

# Primjena Interneta stvari (IOT) u Logistici

---

**Narančić, Karlo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:211:200031>

*Rights / Prava:* [Attribution 3.0 Unported](#)/[Imenovanje 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-20**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE  
VARAŽDIN

Karlo Narančić

PRIMJENA INTERNETA STVARI (IOT) U  
LOGISTICI

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE  
VARAŽDIN

Karlo Narančić

Matični broj: 0067626129

Studij: Informacijske tehnologije i digitalizacija poslovanja

PRIMJENA INTERNETA STVARI (IOT) U LOGISTICI

ZAVRŠNI RAD

Mentor/Mentorica:

Prof. dr. sc. Vladimir Kovšca

Varaždin, rujan 2024.

*Karlo Narančić*

**Izjava o izvornosti**

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

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

---

## Sažetak

Internet stvari (engl. Internet of Things) jest revolucionarna tehnologija koja omogućava povezivanje fizičkih objekata poput strojeva s internetom. Primjena Interneta stvari u logističkim sustavima i podsustavima važna je radi pozitivnog utjecaja na optimizaciju logističkih procesa, odnosno efikasnije praćenje, primjerice stanja skladišta, lokacije ili ruta prijevoza transportnih vozila ili pak efikasnijeg upravljanja zalihama.

U radu će se definirati logistiku kao višeznačni pojam, objasniti njenu svrhu i obilježja te objasniti kako je digitalna transformacija osuvremenjuje, čiji je neizostavni dio i sam pojam IoT-a (Internet stvari). Također, cilj rada je i pobliže istražiti pojam Interneta stvari, njegovu definiciju i tehnologije koje obuhvaća te spomenuti i pravni okvir IoT-a radi GDPR-a koji je na snazi u Europskoj Uniji, a koji utječe kako na upravljanje i manipulaciju podacima fizičkih osoba kao i poduzeća u zemljama partnerima. Nakon definiranja logistike i Interneta stvari, obrazložiti će se značaj IoT-a u logistici, odnosno na koji se način primjenjuje u različitim segmentima logistike.

Svrha rada je istražiti i analizirati kako IoT tehnologije doprinose poboljšanju logističkih procesa, specifičnije razumjeti ulogu IoT-a, analizirati koristi koje logistika ima od njihove primjene te razmotriti buduće trendove razvoja IoT-a u logistici.

**Ključne riječi:** Internet stvari (IoT), logistika, optimizacija logističkih procesa, digitalna transformacija, upravljanje zalihama, GDPR u IoT-u

## Sadržaj

Sadržaj .....	iii
1. Uvod .....	1
2. Pojam i važnost logistike .....	2
2.1. Definicija logistike .....	2
2.2. Povijesni razvoj i evolucija logistike .....	2
2.3. Ključne funkcije i svrha logistike .....	3
3. Digitalna transformacija u logistici .....	5
3.1. Definicija digitalne transformacije .....	5
3.2. Utjecaj tehnologije na modernu logistiku .....	6
3.3. Tehnološke inovacije u logistici .....	6
4. Internet stvari (IoT) .....	9
4.1. Definicija interneta stvari .....	9
4.2. Povijesni razvoj i evolucija IoT-a .....	9
4.3. Ključne tehnologije i komponente IoT-a .....	11
5. IoT u logistici .....	13
5.1. Primjene IoT-a u logističkim procesima .....	13
5.1.1. Lanac opskrbe .....	13
5.1.2. Optimizacija logističkih distribucijskih ruta .....	14
5.2. Prednosti primjene IoT-a u logistici .....	16
6. Pravna regulativa i IoT .....	17
6.1. GDPR i njegov utjecaj na IoT .....	17
6.2. Upravljanje i manipulacija podacima .....	18
7. Primjeri primjene i budući trendovi razvoja IoT-a u logistici .....	19
7.1. Amazon .....	19
7.2. DHL .....	21
8. Zaključak .....	23
Popis literature .....	24
Popis slika .....	26

# 1. Uvod

Internet stvari (IoT) nameće se kao ključna tehnologija u procesu digitalne transformacije industrija u posljednjem desetljeću uključujući logistiku. IoT tehnologije omogućavaju povezivanje fizičkih objekata s digitalnim svijetom putem senzora, softvera i mrežne povezanosti, čime se omogućava prikupljanje i razmjena podataka u stvarnom vremenu. Što se tiče logistike, ovakav način povezivanja stvara nove mogućnosti za optimizaciju procesa, smanjenje troškova, poboljšanje učinkovitosti i unapređenje korisničkog iskustva. Tradicionalno gledano, logistiku čine složeni procesi kao što su upravljanje zalihama, upravljanje skladištem, transport i isporuka krajnjem korisniku, a ljudska intervencija je bila neizbježna, čime se povećava izloženost pogreškama. Rast globalizacije i sve zahtjevniji potrošači bili su okidač za inovacije u logističkoj industriji kako bi se zadovoljili zahtjevi tržišta.

IoT može se promatrati kroz prethodno spomenute procese koji čine logistiku. Upravljanje zalihama može primjerice biti poboljšano korištenjem pametnih senzora koji kontinuirano prate razinu zaliha u skladištima i automatski šalju podatke u centralne sustave za upravljanje zalihama, a ujedno čine i osnovu cjelokupnog Interneta stvari. Ovi podaci omogućuju tvrtkama da preciznije planiraju nabavu i izbjegnu situacije nedostatka ili viška zaliha, što rezultira smanjenjem operativnih troškova i boljom uslugom kupcima. Slična, ali prilagođena rješenja vidljiva su i na ostalim logističkim procesima poput upravljanja skladištem, transporta i isporuke.

Daljnji razvoj spomenutih tehnologija je neizbježan, a one će svoju primjenu zasigurno pronaći i u logistici. Kroz ovaj rad pobliže će biti pojašnjeni pojmovi digitalne transformacije i Interneta stvari, zajedno s definiranjem osnovnih IoT tehnologija u pripadajućim logističkim procesima koje čine podlogu za daljnje tehnološke napretke u industriji. Također, kako bi se osigurala transparentnost, legitimnost i zaštita osobnih podataka, spomenut će se i utjecaj Opće uredbe o zaštiti podataka, poznatije kao GDPR.

## 2. Pojam i važnost logistike

### 2.1. Definicija logistike

Podrijetlo riječi logistika je sačinjeno od osnova grčkih riječi „lego“, što znači zamisliv, „logik“ odnosno proračunat te francuske riječi „loger“, koja u prijevodu znači smjestiti. Pojam logistike pojavljivao se još u četiristotim godinama prije Krista. Specifičnije od Platonovog izraza za klasičnu matematiku. Pojam logistike poprima inicijalni okvir svog današnjeg značenja u desetom stoljeću, u doba bizantskog cara Leontosa, koji ju smatra jednim od odlučujuća čimbenika u vođenju ratova zajedno sa strategijom i taktikom. Logistika u ovom kontekstu obuhvaća transport i opskrbu vojnih trupa te transport, skladištenje i održavanje vojnih dobara. Samo značenje logistike u gospodarskom i ekonomskom kontekstu preuzeto je iz prethodno spomenutog vojnog konteksta, pri čemu se u gospodarskom kontekstu ona prvotno odnosi na materijalne tokove dobara. Također, ključna razlika je i u ciljevima, koji su u vojnom kontekstu političkog karaktera, dok su u poslovnoj logistici oni tehnološki, ekonomski i socijalni. (Segetlija, 2013)

Logistika podrazumijeva koordinaciju niza zasebnih aktivnosti. Vijeće za upravljanje logistikom (Council of Logistics Management) iz SAD-a 1991. godine definiralo je logistiku kao proces planiranja, implementacije i kontrole učinkovitog i djelotvornog toka i skladištenja roba, usluga i srodnih informacija od mjesta podrijetla do mjesta potrošnje s ciljem zadovoljavanja zahtjeva kupaca. Ova definicija primarno se odnosi na poslovne subjekte. Logistiku se također može smatrati prijevozom uzimajući u obzir sve povezane aktivnosti koje su uključene u donošenje odluka o kretanju materijala. (Wood, 2024)

### 2.2. Povijesni razvoj i evolucija logistike

Iako je logistika kao pojam svoj potpuni značaj dobila u drugoj polovici dvadesetog stoljeća, kao koncept je poznata ljudskom rodu još od antičkog doba. Ona se kroz povijest značajno razvijala, prilagođavala društvenim potrebama i tehnološkim napredcima.

