

Održavanje u Industriji 4.0

Zorbas, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:847272>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

ODRŽAVANJE U INDUSTRIJI 4.0

Završni rad br. 01/MEH/2020

Mateo Zorbas

Bjelovar, ožujak 2020.



Veleučilište u Bjelovaru
Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Zorbas Mateo** Datum: 26.02.2020.

Matični broj: 001357

JMBAG: 0314013997

Kolegij: **PNEUMATIKA I HIDRAULIKA**

Naslov rada (tema): **Održavanje u Industriji 4.0**

Područje: **Tehničke znanosti** Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Automatizacija**

Mentor: **Neven Maleš, mag.ing.mech.** zvanje: **predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. dr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Neven Maleš, mag.ing.mech., mentor
3. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 01/MEH/2020

U radu je potrebno opisati:

- što je to Industrija 4.0
- što je pametno održavanje (Smart Maintenance)
- kako se primjenjuje proširena (AR) i virtualna (VR) stvarnost
- kakvi su sigurnosni zahtjevi u Industriji 4.0

Zadatak uručen: 26.02.2020.

Mentor: **Neven Maleš, mag.ing.mech.**



SADRŽAJ

SADRŽAJ	iii
1. UVOD	1
2. POVIJEST INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA	2
2.1 <i>Prva industrijska revolucija</i>	2
2.2 <i>Druga industrijska revolucija</i>	3
2.3 <i>Treća Industrijska revolucija</i>	4
2.4 <i>Četvrta industrijska revolucija</i>	5
3. INDUSTRIJA 4.0	7
4. INTERNET OF THINGS	8
4.1 <i>Sigurnosni zahtjevi u Industriji 4.0</i>	17
5. CYBER-PHYSICAL SYSTEMS	20
5.1 <i>Proširena (AR) i virtualna stvarnost (VR)</i>	27
6. PAMETNA TVORNICA	29
7. ODRŽAVANJE U INDUSTRIJI 4.0	36
8. ZAKLJUČAK	43
9. LITERATURA	45
10. SAŽETAK	47
11. ABSTRACT	48

1. UVOD

Od samih početaka ljudi pokušavaju napredovati na način da iskoristavaju sve dostupne resurse u svrhu unaprjeđenja i usavršavanja života, ista stvar je i s industrijom gdje će za rad iskoristiti i izraditi sve moguće alate i naprave koje bi olakšale i ubrzale proizvodnju.

Sva revolucionarna rješenja koja su svojim uvođenjem u industriju značajno promijenila način pristupa i obavljanja posla te olakšala proizvodnju mogli smo podijeliti na tri industrijske revolucije. Čovjek u današnje vrijeme razvija sve oko sebe abnormalnom brzinom te je teško reći kada se događa značajan pomak koji bi pospješio i promijenio način pristupa i izgled modernih industrijskih pogona. To će se dogoditi uvođenjem interneta, odnosno uspostavljanjem takozvane komunikacije između strojeva i čovjeka ili strojeva i strojeva kako bismo što točnije i bolje mogli kontrolirati sve potrebne parametre koje omogućuju, ubrzavaju odnosno usporavaju proizvodnju.

Industrija 4.0 ili četvrta industrijska revolucija će nam omogućiti razvoj novih modernih pogona u kojima će gotovo sav posao obavljati sami strojevi te će čovjek biti prisutan na neki način samo kako bi mijenjao potrošne dijelove i kontrolirao način izrade proizvoda. Što je različito u ovoj revoluciji je to da je čovjek strojevima dao umjetnu inteligenciju koju ćemo iskoristiti tako da većinu problema i prepreka strojevi sami shvati te na kraju i dođu do rješenja nastalih problema. Radi se o automatizaciji samog održavanja strojeva što bi značajno povećalo proizvodnju jer bi se broj kvarova i pogrešaka trebao svesti na minimum.

2. POVIJEST INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA

2.1 Prva industrijska revolucija

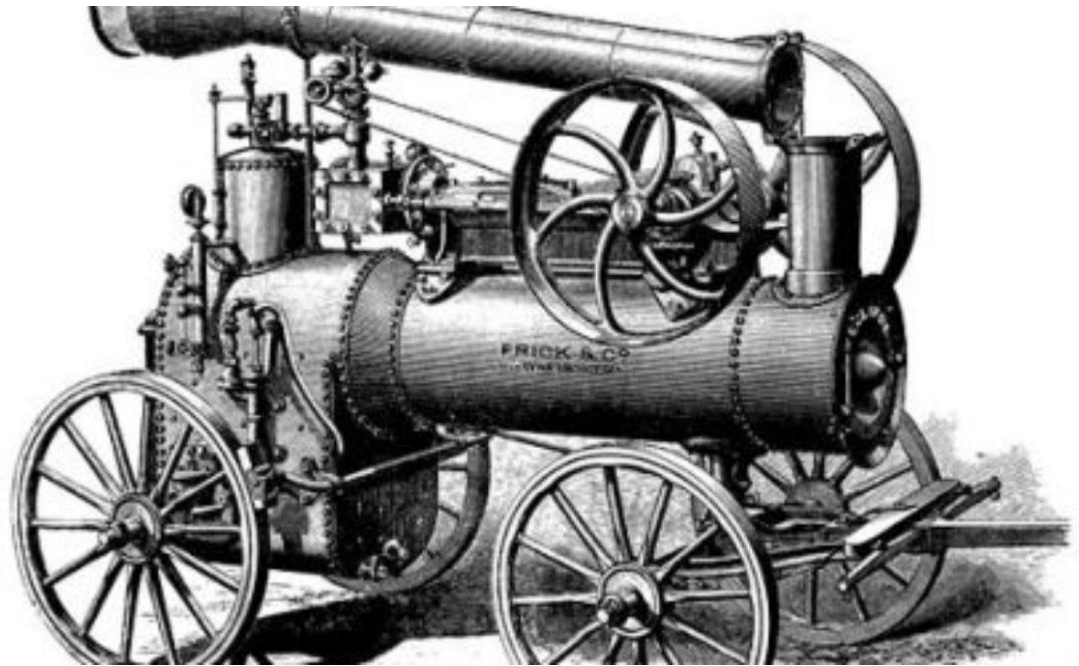
Industrijska revolucija, također u današnje vrijeme poznata kao prva industrijska revolucija je unaprjeđenje odnosno prelazak na novi proces proizvodnje u Europi i SAD-u. S početkom oko 1760. godine, ovaj pomak uključuje zamjenu snage čovjeka sa snagom strojeva. U pogonima se primjenjuje parni stroj te s tim i razvoj industrijskih alata što doprinosi razvoju mehaniziranog sistema u industriji [1].

