply chain management: a literature review". *International Journal of Production Research*, 55(7), 1901-1925.
- 31) Bosilj-Vukšić, V., & Indihar Štemberger, M. (2017). "Impact of business process management and information-communication technology on business performance: a study of Croatian and Slovenian small and medium-sized enterprises". *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 208-219.
- 32) Wurman, P. R., D'Andrea, R., & Mountz, M. (2008). "Coordinating hundreds of cooperative, autonomous vehicles in warehouses". *AI Magazine*, 29(1), 9-20.
- 33) Montemerlo, M., Becker, J., Bhat, S., Dahlkamp, H., Dolgov, D., Ettinger, S., ... & Thrun, S. (2008). "Junior: The Stanford entry in the Urban Challenge". *Journal of Field Robotics*, 25(9), 569-597.
- 34) Juan, A. A., Mendez, C. A., Faulin, J., De Armas, J., & Grasman, S. E. (2016). "Electric vehicles in logistics and transportation: A survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges". *Energies*, 9(2), 86.

- 35) Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). "The Internet of Things: A survey". *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- 36) Wamba, S. F., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G., & Gnanzou, D. (2015). "How 'Big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study". *International Journal of Production Economics*, 165, 234-246.
- 37) Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., ... & Zaharia, M. (2010). "A view of cloud computing". *Communications of the ACM*, 53(4), 50-58.
- 38) Fawcett, S. E., & Waller, M. A. (2014). "Supply chain game changers—mega, nano, and virtual trends—and forces that impede supply chain design (i.e., building a winning team)". *Journal of Business Logistics*, 35(3), 157-164
- 39) Agrawal, S., & Smith, J. (2015). "Optimal inventory management using machine learning". *Management Science*, 61(5), 1180-1191
- 40) Delucchi, M. A., & Jacobson, M. Z. (2011). "Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies". *Energy Policy*, 39(3), 1170-1190.
- 41) Farhangi, H. (2010). "The path of the smart grid". *IEEE Power and Energy Magazine*, 8(1), 18-28.
- 42) Khan, S. A. R., Shah, A. S. A., Yu, Z., & Tanveer, M. (2022). A systematic literature review on circular economy practices: Challenges, opportunities and future trends. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 14(5), 754–795. <https://doi.org/10.1108/JEEE-09-2021-0349>
- 43) Mitrović, Đ., & Manić, E. (2020). Tranzicija Ka Cirkularnoj Ekonomiji U Zemljama Evropske Unije – Konvergencija Ili Divergencija (Transition To Circular Economy In The Eu Countries – Convergence Or Divergence). *Ekonomске Ideje i Praksa*, 38, 27–48.
- 44) Montag, L. (2023). Circular Economy and Supply Chains: Definitions, Conceptualizations, and Research Agenda of the Circular Supply Chain Framework. *Circular Economy and Sustainability*, 3(1), 35–75. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00172-y>

INTERNET IZVORI:

- 1) Logistics—European Commission. Preuzeto srpanj 2024., od https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/logistics_en
- 2) Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. I-SCOOP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>
- 3) Industry 4.0 Technologies in Supply Chain Management. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/38996>
- 4) Getting the most out of Industry 4.0 | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-40-looking-beyond-the-initial-hype>
- 5) Industry 4.0 overview. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.deloitte.com/global/en/our-thinking/insights/topics/digital-transformation/industry-4-0/overview.html>
- 6) Artificial Intelligence-Based Cyber Security in Industry 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/51727>
- 7) Systems, T. M. W. Blockchain for Transportation: Where the Future Starts. Supply Chain 24/7. Preuzeto srpanj 2024., od https://www.supplychain247.com//paper/blockchain_for_transportation_where_the_future_starts
- 8) Kosovac, A. Novi iskorak Industrije 4.0 u transportu i logistici. Aplikacija industrije 4.0 – prilika za novi iskorak u svim industrijskim granama / Application of Industry 4.0 – an opportunity for a new step forward in all industrial branches. Preuzeto srpanj 2024., od https://www.academia.edu/93362410/Novi_iskorak_Industrije_4_0_u_transportu_i_logistici
- 9) I4.0, Servitisation, and Circular Economy. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/11147>
- 10) Digital Technologies towards Circular Economy. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/8722>
- 11) Supply Chain 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/23392>
- 12) Where machines could replace humans—And where they can't (yet) | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>