Počeci logistike sežu u civilizacije poput Mezopotamije, Egipta, Kine i Rima. Ove drevne civilizacije razvile su sustave transporta i skladištenja kako bi opskrebile vojske, gradove i trgovinu. Koristili su kola, brodove i tovarne životinje te uspostavili strateške rute i skladišta. Kasnije, u srednjem vijeku cehovi i trgovački putevi igrali su ključnu ulogu u razmjeni dobara, a na tržištima su se oblikovale metode skladištenja i distribucije. Zatim, 18. stoljeće označilo



je prekretnicu u logistici. Izum strojeva, željeznica i parobroda transformirao je transportne sustave, omogućujući brži i učinkovitiji protok robe.

Logistika u dvadesetom stoljeću postaje formalnije područje proučavanja i istraživanja. Masovna proizvodnja, globalizacija i usvajanje tehnologija poput telefona, radija, a kasnije i interneta, transformirali su upravljanje logistikom. Uvedene su metode kao što su just-in-time i upravljanje lancem opskrbe. S daljnjim napretkom digitalne tehnologije i dolaskom informacijske ere, logistika je doživjela radikalne promjene. Razvijen je softver za upravljanje skladištima i transportom, bar kodovi, RFID tehnologija te sustavi za praćenje u realnom vremenu.

Moderna logistika, poznata kao Logistika 4.0, temelji se na digitalizaciji poslovnog procesa, umjetnoj inteligenciji (AI), Internetu stvari (IoT) i robotskoj automatizaciji procesa (RPA). Optimizacija ruta, korištenje autonomnih vozila i implementacija automatiziranih skladišta primjeri su ovog novog tehnološkog doba. Kako se Logistika 4.0 nastavlja razvijati, prelazimo u eru Logistike 5.0. Ovaj koncept, koji je uvela Europska komisija, nadograđuje tehnološka postignuća Logistike 4.0 dodajući fokus na ljudsku dobrobit, održivost i otpornost. U doba Logistike 5.0, cilj je ne samo optimizirati i automatizirati logističke procese, već i osigurati da su oni održivi i otporni na poremećaje poput pandemije koronavirusa. Logistika 5.0 integrira napredne tehnologije s humanim pristupom, promičući otpornost, sigurnost i ekološku odgovornost u logističkom sektoru. (Mecalux, 2023)

### 2.3. Ključne funkcije i svrha logistike

Logistika ima ključnu ulogu u poslovnim operacijama, osiguravajući efikasno kretanje proizvoda i materijala te upravljanje zalihama. Njezine glavne funkcije uključuju transport, skladištenje, upravljanje zalihama i upravljanje rizicima:

- **Transport:** logistika uključuje premještanje proizvoda i materijala s jednog mjesta na drugo. Pouzdan transport je ključan za pravovremenu dostavu i učinkovito upravljanje lancem opskrbe.
- **Skladištenje:** pravilno skladištenje i upravljanje inventarom su od presudne važnosti. Skladišta osiguravaju sigurno čuvanje robe koja je dostupna kada je potrebna.
- **Upravljanje zalihama:** logistika uključuje praćenje razine zaliha, optimizaciju zaliha i minimiziranje viškova ili nedostataka. Učinkovito upravljanje inventarom utječe na zadovoljstvo kupaca i ukupnu profitabilnost.
- **Upravljanje rizicima:** logistički stručnjaci procjenjuju i ublažavaju rizike povezane s kašnjenjima u transportu, prekidima i drugim logističkim izazovima. (Thompson, 2023)

Svrha logistike je da poduzeća postignu konkurentsku prednost kroz optimizaciju svojih operativnih procesa. To uključuje prilagodbu proizvodnih procesa kako bi se omogućila brza reakcija na promjene u potražnji i trendovima tržišta. Fleksibilnost u proizvodnji omogućava poduzećima da prilagode proizvodne linije prema potrebama kupaca, što rezultira bržom proizvodnjom i isporukom proizvoda. Efikasna distribucija proizvoda ključna je za zadovoljenje potreba kupaca i održavanje visoke razine usluge. Logistika osigurava da proizvodi stignu do kupaca na vrijeme i u pravilnom stanju, što direktno utječe na zadovoljstvo kupaca i lojalnost prema brandu. Brza reakcija na narudžbe kupaca omogućava poduzećima da minimiziraju vrijeme čekanja i optimiziraju procese u lancu opskrbe. (Segetlija, 2013)

### 3. Digitalna transformacija u logistici

S pojavom novih digitalnih tehnologija, poduzeća će se prije ili kasnije susresti s procesom digitalne transformacije ako se žele adaptirati na svjež i aktualan način poslovanja. Taj proces uključuje korištenje digitalnih tehnologija za stvaranje ili mijenjanje poslovnih procesa te donosi izazove zaposlenicima na svim razinama organizacije. U kontekstu logistike, digitalna transformacija postaje ključna za postizanje učinkovitijeg upravljanja lancem opskrbe, poboljšanje operativne efikasnosti i pružanje bolje usluge kupcima.

#### 3.1. Definicija digitalne transformacije

Digitalnom transformacijom smatramo promjene koje digitalne tehnologije mogu donijeti u poslovni model tvrtke, proizvode ili organizacijske strukture (Nadkarni & Prügl, 2021). Važno je spomenuti kako digitalna transformacija uključuje i tehnologiju i ljude. Pojavom pandemije COVID-19 virusa, poduzeća su na samome početku pokazala svoje slabosti, odnosno preveliku zavisnost poslovnog procesa o samim radnicima na radnome mjestu. Kako bi se taj problem što prije otklonio, mnoge su tvrtke ubrzale svoje napore u digitalnoj transformaciji, usvajajući digitalne tehnologije za optimizaciju operacija i interakcija s klijentima. Ovaj oblik transformacije uključuje integraciju komponenti digitalne radne snage kao što je chatbot temeljen na umjetnoj inteligenciji ili algoritmi strojnog učenja za analizu podataka. Također, pandemija je istaknula i potrebu radnika za stjecanje novih digitalnih vještina. Poduzeća su počela sve više ulagati u usavršavanje zaposlenika kako bi razvili kompetencije za rad u digitalnom okruženju, ali isto tako i ojačali digitalnu radnu snagu. Pojavom digitalne radne snage dolazi do transformacija uloga zaposlenika i njihovih odgovornosti na radnome mjestu pa su tako neki od poslova koje su oni prethodno obavljali postali automatizirani, čime se oslobađa zaposlenike i pruža im se prilika da se usmjere na složenije zadatke. Ova promjena zahtijeva od zaposlenika da se prilagode, nauče nove vještine i preuzmu uloge koje nadopunjuju sposobnosti digitalne radne snage (Padmanabhan, 2023). Vještine i kompetencije zaposlenika potrebne pri digitalnoj transformaciji obuhvaćaju širok spektar područja primjene. Najistaknutijim područjima primjene su se pokazale logistika, analiza podataka, umjetna inteligencija i robotska automatizacija procesa, skraćeno RPA..

## 3.2. Utjecaj tehnologije na modernu logistiku

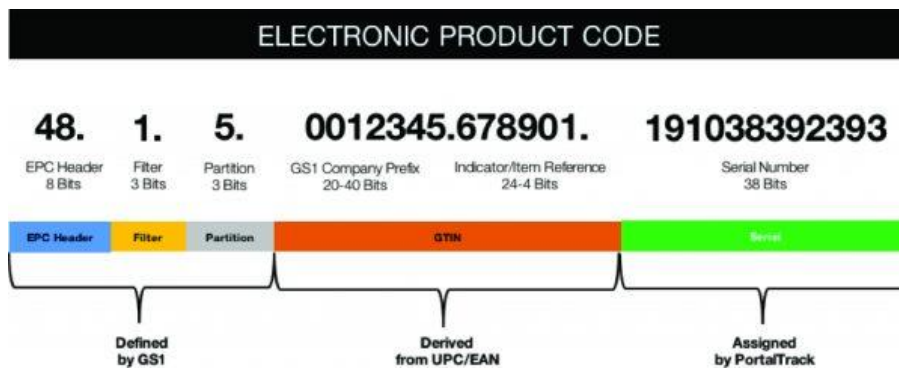
Tehnologija u logistici napreduje velikom brzinom, što sve manje iznenađuje ljude. Neka od ključnih tehnoloških područja koja utječu na globalizaciju logističkog sektora uključuju informacijske sustave, biotehnologiju, nanotehnologiju te tehnologije prijevoza i skladištenja. Ove tehnologije ne samo da se razvijaju, već i unose inovacije i transformiraju logističke operacije na složen način: centralizacija informacija, ubrzavanje isporuke i smanjenje veličine serija postaju moguće zahvaljujući tehnološkom napretku. To također doprinosi boljem protoku informacija, smanjenju nesigurnosti i stvaranju profitabilnijih poslovnih modela. Koordinacija između različitih logističkih jedinica, olakšana institucionalnim ugovorima i razmjenom informacija, postaje učinkovitija uz nove poslovne prakse i informacijske tehnologije.