Tekstil je bio dominantna grana industrije u smislu zaposlenosti, također i u omjeru uložениh resursa i dobivenog kapitala. Tekstilna industrija je prva koja je počela koristiti moderne alate i upotrebljavati neke od suvremenih metoda proizvodnje. Industrijska revolucija započela je u Velikoj Britaniji te mnogo tehnoloških izuma također nastaje u Britaniji.

Parni stroj je najvažniji izum u ovom vremenu te je kao takav otvorio hrpu mogućnosti za mnoga druga dostignuća. James Watt je 1763. godine patentirao parni stroj koji je povećao efikasnost u proizvodnji. Osim same proizvodnje u ovom vremenu dolazi do napretka i drugih grana kao što su promet te mnoge druge znanosti.

Tehnološke značajke:

- Tkalački stroj koji je povećao učinak radnika za više od 40 puta.
- Parni stroj
- Industrija metala u kojoj je koks zamijenjen ugljenom znatno su smanjeni troškovi goriva kod sirovog kovanog željeza.
- Razvoj prvih mehaničkih alata



Slika 2.1 Parni stoj koji je simbol prve industrijske revolucije [6]

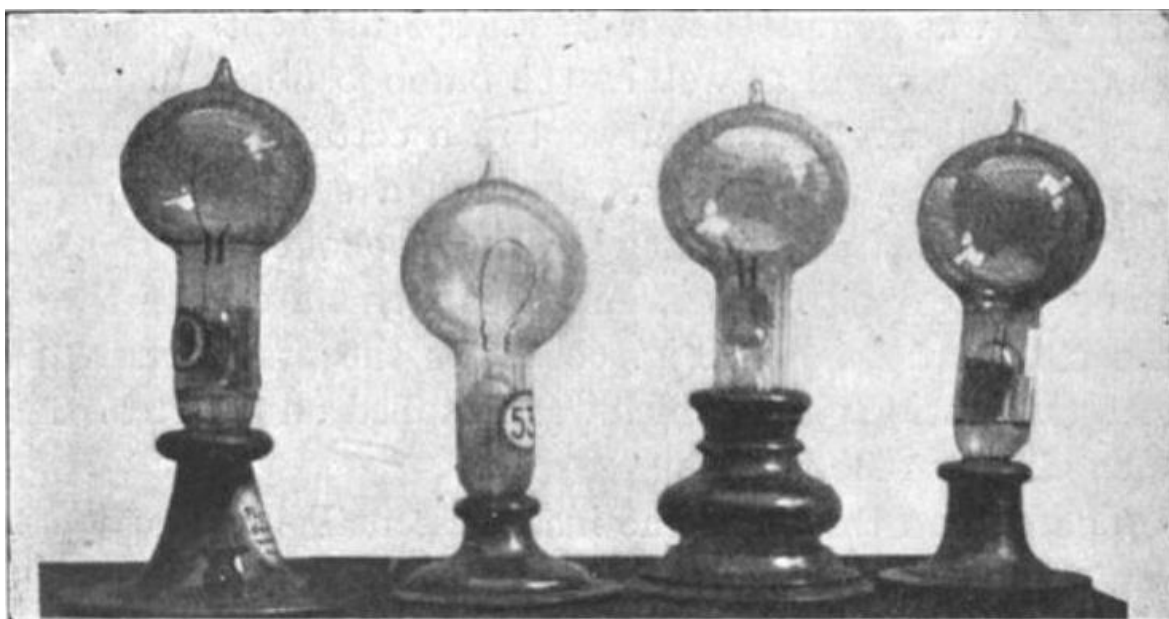
2.2 Druga industrijska revolucija

Druga industrijska revolucija poznata također i kao „tehnološka revolucija“ je bilo vrijeme brze standardizacije i industrijalizacije koje je krenulo na kraju 19. stoljeća [1]. Proizvodnja i uvođenje novih alata koji su ubrzavali i olakšavali proizvodnju nastalu prvom industrijskom revolucijom smatramo glavnim faktorima za korak naprijed u automatizaciji.

Uvođenje i prihvaćanje novih tehnoloških sustava kao što su telegrafске i željezničke mreže, voda i plin te kanalizacijskih sustava. Masovno širenje željezničkih i telegrafskih linija omogućilo je neviđeno kretanje ljudi i ideja, što je rezultiralo novim valom globalizacije.

Također u ovom periodu su se dogodili mnogi drugi napredci poput dizelskog i benzinskog motora te x-ray zraka bez kojih bi današnji svijet bio nezamisljiv. U zračnom prometu su braća Wright 1903. uspješno sletjeli nakon što su preletjeli 200 metara, što je začetak razvoja zračnog prometa. Henry Ford izumom pokretne trake unaprjeđuje automobilsku industriju te tako omogućuje masovnu proizvodnju.

Kako je prva industrijska revolucija zasnovana na mehanizaciji, druga je više na napretku i unaprjeđenju postojećih izuma. U drugoj industrijskoj revoluciji dolazi do povećanja efikasnosti uvođenjem izuma koji su nastali u prvoj industrijskoj revoluciji te doradom istih. Pronalazak električne struje i električnog svijetla su revolucionarna otkrića koja su usmjerila daljnji napredak.