- 13) What is industry 4.0 and the Fourth Industrial Revolution? | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>
- 14) The Industry 4.0 Framework: Idea, Tool, & Guide (Part 1). LKH Precicon. Preuzeto srpanj 2024., od https://www.precicon.com.sg/industry_4/industry-4-0-framework/
- 15) Logistics automation: Big opportunity, bigger uncertainty | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>
- 16) Industry 4.0 Meets Digital In Transportation | CIO Africa. Preuzeto srpanj 2024., od <https://cioafrica.co/industry-4-0-meets-digital-in-transportation/>
- 17) Why strive for Industry 4.0. (2019, siječanj 16). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-companies-should-strive-for-industry-4-0/>
- 18) Transport Logistics in the Era of Industry 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://blog.flexis.com/transport-logistics-in-the-era-of-industry-4.0>
- 19) Industry 4.0: Challenges, Solutions and Real Use Cases. Preuzeto srpanj 2024., od <https://innowise.com/blog/industry-4-0-challenges-and-solutions/>
- 20) Industrija 4.0 u Hrvatskoj – THGK. (2020, veljača 3). <https://ccic.hr/blog/industrija-4-0-u-hrvatskoj/>
- 21) Industry 4.0: 7 Real-World Examples of Digital Manufacturing in Action - AMFG. <https://amfg.ai/2019/03/28/industry-4-0-7-real-world-examples-of-digital-manufacturing-in-action/>
- 22) AI in Logistics: Guide to Enhancing Processes and Reducing Costs. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.tresastronautas.com/en/en/blog/guide-to-artificial-intelligence-in-logistics-process-improvement-and-cost-reduction>
- 23) Ristic, Z. (2023, ožujak 29). Šta je IoT? Internet stvari – detaljno objašnjeno. ITNetwork. <https://www.itnetwork.rs/sta-je-iot-internet-stvari-detaljno-objasnjeno/>
- 24) Umjetna inteligencija i automatizacija u logistici. Kamion&Bus. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.kamion-bus.hr/7561>
- 25) Blockchain in the Transportation Industry. RouteGenie. Preuzeto srpanj 2024., od <https://routegenie.com/blog/blockchain-in-the-transportation-industry/>
- 26) Blockchain in supply chain examples | Innovise. Preuzeto srpanj 2024., od <https://innowise.com/blog/blockchain-in-supply-chain-use-cases/>

- 27) Four Blockchain Supply Chain Examples. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.softeq.com/blog/four-blockchain-supply-chain-examples>
- 28) Industry 4.0 demystified—Lean’s next level | McKinsey. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-4-0-demystified-leans-next-level>
- 29) Nowakowski, M. (2022, studeni 21). 5 BEST PRACTICES for Intralogistics 4.0. VERSABOX. <https://versabox.eu/systemy-intralogistyczne-5-dobrych-praktyk-dla-intralogistyki-4-0/>
- 30) Circular Economy, Industry 4.0 and Supply Chain. Preuzeto srpanj 2024., od <https://encyclopedia.pub/entry/21596>
- 31) Logistics 4.0—A Key Component of Industry 4.0. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/blog/logistics-4-0-a-key-component-of-industry-4-0>
- 32) The Supply Chain Manager’s Guide to the Cloud. Preuzeto srpanj 2024., od https://blog.flexis.com/the-supply-chain-managers-guide-to-the-cloudhsmi=96016737&utm_content=96016737&utm_source=hs_automation
- 33) HNB: 4. Industrijska revolucija tvrtkama donosi veći profit i učinkovitost · HINA.hr. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.hina.hr/vijest/10608360>
- 34) Shukla, V. (2023, srpanj 20). 7 Steps to Implement Industry 4.0 for Maximum Efficiency. Appfoster. <https://medium.com/appfoster/7-steps-to-implement-industry-4-0-for-maximum-efficiency-fcd90720ca5a>
- 35) Gartner Identifies the Top Strategic Technology Trends for 2021. Gartner. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-10-19-gartner-identifies-the-top-strategic-technology-trends>
- 36) Mecalux. Industry 4.0 examples in business. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.mecalux.com/blog/industry-4-0-examples>
- 37) Artronic—About Us. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/about-us>
- 38) Artronic—SkyTrack system. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules>
- 39) Artronic—Digital logistics. Preuzeto srpanj 2024., od <https://artronic.net/en/products-and-services/skytrack-modules/digital-logistics>
- 40) Artificial Intelligence in Logistics—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/artificial-intelligence-in-logistics>

- 41) AI in Supply Chain Processes | SAP Business AI. SAP. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.sap.com/products/artificial-intelligence/supply-chain.html>
- 42) AI Applications: Application Areas & Solutions. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/data-automation/ai-services/ai-applications>
- 43) Blockchain in Logistics – Transparent Supply Chains | DHL Freight. (2023, lipanj 14). <https://dhl-freight-connections.com/en/solutions/blockchain-in-logistics-security-and-transparency-for-the-supply-chain/>
- 44) Machine Learning AWS AI and ML, Amazon Web Services, Preuzeto srpanj 2024., od <https://aws.amazon.com/machine-learning/>
- 45) Amazon Fulfillment Technologies Aurora Case. Amazon Web Services. Preuzeto srpanj 2024., od <https://aws.amazon.com/solutions/case-studies/amazon-fulfillment-aurora/>
- 46) Blockchain on AWS - Amazon Web Services. Amazon Web Services, Inc. Preuzeto srpanj 2024., od <https://aws.amazon.com/blockchain/>
- 47) Transport Management System—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/transport-management>
- 48) platbricks—The Smart Logistics Platform. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/platbricks>
- 49) Logistics 4.0—Arvato Systems. Preuzeto srpanj 2024., od <https://www.arvato-systems.com/solutions-technologies/solutions/scm-logistics/logistics-4-0>