Industrija 4.0 donosi značajne promjene u logistici i lancima opskrbe, zamjenjujući radnu snagu autonomnim vozilima i robotima, čime se povećava efikasnost i smanjuju troškovi. Logistika se sada suočava s globalnom konkurencijom, što zahtijeva pažljivo ulaganje u tehnologiju kako bi se osigurala učinkovitost tih ulaganja. Inovacije u logistici podrazumijevaju sposobnost uvođenja novih ideja koje poboljšavaju postojeće proizvode ili usluge na način da rješavaju postojeće izazove i zadovoljavaju neispunjene potrebe. Ova sposobnost omogućuje poduzećima postizanje konkurentne prednosti, što se postiže ulaganjima u istraživanje i razvoj. Inovacije u logistici fokusiraju se na stvaranje vrijednosti za kupce, implementaciju naprednih tehnologija, postizanje ekonomskih prednosti, te unapređenje društvenih i psiholoških aspekata poslovanja. (Akkaya & Kaya, 2019)

## 3.3. Tehnološke inovacije u logistici

Trenutno, većina prednosti AIDC tehnologija odnosi se uglavnom na poboljšanja u iskorištavanju resursa u raznim, često izoliranim postrojenjima. Kada se implementacija tehnologije proširi na cijeli lanac opskrbe i sve više kompanija počne koristiti EPC za identifikaciju proizvoda, postat će moguće identificirati robu na razini pojedinačnih stavki, što će rezultirati značajnim poboljšanjima u operativnoj efikasnosti, sigurnosti i zaštiti. Nakon što tehnologija dosegne određenu "kritičnu masu", kompanije će također početi uočavati koristi u kontroli kvalitete, financijskom upravljanju i povećanju profitabilnosti. Pogled na glavne mogućnosti i potencijalne koristi koje se mogu ostvariti primjenom tehnologija automatske identifikacije, osobito RFID tehnologije, koja koristi EPC standarde, uključuje planiranje, automatsko prikupljanje podataka, automatsko sortiranje, smanjenje troškova utovara i istovara te upravljanje zalihama.

Primjena EPC-a omogućava osoblju zaduženom za upravljanje transportom preciznu identifikaciju kontejnera na vozilima te jednostavnu obavijest primateljima o dolasku pošiljki. Ove obavijesti poboljšavaju organizaciju rada, smanjuju potrebu za radnicima i opremom te smanjuju troškove povezane s nepotrebnim operacijama pri manjem volumenu zaliha.



Slika 1 Elektronski kod proizvoda (EPC) (Izvor: MSM Solutions, bez dat.)

Automatsko prikupljanje podataka se u većini slučajeva provodi ručno, što može dovesti do pogrešaka. Upotreba EPC kodova, generiranih direktno od proizvođača, može značajno povećati pouzdanost podataka i smanjiti troškove rada povezane s ponovnim unosom podataka. U industrijama koje dnevno obrađuju veliki broj pošiljki, čak i male uštede u vremenu na svakom koraku mogu imati veliki utjecaj. Također, različite državne agencije zahtijevaju detaljne informacije o pojedinačnim stavkama zbog carina i tarifa, te ograničenja uvoza i izvoza. Inspektori, otpremnici i carinski službenici mogu smanjiti troškove i poboljšati usluge koristeći EPC kodove za provjeru sadržaja pošiljki bez fizičkog otvaranja.

Automatsko sortiranje pošiljki, iako koristi bar kodove, ima svoja ograničenja. Jednodimenzionalni i dvodimenzionalni bar kodovi zahtijevaju vidljivost između čitača i koda, što često uključuje ručnu intervenciju. Međutim, korištenjem pasivnih RFID oznaka ugrađenih u pošiljke, ovaj se proces može automatizirati, smanjujući potrebu za radnom snagom i povezane troškove.

Auto-ID tehnologija može znatno poboljšati proces utovara i istovara pošiljki. Na primjer, čitači postavljeni na ulaznim vratima skladišta mogu automatski zabilježiti informacije s EPC kodova prilikom ulaska vozila, omogućavajući brži promet vozila i skraćujući vrijeme čekanja. Ovo povećava kapacitet transportnih kompanija bez potrebe za dodatnim vozilima ili osobljem.

Naposlijetku, pravilno upravljanje zalihama predstavlja velik izazov za logističke tvrtke. Menadžeri moraju osigurati dostupnost pravih kontejnera i vozila na pravom mjestu i u pravo vrijeme. U velikim skladištima to često zahtijeva dodatno osoblje. Automatizacija ovih procesa s pomoću EPC-a može značajno smanjiti potrebu za ljudskim radom, poboljšati točnost podataka i osigurati pravovremeno ažuriranje informacija o stanju i lokaciji zaliha. (Vaculik & Tengler, 2012)

## 4. Internet stvari (IoT)

Pojava interneta stvari revolucionarno je utjecala na sektor logistike, omogućujući međusobnu povezanost ključnih faktora kao što su transportna sredstva, skladišta i oprema u jednu veoma inteligentnu cjelinu, pritom poboljšavajući efikasnost cijelog lanca opskrbe.

### 4.1. Definicija interneta stvari

Izraz "Internet stvari" (IoT) odnosi se na široku mrežu međusobno povezanih uređaja i tehnologija koje omogućuju komunikaciju između tih uređaja, kao i s oblakom. Zahvaljujući razvoju jeftinih računalnih čipova i brzim telekomunikacijskim mrežama, danas su milijarde uređaja povezane na internet, uključujući svakodnevne predmete poput četkica za zube, usisavača, automobila i strojeva. Ovi uređaji koriste senzore za prikupljanje podataka i mogu inteligentno reagirati na korisničke zahtjeve.

Način na koji IoT funkcionira je kroz prikupljanje i razmjenu podataka u stvarnom vremenu. Kako bi proces bio izvediv u praksi, on se sastoji od tri ključne komponente, a to su pametni uređaji, IoT aplikacija te grafičko korisničko sučelje. Pametni uređaji poput televizora i kamera za praćenje opremljeni su računalnim mogućnostima, s pomoću kojih prikupljaju podatke iz svog okruženja putem korisničkih unosa ili uzoraka korištenja i šalju te podatke putem interneta na IoT aplikaciju. Paralelan proces koji izvršavaju je primanje povratnih informacija. IoT aplikacija kao druga komponenta predstavlja skup usluga i softvera čija je svrha integracija prikupljenih podataka. Korištenjem tehnologija poput strojnog učenja ili umjetne inteligencije, ovi se podaci analiziraju kako bi se donijele informirane odluke koje se šalju nazad na uređaj. IoT uređaj ili njihov veći skup mogu se upravljati putem grafičkog korisničkog sučelja, koje je treća ključna komponenta IoT-a. (AWS, bez dat.)

### 4.2. Povijesni razvoj i evolucija IoT-a

Pretpostavlja se da je razvoj IoT-a započeo 1965. godine kada je razvijen Apollo Guidance Computer (AGC) za NASA-in program slijetanja na Mjesec. Ovo digitalno računalo, instalirano u Apollo Lunar Module i Command Module, omogućavalo je upravljanje i navigaciju svemirskog broda. Nakon toga slijedi važan niz događaja ključnih za budućnost IoT-a, a to su osnivanje tvrtke N M Electronics (sadašnji Intel) 1968. godine, prvi poziv putem mobitela 1973., prvo osobno računalo 1975. te ubrzani razvoj interneta osamdesetih godina prošlog stoljeća. (Cogniteq, 2024)

Pojam "Internet stvari" prvi put je upotrijebio računalni znanstvenik Kevin Ashton 1999. godine kada je razvijao ideju o korištenju posebnih čipova za praćenje proizvoda u lancu opskrbe. Kako bi privukao pažnju poslovnih subjekata, izabrao je izraz "internet" zbog njegove popularnosti u to vrijeme. Ideja o IoT-u brzo se širila, a mnoge poznate tvrtke su se pridružile. Na primjer, LG je predstavio svoj prvi pametan hladnjak 2000. godine, dok je Apple predstavio prvi iPhone sedam godina kasnije. Do 2008. godine, broj povezanih uređaja već je premašivao svjetsku populaciju.