Slika 2.2 Izum električne žarulje [7]

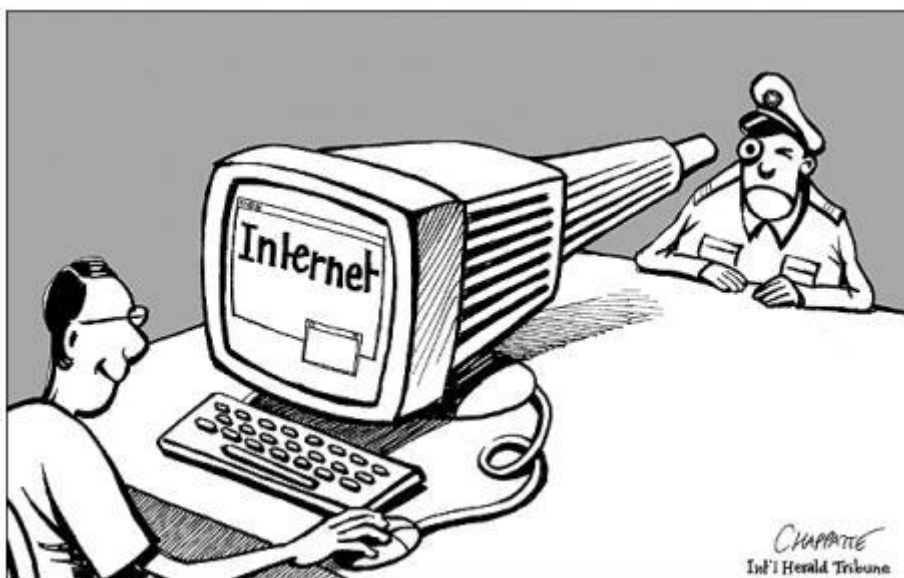
2.3 Treća Industrijska revolucija

Digitalna revolucija kao drugi naziv za treću industrijsku revoluciju predstavlja promjenu iz analogne tehnologije u digitalnu koja se još uvijek razvija, a početci su bili još osamdesetih godina. Susrećemo se s novim tehnologijama koje su i u današnje vrijeme korištene, a to su: novi materijali i procesi, pametni softveri, mehaničke ruke te mnoštvo ostalih usluga koje omogućuje Internet. U ovoj industrijskoj revoluciji naglasak je na masovnoj prilagodbi pogona i tvornica iz razloga što se artikli stvaraju po pojedinačnim željama kupaca te se troškovi samih artikala sve više smanjuju.

Kako idemo dalje u napretku tako izvore energije otkrivamo te efikasno iskorištavamo, tako u trećoj industrijskoj revoluciji kao glavni izvor energije postaje solarna energija koju svakodnevno crpimo od sunca, vodeće zemlje u tome su Kina, Njemačka te SAD.

Zbog želje za boljom efikasnosti u proizvodnji svi mogući procesi se automatiziraju te nam se pojavljuje i negativna strana tog pothvata, to da će ljudi u budućnosti biti gotovo u potpunosti zamijenjeni robotima koji su isplativiji te imaju odličnu ponovljivost. Još jedan problem se javlja a to je problem privatnosti.

Zbog velike količine informacije koje su postale dostupne na internetu događa se to da imamo potrebu zaštititi te informacije što posljedično omogućuje praćenje aktivnosti pojedinaca [1].



Slika 2.3 Problem privatnosti na internetu [8]

2.4 Četvrta industrijska revolucija

Razvoj industrije u četvrtoj industrijskoj revoluciji usmjeren je prema automatizaciji procesa koristeći kibernetičko-fizičke sustave (CPS), koji integriraju računalnu tehnologiju

sa suvremenim mehaničkim sustavima. U razdoblju industrije 4.0 prisutne su pojave gubitaka radnih mjesta, promjene zanimanja s novim znanjima te novi tržišni odnosi.

Umjetna inteligencija ugrađena u industrijska postrojenja dovodi do toga da se strojevi, odnosno tvornica sama održava. I to na način da unaprijed predviđa trošenje pojedinih potrošnih dijelova, nedostatak dijelova, kao i redovno servisiranje potrebnih komponenti u postrojenju te o tome obavještava servisere koji će odraditi ono na što strojevi upozoravaju.

3. INDUSTRIJA 4.0

Nalazimo se usred značajne transformacije u vezi s načinom proizvodnje proizvoda zahvaljujući digitalizaciji proizvodnje. Taj je prijelaz toliko uvjerljiv da ga nazivamo industrija 4.0 i predstavlja četvrtu industrijsku revoluciju koja se dogodila u proizvodnji. Od prve industrijske revolucije, mehanizacija vodom i parom, do masovne proizvodnje i montažnih vodova koji koriste električnu energiju u drugoj, četvrta industrijska revolucija uzet će ono što je započeto u trećoj uz prihvaćanje računala i automatizacije te poboljšati je pametnim i autonomnim sustavima koje pokreću podaci i strojno učenje. Kad su računala predstavljena u trećoj industrijskoj revoluciji to je bilo razarajuće zahvaljujući dodavanju potpuno nove tehnologije. Sada, i u budućnosti dok se razvija industrija 4.0 računala su povezana i međusobno komuniciraju kako bi na kraju donijeli odluke bez ljudskog sudjelovanja. Kombinacija cyber-physical sustava, interneta stvari (Internet of Things, IoT) i interneta sustava omogućuje industriju 4.0, a pametna tvornica postaje stvarnost. Kao rezultat podrške pametnim strojevima koji postaju pametniji čim dobiju pristup podacima, tvornice će postati učinkovitije, produktivnije i manje rasipne. Konačno, mreža ovih strojeva digitalno je pozetana jedna s drugom te stvaraju i dijele informacije koje su odraz prave snage industrije 4.0. Također jedna od najvažnijih stavki je svakako i pametno održavanje. Pametno održavanje primjenjuje informacije i inteligenciju pametne proizvodnje da integrira zahtjeve i inteligenciju „kupca“ kroz čitav proizvodni sustav i lanac nabave [2].