POPIS SLIKA

Slika 1. Veličina logističkog tržišta u trilijunima USD	3
Slika 2. Vizualni prikaz industrijskih revolucija	10
Slika 3. Ključni izazovi prilikom implementacije industrije 4.0 kod poduzeća	25
Slika 4. Ključni zaključci provedene analize na projektu Smart Factory Hub tijekom 2017. godine	30
Slika 5. Trajanje AI projekta u postocima	37
Slika 6. Vertikalna integracija koncepta industrije 4.0	42
Slika 7. Horizontalna integracija koncepta industrije 4.0	43
Slika 8. Uvjeti za implementaciju industrije 4.0	48
Slika 9. Procesni dijagram implementacije IoT-a u logističkim procesima	52
Slika 10. SkyTrack pregled svih mogućnosti	56
Slika 11. Procesni dijagram implementacije AI i ML u logističkim procesima	62
Slika 12. Procesni dijagram implementacije blockchaina u logističkim procesima	70
Slika 13. Procesni dijagram implementacije big data u logističkim procesima	74

POPIS TABELA

Tabela 1. Ekonomska usporedba po vrstama	4
-------------------------------------------------------	---

POPIS KRATICA

IoT - Internet stvari (eng. Internet of things - IoT)

AGV - Automatski vođenog vozila (eng. Automated guided vehicle)

AI - Umjetna inteligencija (eng. Artificial intelligence - AI)

ML - Strojno učenje (eng. Machine learning)

CE - Cirkularna ekonomija (eng. Circular economy - CE)

EU - Europska unija (eng. European Union - EU)

ITS - inteligentni transportni sustavi (eng. intelligent transport systems - ITS)

RFID - Radiofrekvencijska identifikacijska oznaka (eng. Radio-frequency identification - RFID)

SCOR - Referentni model opskrbnog lanca (eng. Supply chain operations reference – SCOR)

RPA - Robotska automatizacija procesa (eng. Robotic process automation - RPA)

WMS - Sustavi za upravljanje skladištem (eng. Warehouse management systems - WMS)

TMS - Sustav upravljanja transportom (Transportation management system - TMS)

QFZ - Uprava za slobodne zone Katara (eng. Qatar Free Zones Authority - QFZ)

ANN - Umjetne neuronske mreže (eng. Artificial neural network - ANN)

FL - Neizrazita logika (eng. Fuzzy Logic - FL)

MAS - Višeagentni sustavi (eng. Multi-agent systems - MAS)

ABM - Sustavi temeljeni na agentima (eng. Agent-based model - ABM)

GA - Genetski algoritam (eng. Genetic algorithm - GA)

DL - Duboko učenje (eng. Deep learning - DL)

CAGR - Složena godišnja stopa rasta (eng. Compound annual growth rate - CAGR)

AuT - Samostalne stvari (eng. Autonomous Things - AuT)

RPA - Tehnologiju robotsku automatizacija procesa (eng. Robotic Process Automation - RPA)

AGV - Automatizirano vođena vozila (eng. Automated guided vehicles - AGV)

CSCM - Kružno upravljanje opskrbnim lancem (eng. Circular supply chain management - CSCM)

MMF - Međunarodni monetarni fond (eng. International Monetary Fund - MMF)

NIC - Novo industrijalizirane zemalje (eng. Newly industrialized countries - NIC)

BDP - Bruto domaćeg proizvoda (BDP)

WEF - Svjetski ekonomski forum (eng. World Economic Forum – WEF)

BCG - Boston Consulting Group (BCG)

MSP - malih i srednjih poduzetnika (MSP)

KPI - Ključni pokazatelj učinka (eng. Key performance indicator - KPI)

ERP - Planiranje resursa poduzeća (eng. Enterprise Resource Planning - ERP)

SG - Pametne mreže (eng. Smart Grids - SG)

CSA - Analiza troškova posluživanja (eng. Cost-to-Serve analysis - CSA)

AMR - Autonomni mobilni roboti (eng. Autonomous mobile robots - AMR)

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom *Implementacija tehnologije industrije 4.0 u upravljanju transportnim lancima*, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, svibanj 2024.

Student:

Matej Tokić