Početak 21. stoljeća, uvođenje radiofrekventne identifikacije (RFID) i bežičnih senzorskih mreža (WSN) bilo je ključno za razvoj IoT-a. RFID oznake omogućuju praćenje objekata u stvarnom vremenu putem radio valova, dok WSN-ovi čine osnovu mnogih IoT rješenja prikupljanjem i slanjem podataka o okolišu na specijalizirane platforme za obradu.

Između 2010. i 2015. godine, pametni kućni sustavi i potrošački IoT proizvodi, poput pametnih satova i uređaja s glasovnim upravljanjem, brzo su postali uobičajeni. Ovi sustavi omogućuju automatsko upravljanje rutinskim aktivnostima, poboljšanje sigurnosti i optimalnu potrošnju resursa poput energije. Pametni sustavi grijanja, rasvjete i zaključavanja čine svakodnevni život udobnijim i sigurnijim.

Od 2015. godine nadalje, industrijska IoT (takozvani IIoT) rješenja pomažu u optimizaciji operativnih troškova, povećanju sigurnosti i osiguravanju veće kvalitete proizvoda. Prediktivno održavanje, temeljeno na AI tehnologijama, može predvidjeti kvarove i smanjiti neplanirane zastoje. Također se koristi za praćenje imovine, upravljanje opskrbnim lancem i stvaranje digitalnih dvojnika koji simuliraju stvarne objekte. Pametni gradovi integiraju razne module za praćenje prometa, vodoopskrbu i parkiranje, čime poboljšavaju sigurnost i kvalitetu života, iako globalna primjena ovih tehnologija zahtijeva velika ulaganja.

Tehnologija koja je posljednjih godina uvelike potpomogla proces razvoja Interneta stvari usmjerena je na brzinu prijenosa podataka i njihovo procesiranje. Ove dvije komponente ključne su za učinkovitost IoT sustava. Standard 5G značajno poboljšava kvalitetu procesa vezanih uz podatke, čime se unapređuje učinkovitost IoT rješenja. (Cogniteq, 2024)



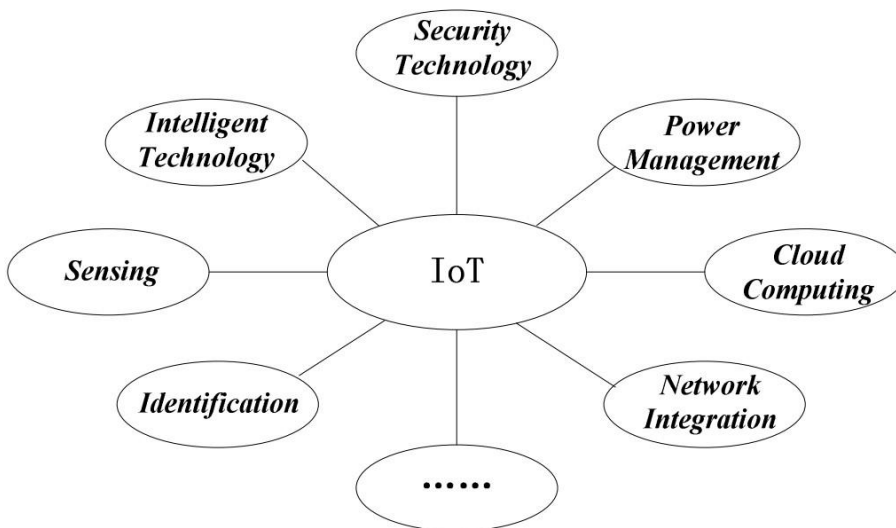
### 4.3. Ključne tehnologije i komponente IoT-a

Kada govorimo o ključnim tehnologijama i komponentama Interneta stvari, neizostavne su RFID i IPv6, senzorne tehnologije, komunikacijske i mrežne tehnologije koje su zadužene za prijenos i procesuiranje prikupljenih informacija te inteligentne tehnologije obrade informacija. S obzirom na to da je IoT golema mreža koju čini ogromna količina informacija, inteligentne opreme koja čini mrežu putem međusobnog povezivanja, prvi korak u primjeni IoT-a je prepoznavanje i identifikacija navedenih komponenti. Tehnologija identifikacije je povezana sa stvarima, a to je globalno jedinstvena vrijednost koja se koristi za jednoznačno prepoznavanje objekta. Suština identiteta je kodirana i digitalizirana u svim stvarima. Postoji mnogo pravila kodiranja, kao što je već spomenuto EPC kodiranje koje koristi RFID tehnologiju, IPv4 i IPv6, koji se temelje na TCP/IP-u. Mapiranje i kompatibilnost između različitih pravila kodiranja, mapiranje između kodiranja i usluge, svi ti problemi trebaju biti riješeni u budućnosti.

Sljedeća ključna tehnologija su senzori. Generiranje i obrada podataka ključni su dijelovi IoT-a, a prikupljanje podataka temeljna je komponenta bez koje IoT gubi svrhu. Uređaji poput senzora, RFID-a i GPS-a omogućuju prikupljanje i prijenos podataka u stvarnom vremenu. Senzori mogu otkriti razne vanjske signale, poput topline, svjetlosti i zvuka, te osigurati podatke potrebne za rad IoT-a, čime omogućuju stvarima da "osjete" vanjski svijet. Senzori se mogu smatrati "kožom" IoT-a, dok tehnologije poput RFID-a i IPv6 omogućuju prepoznavanje i praćenje stvari. Prikupljanje podataka u IoT-u provodi se s pomoću različitih senzorskih uređaja koji prikupljaju informacije iz okoline i prenose ih putem WSN mrežnih protokola do korisnika. Istraživanje i razvoj WSN mrežnih protokola ključno je za optimizaciju prijenosa podataka, smanjenje opterećenja mreže i poboljšanje učinkovitosti. WSN tehnologije imaju velik broj mogućnosti poput sinkronizacije, lokalizacije i integracije podataka, a prilagođavaju se različitim scenarijima primjene kao što su praćenje udaljenosti i materijala.

Još jedna ključna tehnologija su komunikacijske i mrežne tehnologije o kojima uvelike ovisi prijenos podataka u IoT-u. Ta tehnologija se dijeli na komunikaciju na kratke i široke udaljenosti, ovisno o vrsti prijenosa. Integracija mreža koristi različite komunikacijske resurse, prilagođavajući se različitim aplikacijama i uvjetima, čime pruža fleksibilne i učinkovite mrežne usluge. Budući razvoj IoT mreža neće biti ograničen tradicionalnim mrežama, već će omogućiti besprijekornu integraciju različitih tipova mreža, poput interneta, mobilnih mreža i televizijskog emitiranja. Cilj je stvoriti objedinjenu platformu koja će ukloniti granice između mreža, omogućujući univerzalni pristup u bilo kojem trenutku i na bilo kojem mjestu. Posljednja ključna tehnologija je inteligentna tehnologija obrade informacija koja omogućuje nadzor različitih događaja s pomoću mnogih senzora. Ovi senzori prikupljaju podatke koje je potrebno integrirati kako bi se utvrdilo je li došlo do incidenta. Ključna tehnologija u ovom procesu je

pretvaranje fizičkih podataka senzora u logičke podatke koji su razumljivi i ljudima i strojevima. Ova tehnologija koristi napredne metode poput inteligentnog računanja, rudarenja podataka, optimiziranih algoritama i strojnog učenja za analizu i obradu podataka. Primjerice, inteligentnom obradom podataka mogu nam se pružiti informacije o proizvodu kao što su porijeklo i sastojci, a sve u svrhu toga da bolje razumijemo proizvod. IoT donosi revoluciju u kojoj "stvari" dobivaju sposobnost "razmišljanja", omogućujući im komunikaciju s ljudima i stvaranje inteligentne mreže. Ključ za ovu transformaciju je primjena pametnih tehnologija. Osim toga, računalstvo u oblaku igra važnu ulogu u učinkovitoj obradi velikih količina podataka, pružajući prednosti poput virtualizacije, prilagodljivosti, visoke pouzdanosti i sigurnosti. Ovo omogućuje bolje upravljanje resursima i poboljšanje kvalitete usluge. (An, Gui, He, 2012)



Slika 2 Ključne komponente IoT-a (Izvor: Study on the Architecture and Key Technologies for Internet of Things, 2012)