Slika 3.1 Vizualni prikaz pametnog održavanja u praksi [2]

kod bespilotnog vozila. Nekakvi veći objekti mogu se opremiti s puno manjih IoT komponenata, primjer može biti avionski motor koji je sada opremljen tisućama senzora koji prikupljaju i šalju informacije natrag da bi se uvjerali kako radi efikasno. Na višoj razini je projekt pametnih gradova gdje opremamo cijelu regiju sa sensorima koji nam pomažu shvatiti i kontrolirati okruženje.

Termin IoT se prvenstveno koristi za uređaje za koje se uobičajeno ne smatra da imaju internetsku vezu, i da mogu komunicirati putem mreže neovisno o pomoći čovjeka. Iz tog razloga računalo u osnovi ne smatramo IoT uređajem, kao niti pametni telefon iako su opremljeni mnoštvom senzora. Pametni sat ili pametnu narukvicu, kao i bilo koji drugi nosivi uređaj smatramo IoT uređajem [3].

Ideja o dodavanju senzora i inteligencije jednostavnim uređajima pojavila se između osamdesetih i devedesetih godina ali postupak je bio vrlo spor jednostavno jer tehnologija nije bila spremna, osim nekih od ranih projekata uključujući aparat za piće s internetskom vezom. Čipovi su bili preveliki i glomazni te nije bilo izgleda da uređaji efektivno komuniciraju. Bili su potrebni procesori koji bi bili jeftini i dovoljno štedljivi kako bi bili dostupni za jednokratnu upotrebu prije nego li konačno postane dovoljno ekonomično za povezivanje milijardi uređaja.

Pojava RFID oznaka, čipovi male snage koji mogu bežično komunicirati, riješili su dio problema zajedno sa sve većom dostupnošću širokopojasnog interneta, i statičnog i bežičnog umrežavanja. Usvajanje IPv6 koji bi, između ostalog, trebao osigurati dovoljno IP adresa za svaki uređaj koji vjerojatno svijet ikada treba. IPv6 je također bio nužan korak za skaliranje IoT-a. Kevin Ashton prvi je upotrijebio izraz „Internet of things“ iako je bilo potrebno barem još jedno desetljeće nakon toga kako bi tehnologija uspjela uhvatiti korak s vizijom.



Slika 3.2 IoT grad [10]

Dodavanje RFID oznaka skupocjenim dijelovima opreme kako bi omogućili praćenje njihove lokacije bila je jedna od prvih IoT aplikacija. Od tada je cijena dodavanja senzora te cijena dodavanja internetske veze uređajima nastavila padati, i očekivanja su predviđala kako je moguće da osnovna funkcionalnost jednog dana bude po niskoj cijeni kao što je deset centi, kada se to dogodi postaje moguće umrežiti gotovo sve putem Interneta.

U svojim počecima IoT je prvenstveno bio namijenjen za posao i proizvodnju gdje se njegova primjena naziva i „machine to machine (M2M)“. Ali naglasak je sada na opremanju naših domova i ureda pametnim uređajima, pretvarajući ih u nešto što će biti relevantno gotovo svima. Rani prijedlozi za uređaje povezane s internetom uključuju „blogjects“(objekti koji bilježe i snimaju podatke o sebi na internetu), sveprisutno računanje (ili „ubicomp“) nevidljivo računanje i rašireno računalstvo. Međutim, to su Internet of things i IoT koji nisu zaživjeli.

IoT je velik i postaje veći, zapravo već postoji više povezanih stvari nego ljudi na svijetu. Tehnički analitička tvrtka IDC predviđa da će do 2025. godine biti ukupno 41,6 milijardi povezanih IoT uređaja, ili „stvari“. Također predlaže kako industrijska i automobilska

oprema predstavljaju najveći potencijal povezanih „stvari“, ali također vidi široko usvajanje pametnih kuća i nosivih uređaja u skorjoj budućnosti.

Drugi tehnološki analitičar, Gartner, predviđa da će poduzeća i automobilski sektor ove, 2020. godine, činiti 5,8 milijardi uređaja, što je gotovo za četvrtinu više u odnosu na prethodnu 2019. godinu. Uslužni će uređaji biti najveći korisnik IoT-a zahvaljujući kontinuiranom predstavljanju pametnih brojlara. Sigurnosni uređaji, u obliku otkrivanja uljeza i web kamera, bit će druga najveća upotreba IoT uređaja. Automatizacija zgrada, poput povezane rasvjete, bit će najbrže rastući sektor, a slijede automobilski (povezani automobili) i zdravstvena zaštita (nadzor kroničnih stanja).

IoT Endpoint Market by Segment, 2018-2020, Worldwide (Installed Base, Billions of Units)

Segment	2018	2019	2020
Utilities	0.98	1.17	1.37
Government	0.40	0.53	0.70
Building Automation	0.23	0.31	0.44
Physical Security	0.83	0.95	1.09
Manufacturing & Natural Resources	0.33	0.40	0.49
Automotive	0.27	0.36	0.47
Healthcare Providers	0.21	0.28	0.36
Retail & Wholesale Trade	0.29	0.36	0.44
Information	0.37	0.37	0.37
Transportation	0.06	0.07	0.08
Total	3.96	4.81	5.81

Source: Gartner (August 2019)

Slika 3.3 Gartnerovo tablica rasta IoT-a [11]

Prednosti IoT-a za poslovanje ovise o konkretnoj implementaciji, agilnost i efikasnost obično su glavni aspekti. Ideja je da poduzeća trebaju imati pristup u više podataka o svojim proizvodima i vlastitim unutarnjim sustavima, kao i bolju sposobnost za uvođenje promjena kao rezultat. Proizvođači dodaju senzore komponentama svojih proizvoda kako bi mogli natrag prenijeti podatke o njihovim karakteristikama. To može pomoći tvrtkama da uoče kada neka komponenta pokazuje grešku i da ju mogu zamijeniti prije nego li uzrokuje

dodatnu štetu na proizvodu. Tvrtke također mogu koristiti podatke koje generiraju ti senzori kako bi učinili svoje sustave i lance opskrbe učinkovitijima, jer će imati puno točnije informacije i podatke o stvarnoj situaciji.

Korištenje IoT-a u poduzećima može se podijeliti u dva segmenta:

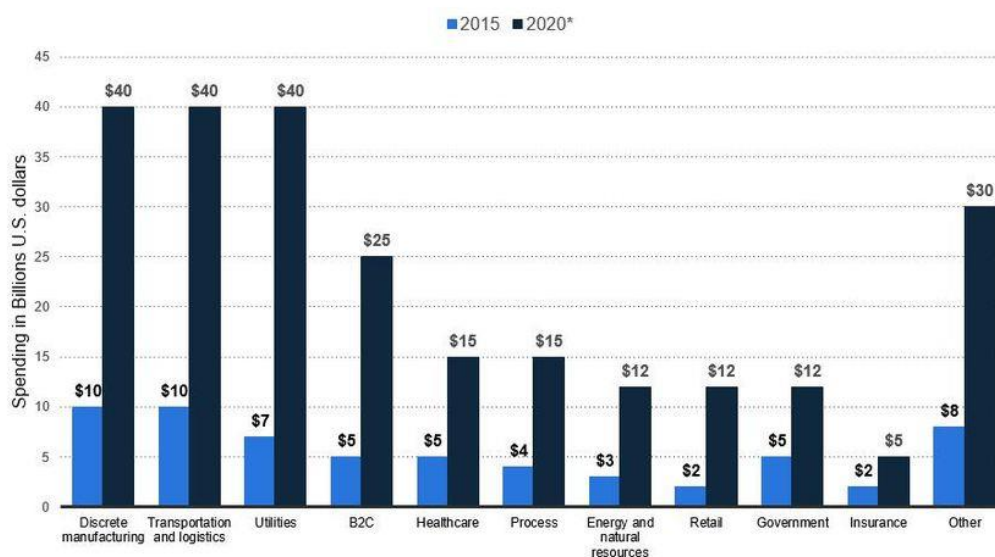
- Ponuda specifična za industriju poput senzora u postrojenju za proizvodnju ili uređaja za lociranje u stvarnom vremenu za zdravstvo

- IoT uređaji koji se mogu koristiti u gotovo svim industrijama, poput pametnih klima uređaja ili sigurnosnih sustava

U proizvodnji, specifični uređaji će napraviti porast, u 2020. Gartner predviđa da će međuindustrijski uređaji dostići 4,4 milijarde jedinica, dok će vertikalni uređaji brojiti 3,2 milijarde jedinica. Potrošači kupuju više uređaja, ali proizvođači troše više. Analitička grupa izjavila je da, iako je potrošnja potrošača na IoT uređaje prošle godine iznosila oko 725 milijardi američkih dolara, tvrtke koje ulažu u IoT dosegnule su potrošnju od 964 milijarde američkih dolara. U 2020. godini poslovni i potrošački izdaci za IoT hardver doseći će gotovo 3 bilijuna američkih dolara. Za proizvođače ključni će biti projekti podrške upravljanju imovinom, u prometu će nadgledanje tereta i upravljanje voznim parkom imati prioritet. U troškovima IoT-a u komunalnoj industriji dominirat će projekti pametnih mreža za struju, plin i vodu.

Predviđeno je da će potrošači IoT-a doći do potrošnje od 108 milijardi američkih dolara, što ga čini drugim najvećim segmentom industrije. Pametne kuće, wellness i povezana vozila imat će veći dio trošenja. Slučajem upotrebe, proizvodne operacije (100 milijardi američkih dolara), upravljanje proizvodnom imovinom (44,2 milijarde američkih dolara), pametne kuće (44,1 milijarda američkih dolara) i praćenje tereta (41,7 milijardi američkih dolara) bit će najveća područja ulaganja.

Spending on Internet of Things Worldwide by Vertical in 2015 and 2020 (in billions of U.S. dollars)



statista

Slika 3.4 Grafikon troškova na IoT [12]

Industrijski IoT (IIoT – The Industrial Internet of Things) ili četvrta industrijska revolucija ili industrija 4.0 sva su imena koja se koriste za upotrebu IoT tehnologije u poslovnom okruženju. Koncept je isti kao kod potrošačkih IoT uređaja u kući, ali u ovom slučaju cilj je koristiti kombinaciju senzora, bežične mreže, velikih podataka, AI i analitike za mjerenje i optimizaciju industrijskih procesa. Ako se uvede čitav lanac opskrbe, a ne samo na pojedine tvrtke, učinak bi mogao biti još bolji ako se materijali dostavljaju točno na vrijeme i upravljaju proizvodnjom od početka do kraja. Povećanje produktivnosti radne snage ili ušteda troškova dva su potencijalna cilja, ali IIoT može također i stvoriti nove tokove prihoda za poduzeća. Umjesto da prodaju samostalan proizvod- na primjer, poput motora- proizvođači mogu prodavati i predviđanje održavanja motora.