## 5. IoT u logistici

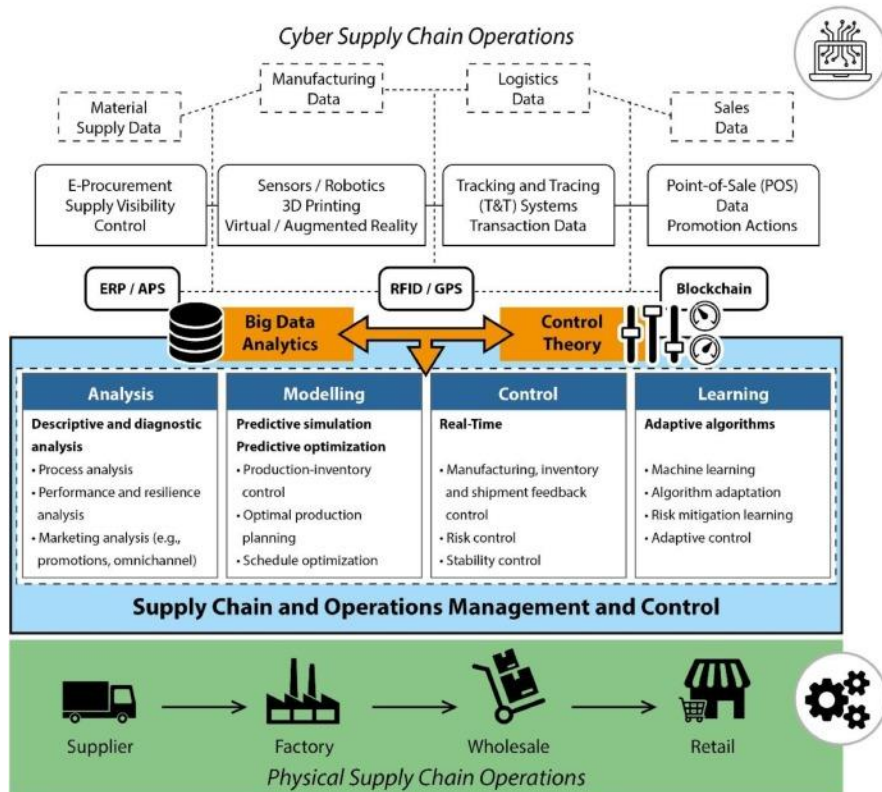
Logistika je ključni faktor koji doprinosi konkurentnosti zemalja i poduzeća te igra vitalnu ulogu u ekonomskom rastu. Unatoč tome, trenutna logistička industrija suočava se s visokim troškovima i niskom učinkovitošću. Razvoj pametne logistike pruža prilike za rješavanje ovih problema. Internet stvari (IoT), kao jedna od važnih tehnologija moderne informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT), može generirati ogromne količine podataka i istražiti složene odnose između transakcija predstavljenih tim podacima uz pomoć raznih matematičkih analiza. Ove značajke pomažu u promicanju razvoja pametne logistike.

### 5.1. Primjene IoT-a u logističkim procesima

#### 5.1.1. Lanac opskrbe

Internet stvari (IoT) ima potencijal da revolucionira upravljanje lancem opskrbe i optimizaciju u pametnim tvornicama kako bi se poboljšala produktivnost u proizvodnji dijelova. IoT se može koristiti u pametnim tvornicama primjenom RFID (Radio Frequency Identification) oznaka za prikupljanje točnih podataka o dijelovima i proizvodima. Ove oznake mogu se pričvrstiti na proizvode ili materijale, omogućujući praćenje njihovog kretanja u stvarnom vremenu. Tako se omogućava upraviteljima lanca opskrbe da nadziru lokaciju i status svog inventara, omogućujući im optimizaciju razina zaliha i pravovremenu isporuku proizvoda. Primjer takvog korištenja IoT-a je prediktivno održavanje. IoT se također može koristiti za optimizaciju transporta dobara unutar lanca opskrbe. Praćenjem pošiljki u stvarnom vremenu, proizvođači dobivaju točne informacije o lokaciji i statusu svojih proizvoda. Na primjer, upotrebom GPS praćenja i analitike podataka u stvarnom vremenu, menadžeri logistike mogu optimizirati rute isporuke, smanjiti troškove transporta i poboljšati vrijeme isporuke. Implementacija takvih procesa može pomoći proizvođačima da optimiziraju svoj lanac opskrbe i smanje kašnjenja, čime se poboljšava produktivnost i zadovoljstvo kupaca u procesu proizvodnje dijelova. IoT uređaji mogu se koristiti za praćenje kretanja materijala i proizvoda kroz cijeli lanac opskrbe. Ovo omogućuje menadžerima da smanje troškove zaliha i poboljšaju vrijeme isporuke. Pametni uređaji pružaju podatke u stvarnom vremenu o lokaciji i statusu sirovina i proizvedenih dijelova, što omogućuje proizvođačima da optimiziraju operacije lanca opskrbe i poboljšaju ukupnu učinkovitost proizvodnje. Općenito, IoT nudi mnoge prednosti za optimizaciju lanca opskrbe u pametnim tvornicama, uključujući povećanu učinkovitost, smanjene troškove, poboljšanu produktivnost i bolju vidljivost u lancu opskrbe. Kako tehnologija nastavlja razvijati pametne tvornice, očekuje se da će se pojaviti još inovativnijih

načina kako se IoT može koristiti za poboljšanje upravljanja lancem opskrbe. Digitalna kontrola lanca opskrbe i operacija u industriji 4.0 prikazana je na slici 2. (Soori, Arezoo, Dastres, 2023)

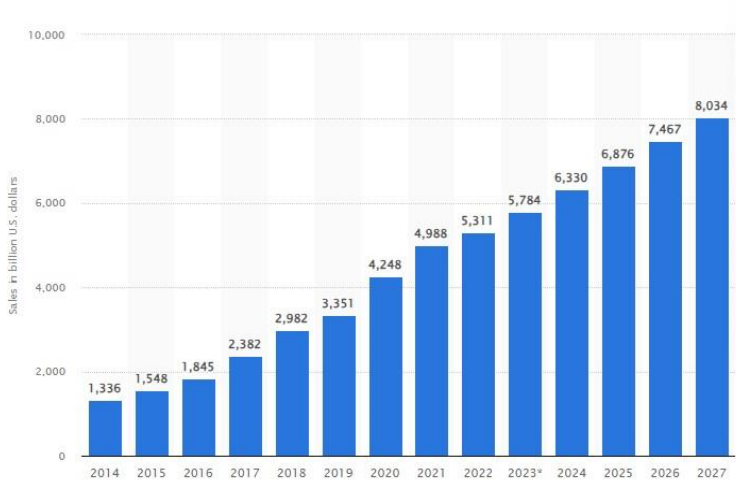


Slika 3 Digitalni lanac opskrbe i kontrola operacija u industriji 4.0 (Izvor: ScienceDirect, bez dat.)

### 5.1.2. Optimizacija logističkih distribucijskih ruta

U modernoj logistici, ključan faktor za poboljšanje efikasnosti i smanjenje troškova je svakako optimizacija distribucijskih ruta. Pojavom COVID-19 pandemije krajem 2019. godine, započeo je nagli razvoj elektroničke trgovine, takozvani e-commerce, a zajedno s time se povećala i potražnja za bržim distribucijskim procesima, što je logističkim poduzećima predstavljalo velik izazov. Da bi se što prije prilagodili dinamičnom tržištu koje zahtjeva digitalne promjene u ovom kriznom razdoblju, u fokus istraživanja je došla optimizacija logističkih distribucijskih ruta. Umjetna inteligencija i pripadajuće tehnologije poput strojnog učenja mogu predvidjeti logističke potrebe, optimizirati proces upravljanja zalihama te poboljšati učinkovitost distribucijskih ruta tako da analizira prikupljene podatke te podatke u

stvarnom vremenu, što je zahvaljujući IoT-u i integracijom digitalnih tehnologija i prije pandemije bio standard.