IoT obećava da će naše okruženje, naše kuće i urede te vozila, učiniti pametnijim, mjerljivijim i „brbljavim“. Pametni zvučnici poput Amazonovog Echa i Google Home olakšavaju reprodukciju glazbe, postavljanje tajmera ili dobivanje informacija. Kućni sigurnosni sustavi olakšavaju nadgledanje onoga što se događa unutar i izvana, ili

promatranje i razgovor s posjetiteljima. U međuvremenu, pametni termostati mogu nam pomoći da zagrijavamo svoje domove prije nego li se vratimo natrag u njih, a pametne žarulje mogu učiniti da izgleda kao da smo kod kuće, čak i kad smo vani.

Gledajući izvan kuće, senzori nam mogu pomoći da shvatimo koliko može biti bučno ili zagađeno naše okruženje. Automobili koji se voze samostalno i pametni gradovi mogli bi promijeniti način na koji gradimo i upravljamo našim javnim prostorima.

Međutim, mnoge od ovih inovacija mogle bi imati velike posljedice za našu osobnu privatnost.

Za potrošače, pametna kuća je vjerojatno ondje gdje će lako doći u kontakt sa stvarima i uređajima koji imaju Internet. To je jedno od područja u kojemu se velike vodeće tvrtke, konkurenti, natječu (posebno Amazon, Google i Apple). Najočitiiji su pametni zvučnici poput Amazonovog Echo-a, ali tu su i pametne utičnice, pametne žarulje, pametne kamere, pametni termostati i pametni hladnjak koji je ismijan. No osim oduševljenja prema novim sjajnim uređajima, postoji i ozbiljnija strana aplikacija pametnih kuća. Moći će pomoći starijim osobama da ostanu neovisne i dulje u svojim domovima tako što će obitelji i njegovatelji lakše komunicirati s njima te pratiti kako napreduju. Bolje razumijevanje načina funkcioniranja naših domova i mogućnost podešavanja postavki mogu pomoći u uštedi energije, na primjer, smanjujući troškove grijanja.



Slika 3.5 Shema IoT pametne kuće [13]

IoT uređaji vjerojatno će sadržavati jedan ili više senzora koje će koristiti za prikupljanje podataka. Što će ti senzori prikupiti ovisit će o pojedinačnom uređaju i njegovoj zadaći. Senzori unutar industrijskih strojeva mogu mjeriti temperaturu ili tlak, sigurnosna kamera može imati senzor blizine zajedno sa zvukom i video zapisom, dok će na primjer kućna meteorološka stanica imati ugrađen senzor vlage. Sve ove podatke senzora i još puno više morat ćemo negdje poslati. Što znači da će IoT uređaji trebati prenositi podatke i to će činiti putem wi-fi bežične veze, 4G, 5G i više.

Tehnički analitičar IDC izračunava da će unutar pet godina IoT uređaji stvoriti 79,4 ZB podataka. Neki od tih podataka bit će mali, brzo ažuriranje poput očitavanja temperature sa senzora ili očitavanja s pametnog brojila. Dok bi drugi uređaji mogli stvoriti ogromne količine podatkovnog prometa, poput video nadzorne kamere koja koristi računalni vid i slično. IoT je značajan pokretač projekata analitike velike količine podataka jer tvrtkama omogućuje stvaranje ogromnih skupova podataka te njihovo analiziranje. Pružanje proizvođačima ogromne količine podataka o ponašanju njihovih komponenata u stvarnim situacijama može im pomoći da ubrzaju poboljšanja, dok će podaci prikupljeni sensorima iz grada pomoći također za planiranje protoka prometa koji bi trebao biti daleko učinkovitiji.

Ogromna količina podataka koje IoT aplikacije generiraju znači da će mnoge tvrtke odlučiti svoje obrade podataka skladištiti u oblaku umjesto da grade ogromne količine internih kapaciteta.



Slika 3.6 Oblak (cloud) kao centralna jedinica za skladištenje podataka [14]

Širenjem ogromnog broja senzora po mjestu ili gradu, planeri mogu dobiti bolju predodžbu o tome što se stvarno događa, u stvarnom vremenu. Kao rezultat toga projekti pametnih gradova ključno su obilježje IoT-a. Gradovi već generiraju velike količine podataka, od sigurnosnih kamera i senzora zaštite okoliša, i već sadrže velike infrastrukturne mreže, poput onih koje upravljaju semaforima. IoT projekti imaju za cilj to povezati, a zatim dodati inteligenciju u sustav. Planira se na primjer napuniti španjolske Balearske otoke s pola milijuna senzora i pretvoriti ih u laboratorij za IoT projekte [3]. Jedna bi shema mogla uključivati regionalni odjel socijalnih službi koji koristi senzore za pomoć starijim osobama, dok bi druga mogla utvrditi je li plaža prenapučena i ponuditi alternative kupcima. U

drugom primjeru, AT&T pokreće uslugu praćenja infrastrukture poput mostova, kolnika i željeznica sa senzorima koji omogućuju LTE radi praćenja strukturnih promjena poput pukotina i nagiba. Sposobnost boljeg razumijevanja grada trebala bi omogućiti planerima promjene i praćenje na koji način je moguće poboljšati život stanovnika. Velike tehnološke tvrtke vide projekte pametnih gradova kao potencijalno ogromno područje, a mnogi uključujući mobilne operatore također se spremaju uključiti.

Svi IoT podaci moraju se prikupljati, čuvati i analizirati. Jedan od načina na koji tvrtke najviše iskorištavaju te podatke je njihovo unošenje u sustave umjetne inteligencije (AI) koji će uzeti te IoT podatke te ih koristiti za predviđanja. Na primjer, Google je postavio AI zadužen za svoj sustav hlađenja podatkovnog centra. AI koristi podatke iz tisuće IoT senzora koji se dovode duboko u neutronske mreže i koji predviđaju kako će različiti izbori utjecati na buduću potrošnju energije. Korištenjem strojnog učenja i AI-ja, Google je uspio poboljšati svoje podatkovne centre te poručio kako bi ista tehnologija mogla pronaći primjenu te imati koristi i u drugim industrijskim okruženjima.

Kako cijena senzora i komunikacija i dalje pada postaje isplativije dodati još uređaja u IoT, čak i ako u nekim slučajevima potrošači imaju male očite koristi. Uvođenje je u ranoj fazi te većina tvrtki koje se bave IoT projektima trenutno su u probnoj fazi, najvećim djelom zato što su potrebne nove tehnologije – senzorska tehnologija te 5G i analitika zasnovana na strojnom učenju. Kako se broj povezanih uređaja i dalje povećava, naše životno i radno okruženje postat će ispunjeno pametnim proizvodima, pod pretpostavkom da smo spremni prihvatiti mjere zaštite i privatnosti. Neki će dočekati novu eru pametnih stvari, dok će drugi žaliti za danima kad je stolica bila jednostavno stolica.

4.1 Sigurnosni zahtjevi u Industriji 4.0

Sigurnost je jedan od najvećih izazova Industrije 4.0. Sensori koji prikupljaju informacije u mnogim slučajevima skupljaju izuzetno osjetljive podatke – na primjer, ono što govorite i radite u vlastitom domu. Čuvanje sigurnosti je ključno za povjerenje potrošača, iako je do sad sigurnosni put IoT-a bio izuzetno loš. Previše IoT uređaja malo razmišlja o osnovama sigurnosti, poput šifriranja podataka u pokretu i u mirovanju.

Nedostatci softvera otkrivaju se redovito, ali mnogim IoT uređajima nedostaje mogućnost nadogradnje na verziju s riješenim problemima, što znači da su u stalnoj opasnosti. Hakeri sada aktivno ciljaju IoT uređaje kao što su usmjerivači i web kamere, jer im poseban nedostatak sigurnosti olakšava pristup. Nedostatci su uklonjeni sa uređaja pametnih kuća poput hladnjaka, pećnica i perilica posuđa. Istraživači su pronašli 100 000 web kamera koje se mogu lako hakirati, dok su neki pametni satovi povezani s internetom te namijenjeni za djecu sadržavali sigurnosne ranjivosti koje omogućuju hakerima da prate lokaciju korisnika, prisluškuju razgovore ili čak komuniciraju s korisnikom. Vladi raste zabrinutost o spomenutim rizicima. Vlada Velike Britanije objavila je vlastite smjernice kako osigurati potrošačke IoT uređaje. Očekuje se da uređaji imaju jedinstvene lozinke, proizvođači će otvoriti javnu kontaktnu točku kako bi svatko imao mogućnost prijaviti problem ili napad. Proizvođači će također izričito navesti koliko dugo će uređaji dobivati sigurnosna ažuriranja. Kad troškovi izrade pametnih predmeta postanu zanemarlivi ovi problemi postat će rašireniji i puno veći.

Sve ovo vrijedi i u poslu, ali ulozi su neusporedivo veći. Spajanje industrijskih strojeva s IoT mrežama povećava potencijalni rizik hakera koji otkriju i napadnu te uređaje. Industrijska špijunaža ili razorni napad na kritičnu infrastrukturu potencijalni su rizici. To znači kako će te tvrtke morati osigurati da su te mreže izolirane i zaštićene, a potrebno je šifriranje podataka uz sigurnost senzora, pristupnika i drugih komponenti. Trenutno stanje IoT-a čini ga teškim za osigurati, kako i nedostaje dosljedno planiranje IoT sigurnosti u svim organizacijama. Sve to je vrlo zabrinjavajuće s obzirom na dokumentiranu spremnost hakera da diraju u industrijske sustave koji su povezani s internetom, ali su ostali nezaštićeni.

IoT premošćuje prazninu između digitalnog i fizičkog svijeta, što znači da hakiranje uređaja može imati ozbiljne posljedice u stvarnom/fizičkom svijetu. Prodiranje u senzore koji kontroliraju temperaturu u elektrani moglo bi navesti operatora na donošenje katastrofalne odluke, kao što bi i preuzimanje kontrole nad automobilom bez vozača također moglo završiti katastrofom.

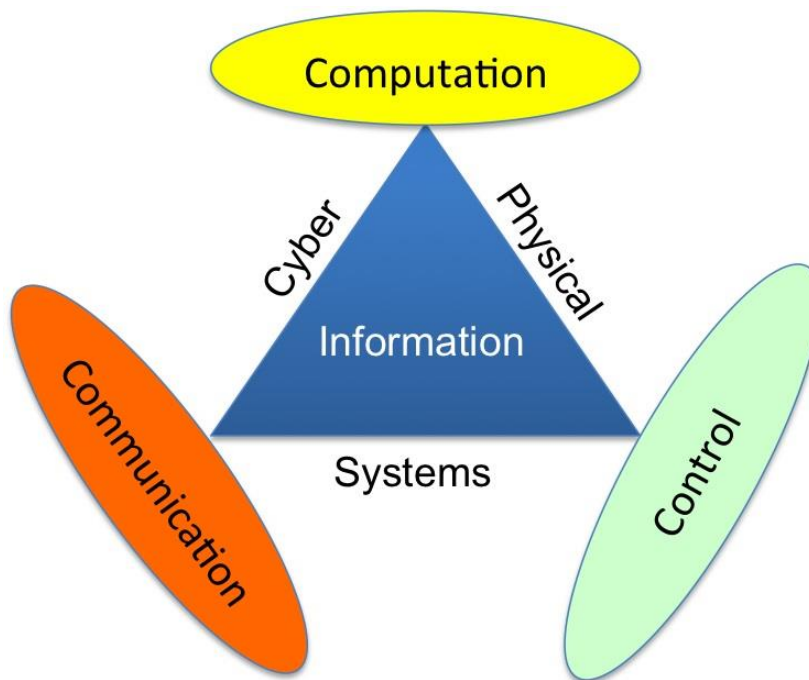
Uz sve senzore koji skupljaju podatke o svemu što radite, IoT je potencijalno velika „glavobolja“ privatnosti i sigurnosti. Uzmimo na primjer pametnu kuću, ona zna kada se probudite (kada je aktivan pametni aparat za kavu), i koliko dobro perete svoje zube (zahvaljujući pametnoj četkici za zube), koju radio stanicu slušate (zahvaljujući pametnom zvučniku), kakvu vrstu hrane jedete (zahvaljujući pametnoj pećnici ili hladnjaku), što vaša

djeca misle (zahvaljujući njihovim pametnim igračkama), i tko vas posjećuje te tko prolazi pored vaše kuće (zahvaljujući pametnom zvonu na vratima). Iako će tvrtke zaraditi od prodaje pametnih objekata, pretpostavlja se kako će njihov IoT poslovni model također uključivati prodaju barem nekih podataka.