Slika 4 Maloprodajna e-trgovina diljem svijeta od 2014. do 2027 (Izvor: Statista, 2024)

Kao što je prethodno spomenuto, primjena IoT-a u optimizaciji logističkih distribucijskih ruta primjenjiva je u pružanju podataka u stvarnome vremenu, ali i poboljšanju mogućnosti praćenja tereta. Postavljanjem senzora na transportna vozila, poduzeće dobiva mogućnost prikupljanja relevantnih podataka poput praćenja lokacije, statusa robe i uvjetima u kojima se nalazi. Na ovaj način poduzeća mogu brzo reagirati u situacijama kada dođe do zastoja u prometu, odnosno prilagoditi rutu isporuke na temelju dobivenih informacija u stvarnome vremenu, a sve u svrhu izbjegavanja kašnjenja. Naravno, IoT čini samo 50% rješenja pri optimizaciji logističkih distribucijskih ruta. Drugu „polovicu“ čini umjetna inteligencija, koja je glavni pokretač obrade podataka. Korištenjem algoritama strojnog učenja, umjetna inteligencija može učiti iz prethodno prikupljenih podataka i predvidjeti buduće logističke potrebe kako bi optimizirala distribucijske rute. Shodno tome, umjetna inteligencija sposobna je analizirati učinkovitost distribucije u različitim razdobljima i predvidjeti uvjete u prometu, čime se poduzeću pružaju preporuke za optimizaciju ruta. Također umjetna inteligencija može prepoznati trendove u složenim okruženjima, pomažući logističkim tvrtkama da učinkovitije odgovore na promjene na tržištu i potrebe kupaca. (Liu, 2024)

## 5.2. Prednosti primjene IoT-a u logistici

Iz logističke perspektive, koristi od uvođenja IoT-a u logističke procese su neprocjenjive, a metode i tehnologije korištene *a priori* već su pale u zaborav kod poduzeća koja su prošla kroz proces digitalne transformacije. Najveće prednosti pri uvođenju IoT rješenja bazirana su na transparentnosti poslovnih procesa, poboljšane vidljivosti u materijalnim i informacijskim tokovima i sljedivosti.

Širok pregled prednosti primjene IoT-a u logistici pružili su G.A. Akyuz i B. Bicer, 2022, predstavivši u svom znanstvenom radu opširnu tablicu sačinjenu od deset područja logistike u kojima su pronašli prednosti i pozitivne utjecaje IoT-a. Područja koja su uvođenjem novih tehnologija najviše profitirali svakako su transport, skladištenje i upravljanje skladištem, a pozitivne promjene vidljive su i na području distribucije, proizvodnje, održavanja, nabave, SRM, skraćeno od „upravljanje odnosima s dobavljačima“ te CRM, odnosno „upravljanje odnosima s klijentima“.

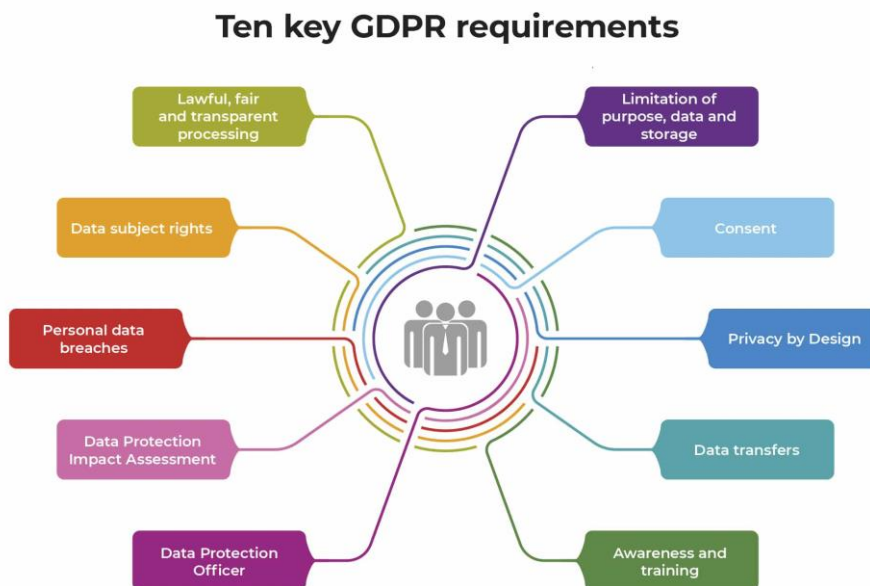
Što se tiče transporta, uvođenjem RFID-jeva i senzora, došlo je do povećanja vidljivosti u cijelom logističkom lancu. Također, mogućnost praćenja transportnih vozila, njihove lokacije, stanja vozila, robe koja se prevozi, uvjeta na cesti i ostalih faktora je poboljšana. Osim navedenog, uvođenjem GPS-ova uz senzore, optimizacija transportnih ruta dovela je do reduciranja transportnih distanca i uštede goriva.

Kod skladištenja, došlo je uštede od preko 1000% u vremenima transakcije zahvaljujući efikasnim, tehnološko orijentiranim aplikacijama koje su produkt uspješne integracije cloud servisa, mobilnih i desktop aplikacija, mrežnih tehnologija te RFID-jeva i QR kodova. Osim ušteta glede vremena transakcija, pozitivni ishodi vidljivi su i kod prevencije nezgoda tako da sve češće u skladištima dolazi do robotske automatizacije procesa, uglavnom zahvaljujući digitalnoj transformaciji koja je uvelike doprinijela automatizaciji strojeva i vozila.

Sljedeće područje logistike koje uživa prednosti primjene IoT-a je upravljanje skladištem. Zahvaljujući cloud i mrežnim tehnologijama zajedno s velikom brzinom obrade podataka, uvelike je olakšan proces upravljanja skladištem, kontrole zaliha i vidljivosti u stvarnome vremenu.

## 6. Pravna regulativa i IoT

2018. godine Europska unija uvela je opću odredbu o zaštiti podataka, poznatiju kao GDPR. Cilj ove odredbe je zaštita osobnih podataka fizičkih osoba, pružanje kontrole građanima nad njihovim osobnim podacima te stvaranje visoke i ujednačene razine zaštite podataka unutar Europske unije. Ona obvezuje sve pojedince i poslovne subjekte koji se bave prikupljanjem ili obradom osobnih podataka (eGrađani, bez dat.)



Slika 5 Deset ključnih zahtjeva GDPR-a (Preuzeto s: Advisera, bez dat.)

### 6.1. GDPR i njegov utjecaj na IoT

Prema izvorima s početka uvođenja GDPR-a, predviđalo se kako će u trenutku njegovog stupanja na snagu biti preko 11,2 milijarde tehnoloških komponenti biti povezano na Internet, odnosno da je moguće pohraniti i distribuirati preko 50 milijardi osobnih podataka. Kako bi se podigla svijest o situaciji i ekonomskom utjecaju na logistiku i ostale industrije, bilo je za očekivati da će se industrija IoT-a zajedno sa svojim područjima primjene pronaći pod velikim utjecajem GDPR-a.

Kao što je prethodno spomenuto, količina podataka koja se plasira na Internet je enormna, od čega je većina tih podataka ujedno i osjetljive prirode. Iako ne postoji specifičan zakon koji ograničava područje IoT-a, Federalna trgovinska komisija, poznatija kao FTC provodi rasprave o zaštiti sigurnosti i privatnosti u IoT okruženjima. Navode da IoT uređaji koji prikupljaju, prenose i dijele osjetljive informacije o navikama i stilu života potrošača postaju opasni u kombinaciji s informacijama prikupljenim putem drugih uređaja. Zbog karakteristika prikupljanja i dijeljenja osobnih podataka u IoT-u, postoji mogućnost većih poteškoća u procesu pristanka. Također kada se uzme u obzir dijeljenje osobnih podataka među uređajima i korištenje osobnih podataka od strane tvrtki, može se vidjeti da je pristanak mnogo teži. (Seo, Kim, Park, Lee, 2018)

U 2024. svjedočimo nikad većem broju neovlaštenih upada u baze podataka najvećih regionalnih i svjetskih poduzeća, čime osjetljivi i vrijedni privatni podaci dolaze do neovlaštenih osoba. Vješti hakeri putem takvih ilegalnih radnji iskorištavaju ranjivosti IT infrastrukture tvrtki, čime ih se dovodi u neugodan položaj glede kršenja odredbi GDPR-a.

Još jedan članak izravno povezan s tvrtkama koje koriste ili proizvode IoT tehnologije odnosi se na pravo na odštetu. Razlog tome je što jedan vektor napada može dovesti do više vrsta curenja osobnih podataka. Poslovno gledano, tvrtke u takvim situacijama imaju pravo podnošenja zahtjeva za odštetom, no IoT tvrtke teško dolaze do takvih prava. Najveću prepreku predstavlja činjenica da tvrtke neće moći pratiti sigurnosna ažuriranja ogromne količine uređaja, a uvjeti za zaštitu osobnih podataka koje svaki uređaj prikuplja mnogo su stroži nego kod tvrtki iz drugih industrija. (Seo, Kim, Park, Lee, 2018)

## 6.2. Upravljanje i manipulacija podacima

Već je utvrđeno kako je IoT industrija podložna GDPR-u u svakome trenu, s obzirom da se koristi osobnim podacima. Dvije ključne značajke korištenja osobnih podataka koje se mogu pronaći u sukobu s GDPR-om su korištenje i razmjena informacija između IoT uređaja te analiza prikupljenih informacija.

U IoT okruženju, tehnologije automatski prenose podatke te komuniciraju i djeluju zajedno. Postoje situacije u kojima tehnologije razmjenjuju informacije i djeluju umjesto korisnika. (Seo, Kim, Park, Lee, 2018) Primjerice ako automatizirano skladište primijeti da je zaliha određenog proizvoda pri kraju, sustav koji je povezan s IoT senzorima automatski naručuje dodatne količine od dobavljača. U ovoj situaciji, korištenje podataka je automatizirano, a podaci o zalihama i narudžbama razmjenjuju se s različitim subjektima kao što su dobavljači i prijevoznici. GDPR koji regulira korištenje osobnih podataka može utjecati na način na koji se podaci o narudžbama i skladišnim operacijama pohranjuju i dijele, kako bi se zaštitila privatnost korisnika i podataka tvrtke.



## 7. Primjeri primjene i budući trendovi razvoja IoT-a u logistici

Usvajanje IoT-a postao je nezaobilazan trend kod logističkih poduzeća širom svijeta, a najviše zahvaljujući njegovoj mogućnosti za unaprjeđenje logističkih procesa i smanjenje troškova. Njegova implementacija omogućava stvaranje pametnih skladišta u kojima automatizirani roboti uglavnom obavljaju poslove upravljanja skladištem te pametni senzori za upravljanje zalihama. Pionirima integracije ovih tehnologija u svoje procese smatraju se Amazon, zajedno sa svojom IT infrastrukturom zvanom AWS te s druge strane DHL, jedna od najvećih poduzeća u svojim branšama, a kod kojih je logistika neizostavan proces.

### 7.1. Amazon

Amazon je poduzeće koje bilježi najbrži rast prihoda. 2004., deset godina nakon svog osnivanja, godišnji prihodi su iznosili skoro sedam milijardi američkih dolara, dok su 2018. godine prošli 233 milijarde. Najveći udarac konkurenciji Amazon je zadao još 2005. godine kada su predstavili Amazon Prime uslugu kojom klijentima garantiraju dostavu unutar dva dana za preko sto tisuća proizvoda. Ta usluga danas je još efikasnija zahvaljujući odličnom upravljanju lancem opskrbe od strane Amazona tako da svojim kupcima omogućuju dostavu unutar jednog dana, a na specifičnim lokacijama čak i unutar dva sata.

Kombinacijom sofisticiranih informacijskih tehnologija, opsežne mreže skladišta, kompleksnog upravljanja zalihama i odličnih transportnih rješenja, Amazonov lanac opskrbe postao je najučinkovitijim na svijetu. Njihov se lanac opskrbe oslanja na outsourcing, odnosno proizvodi koji se rijetko naručuju ne pohranjuju se u Amazonovim skladištima, a oni čine preko 50 posto Amazonove prodaje, odnosno preko 3,4 milijarde proizvoda. Samim time, oslanjanjem na vlastitu logistiku moguća je dostava istog dana ili unutar dva sata.

2012. godine Amazon je preuzeo pružatelja automatiziranih robotskih rješenja za skladišta zvanog Kiva Systems. Kasnije je tvrtka preimenovana u Amazon robotics. Zahvaljujući IoT-u, roboti su opremljeni sensorima zbog kojih imaju mogućnost samostalnog preuzimanja i pakiranja narudžbi te na taj način smanjujući potrebu za ljudskom radnom snagom. (LeBlanc, 2020) Roboti funkcioniraju zahvaljujući rasporedu Amazonovih velikih pravokutnih centara za ispunjenje narudžbi. Roboti i četverostrane police za pohranu, zvane „podovi“ i sadrže milijune pojedinačnih proizvoda, smješteni su u sredini. Podovi s proizvodima kreću se iz sredine prema stanicama raspoređenim oko okolnog prostora, gdje djelatnici biraju potrebne artikle za ispunjenje svake narudžbe i stavljaju ih u spremnike. Kad je određeni pod

potreban, robot se uvuče ispod poda teškog 450 kilograma, podiže ga s poda i nosi do stanice. Sljedeći važan korak je kretanje robota po skladištu. Zahvaljujući sensorima koji prikupljaju podatke o prostornoj orijentaciji robota u skladištu, putem računarstva u oblaku stvara se virtualan prikaz skladišta, sličan opciji Google Street View, po kojemu se robot može kretati u smjeru sjever-jug te zapad-istok. Nakon što robot pokupi pod, kreira se ruta do krajnje destinacije u skladištu. (Amazon, 2022)



Slika 6 Amazonov robot u centrima za ispunjenje narudžbi (Izvor: Amazon, bez dat.)

Ono što Amazon smatra budućnošću lanca opskrbe su dronovi. Još 2013. godine izvršni direktor Amazona Jeff Bezos najavio je kako njegova tvrtka razvija dostavljajući sustav zvan Prime Air koji bi unutar 30 minuta od naručivanja isporučivao pakete težine do 2,27 kilograma unutar 16 kilometara od Amazonovih centara za ispunjenje narudžbi. (LeBlanc. 2020) Prema najnovijim informacijama, prve države u kojima će Amazon isprobati ovakav način dostave biti će SAD, Ujedinjeno Kraljevstvo i Italija. Predviđa se da prvi dronovi stižu krajem 2024. godine, a Amazon se nada da će do 2030. dronovi postati uobičajeno transportno sredstvo za dostave lakših težina, pri čemu ističu i ekološki aspekt korištenja dronova i njihov pozitivan učinak na očuvanje kvalitete zraka naspram motornih transportnih sredstva. (Amazon, 2023)

## 7.2. DHL

DHL je također jedno od logističkih poduzeća koje je prisutno diljem cijelog svijeta. Tvrтка je osnovana 1969. godine te nakon više od 50 godina poslovanja slove za najveće poduzeće u području logistike sa preko šesto tisuća zaposlenih u više od 220 zemalja diljem svijeta. Godišnji prihodi tvrtke iznose preko 80 milijardi dolara.

Zahvaljujući IoT tehnologijama, njihovo je poslovanje posljednjih godina doživjelo nagli rast. DHL zajedno s ostalim tvrtkama koje ulažu resurse u implementaciju praktičnih primjena IoT-a su pokretači tehnoloških promjena i iskorištavaju potpuni potencijal ovog trenda. Najveći napredak poduzeće je doživjelo nakon predstavljanja SmartSensor-a, čija je zadaća zaštita robe od promjena u temperaturi, vlažnosti, udaranja, svjetla i promjena u tlaku zraka. Oni neprekidno nadziru stanje pošiljaka, pritom osiguravajući da svaki korak transporta bude kontroliran i u optimalnim uvjetima. (DHL, bez dat.)



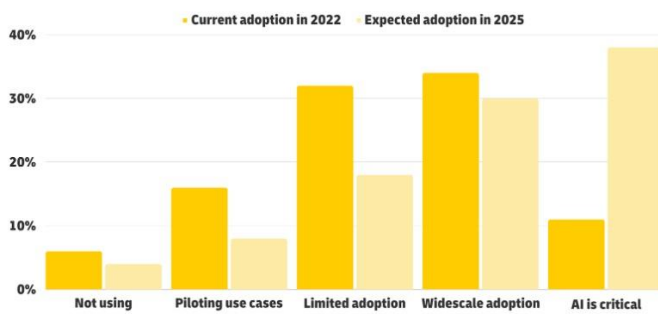
Slika 7 DHL-ov SmartSensor (Izvor: DHL, bez dat.)

Nakon velikih disrupcija koje je prouzrokovala pandemija COVID-19, glavni su prioriteti DHL-a bili osigurati snažan lanac opskrbe i stabilnost logističkih procesa. Inovacije koje su obuhvatile i logistiku uspješno su stabilizirale industriju, pritom izbjegavajući smetnje u opskrbnom lancu unatoč sukobima poput rata u Ukrajini. Usredotočenost na ovakav pristup bit će ključan za uspjehe u nadolazećim godinama, naravno uz praćenje tehnoloških trendova koji uz prisustvo IoT-a revolucionarno utječu na upravljanje lancem opskrbe.

Trend koji je već godinama u fokusu mnogih logističkih poduzeća, a trenutno bilježi najsnažniju ulogu ikad je analiza velikih podataka. Integracijom ove tehnologije s IoT-em zaokružen je cjelokupan proces upravljanja podacima, od njihovog prikupljanja, analize, vizualizacije te donošenja odluka temeljenih na prikupljenim podacima. Vrhunska sposobnost tehnologije za provođenje analize i sve veća dostupnost podataka stvaraju velike mogućnosti, a s obzirom na globalne neizvjesnosti i složene opskrbe mreže, ona se sve više nameće kao

ključan alat za predviđanje poremećaja i optimizaciju opskrbnih lanaca u svrhu smanjivanja rizika.

Tehnološki trend koji je dominirao u 2023. godini te pronalazio svoju primjenu u većini industrija svakako je umjetna inteligencija. Njen potencijal za transformaciju logističke industrije je stvaran te su već vidljive prednosti suradnje ljudi s umjetnom inteligencijom u logistici, a poduzeća aktivno istražuju koristi generativne umjetne inteligencije u radnom okruženju. Sposobnost analize podataka prikupljenih putem IoT-a, mogućnosti učenja i predviđanja koju posjeduje ključni su faktori za nadolazeće promjene koje se od nje očekuju. Umjetna inteligencija potpomognuta IoT-em posjeduje enorman potencijal da „opameti“ upravljanje zalihama na način da optimizira razine zaliha preciznim predviđanjem potražnje kupaca. (DHL, bez dat.)



Slika 8 Stopa usvajanja UI u opskrbnom lancu diljem svijeta 2022. i 2025 (Izvor: DHL, bez dat.)

## 8. Zaključak

Internet stvari pružaju dobar razvojni okvir za logističku industriju. Njegova integracija u poslovne procese logističkih poduzeća u posljednjim je godinama dovela do naglog rasta onih poduzeća koja su provela proces digitalne transformacije i započela korištenje tehnologija poput RFID i senzornih tehnologija. Osim toga, postavljanjem jasnih prioriteta kako bi se osigurali snažan lanac opskrbe i stabilnost logističkih procesa, poduzeća su uspješno prebrodila disrupcije s kojima se susretao velik broj industrija zbog pojave COVID-19 pandemije. Jedna od najvećih prednosti primjene IoT-a svakako je sljedivost i poboljšanje vidljivosti materijalnih i informacijskih tokova. Korištenjem RFID-ova logistička poduzeća preciznije mogu pratiti lokaciju i status svoje robe. Također, korištenjem prethodno spomenutih senzora, poduzeća su u mogućnosti pratiti svoju robu u stvarnome vremenu kroz cijeli proces: od njegove proizvodnje do konačne isporuke naručitelju. Polazna točka IoT tehnologija je prikupljanje podataka putem senzora i njihova daljnja obrada. Kako bi se izbjegle manipulacije osjetljivih podataka koje senzori prikupljaju, Europska unija uvela je, između ostalog, Opću uredbu o zaštiti podataka, poznatiju pod akronimom GDPR. S obzirom da je proces prikupljanja podataka putem senzora automatiziran, na ovaj način se želi osigurati privatnost i sigurnost korisnika. Osim toga, logistička poduzeća koja implementiraju IoT tehnologije trebaju biti spremna na česte hakerske napade na njihove baze podataka, pritom imajući zadovoljavajuće sigurnosne protokole koji garantiraju sigurnost i nepovredivost podataka, čime se usklađuju s GDPR-om.

Nove tehnologije u kombinaciji s IoT-em će u budućnosti zasigurno biti pokretači promjena u logističkim procesima. Svjedočimo nikad većem utjecaju umjetne inteligencije na svakodnevicu. Ona je trend koji je svoju primjenu pronašao u većini industrija u veoma kratkom vremenu zbog svojih mogućnosti poput predviđanja na temelju prikupljenih podataka. Tehnologije poput ove su početak velikih tehnoloških promjena do kojih će u budućnosti doći. Daljnjim razvojem i integracijom IoT-a s nadolazećim trendovima, logistička će industrija zasigurno evoluirati.

## Popis literature

**Komentirano [V1]:** Mislim da prema APA stilu ne treba popis biti numeriran nego samo posložen po abecednom redu

- Akkaya, M., & Kaya, H. (2019). *Innovative and smart technologies in logistics*.
- Akyuz, G. A., & Bicer, B. (2022). *Impact, benefits and challenges of IoT for logistics and supply chain management*. *Journal of Turkish Operations Management*, 1153-1171.
- Amazon Science. (2022). *How Amazon robots navigate congestion*. Preuzeto s: <https://www.amazon.science/latest-news/how-amazon-robots-navigate-congestion>
- Amazon Web Services. (bez dat.). *What is IoT?* Preuzeto s: <https://aws.amazon.com/what-is/iot/>
- An, J., Gui, X.-L., & He, X. (2012). *Study on the architecture and key technologies for Internet of Things*. *Advances in Biomedical Engineering, Volume(Issue)*, 329–335.
- Cogniteq. (bez dat.). *History of IoT: How technology is evolving*. Preuzeto s: <https://www.cogniteq.com/blog/history-iot-how-technology-evolving>
- DHL. (bez dat.). *What is logistics? Meaning, processes, functions and examples*. Preuzeto s: <https://www.dhl.com/discover/en-global/logistics-advice/import-export-advice/what-is-logistics>
- DHL. (bez dat.). *The value of IoT in supply chains. Delivered by DHL*. Preuzeto s: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/digitalization/the-value-of-iot-in-supply-chains.html>
- LeBlanc, R. (2020). *How Amazon Is Changing Supply Chain Management*. Preuzeto s: <https://www.liveabout.com/how-amazon-is-changing-supply-chain-management-4155324>
- Liu, Q. (2024). *Logistics distribution route optimization in artificial intelligence and Internet of Things environment*. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 7(2), 221–239.
- Mecalux. (2023). *The history and origin of logistics*. Preuzeto s: <https://www.mecalux.com/blog/logistics-history-origin>
- Nadkarni, S., & Prügl, R. (2021). *Digital transformation: A review, synthesis and opportunities for future research*. *Management Review Quarterly*, 233–341.
- Padmanabhan, S. (2023). *Digital transformation is reshaping the workforce*. *Research Trends in Science and Technology, Volume 1*, 10–17.
- Segetlija, Z. (2013). *Uvod u poslovnu logistiku*. Osijek.
- Seo, J., Kim, K., Park, M., Park, M., & Lee, K. (2018). *An analysis of economic impact on IoT industry under GDPR*. *Mobile Information Systems, Volume 2018, Issue 1*.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). *Internet of things for smart factories in Industry 4.0: A review. Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 192–204.

- Team Amazon. (2023). *Amazon Prime Air drone delivery updates*. About Amazon. Preuzeto s: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-prime-air-drone-delivery-updates>
- Thompson, A. (2023). *What is logistics? Meaning, processes, functions and examples*. Preuzeto s: <https://www.dhl.com/discover/en-pk/logistics-advice/import-export-advice/what-is-logistics>
- Vaculík, J., & Tengler, J. (2012). *Potential of new technologies in logistics services*.
- Vlada Republike Hrvatske. (bez dat.). *Što je opća uredba o zaštiti podataka (eng. General Data Protection Regulation - GDPR)?* Preuzeto s: <https://gov.hr/hr/sto-je-opca-uredba-o-zastiti-podataka-eng-general-data-protection-regulation-gdpr/1868?lang=hr>
- Wood, D. F. (2024). *Logistics*. Encyclopedia Britannica. Preuzeto s: <https://www.britannica.com/money/logistics-business>

## Popis slika

Slika 1 Elektronski kod proizvoda (EPC) (Izvor: MSM Solutions) .....	7
Slika 2 Ključne komponente IoT-a (Izvor: Study on the Architecture and Key Technologies for Internet of Things) .....	12
Slika 3 Digitalni lanac opskrbe i kontrola operacija u industriji 4.0 (Izvor: ScienceDirect, bez dat.) .....	14
Slika 4 Maloprodajna e-trgovina diljem svijeta od 2014. do 2027 (Izvor: Statista, 2024) .....	15
Slika 5 Deset ključnih zahtjeva GDPR-a (Preuzeto s: Advisera) .....	17
Slika 6 Amazonov robot u centrima za ispunjenje narudžbi (Izvor: Amazon) .....	20
Slika 7 DHL-ov SmartSensor (Izvor: DHL) .....	21
Slika 8 Stopa usvajanja UI u opskrbnom lancu diljem svijeta 2022. i 2025 (Izvor: DHL) .....	22