Važno je zapamtiti da se IoT podaci mogu kombinirati s drugim bitovima podataka kako bi se stvorila iznenađujuće detaljna slika o vama. Iznenađujuće je lako saznati puno o nekoj osobi iz samo nekoliko različitih očitavanja senzora. U jednom projektu, istraživač je otkrio da analizom podataka u kojima se planira samo potrošnja energije, razine ugljičnog monoksida i ugljičnog dioksida, temperature i vlage tijekom dana je moguće utvrditi što netko ima za večeru.

5. CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Prava vrijednost IoT-a za proizvođače bit će u analitikama koje proizlaze iz CPS (cyber-physical systems) modela strojeva i sustava. Prije nekoliko desetljeća pametni su uređaji bili prisutni samo u znanstveno-fantastičnim filmovima. No brz napredak tehnologije učinio je praktičnim povezivanje senzora i fizičke imovine putem interneta. Sada smo napredovali do IoT-a gdje su ugrađeni senzori zaduženi za prikupljanje podataka sa sve više različite fizičke imovine te se pojavljuje problem gdje ovaj postupak stvara ogromnu količinu podataka. Očito je kako nastaju izazovi kako upravljati podacima koje generira IoT. Posljednjih godina pojavili su se pojmovi i definicije koji pomažu u označavanju i organiziranju nedostataka te daju mapu puta za budući razvoj. Među tim pojmovima, CPS privukao je veliku pozornost. Pojam cyber-physical systems (CPS) obično se odnosi na sustave suradničkih računalnih elemenata koji upravljaju fizičkim entitetima, uglavnom pomoću povratnih informacija od senzora koje nadziru. Sličnosti korištenja umrežavanja, interneta i senzora u definicijama IoT i CPS mogu dovesti do pitanja da li su ova dva pojma različite definicije istog koncepta. No iako postoje sličnosti, CPS nije ista star kao IoT. IoT se temelji na vezama između fizičkih sredstava putem kojih se podaci mogu prenijeti. Povezivanje je omogućeno sigurnom implementacijom računalnih mreža, interneta i komunikacijskih protokola. Ta se komunikacija temelji na uobičajenim internetskim protokolima ili namjenskim protokolima kao što je MTConnect. No usprkos povezanosti, IoT paradigma ne uključuje ideju informacijskih sustava ili analitike. S druge strane, CPS se temelji na povezanosti, ali imaju složenu analitiku. Složeni zaključak u CPS odvija se kroz centralizirani analitički centar gdje znanje proizlazi iz sirovih podataka. Na temelju saznanja iz podataka, kontrolne naredbe se šalju na fizičku imovinu. Sve u svemu, IoT je moguće interpretirati kao infrastrukturu koja omogućuje CPS.



Slika 5.1 Jednostavna shema vizualno prikazuje CPS [15]

Utjecaj IoT i CPS na industriju bit će značajan. Danas većina industrijskih postrojenja koja koriste IoT i CPS koncepte ne čine mnogo više od ugrađivanja senzora u proizvodnu opremu ili eventualno označavaju proizvode RFID oznakama. Podaci koji dolaze s ovih uređaja podvrgavaju se relativno maloj analizi [3]. Ovo sve je samo početni korak. Prava vrijednost u tim sustavima dolazi iz korištenja informacijskih sustava za analizu podataka IoT, zatim korištenja informacija koje rezultiraju donošenjem informiranim odlukama. Na primjer, podaci ugrađenih senzora u proizvodnu opremu mogu se upotrijebiti za predviđanje trošenja opreme ili dijagnosticiranje mogućih kvarova. Pokazano je da ova analitika može pomoći smanjiti troškove održavanja za gotovo 40%. Izvođenje takve analize podataka koje pruža IoT zadatak je CPS koji poboljšava rad proizvodnih tvrtki. Znanstvenici za podatke definirali su arhitekturu koja je na pet nivoa za zadatke uključene u CPS koji radi u proizvodnji. Vizualizacija arhitekture je u obliku piramide koja predstavlja način na koji se podaci koji prelaze na više razine smanjuju u veličini dok vrijednost podataka raste.

Razine se odvijaju na sljedeći način:

1. Connection: na razini veze prikupljaju se podaci koje generiraju povezani strojevi, alati i proizvodi kako bi ih mogli gurnuti prema gore kroz sljedeće razine.
2. Conversion: ova razina pretvara podatke u informacije koristeći algoritme koji se temelje na aplikaciji. Na primjer, razmotrite sirove podatke o vibracijama alatnog stroja na proizvodnoj liniji. Sirovi podaci ne sadrže znanje o ispravnosti i stanju stroja. No, algoritmi za procjenu ispravnosti mogu izdvojiti relevantne značajke i upotrebljavati ih za stjecanje znanja o statusu stroja.
3. Cyber: cyber razina prima obrađene informacije s donje razine i koristi ih za stvaranje dodatne vrijednosti. Ova razina djeluje kao središte informacija i obavlja složenu analizu. Na primjer, na cyber razini može se upravljati sofisticiranim analitičkim metodama temeljenim na floti. Oni uspoređuju sličnu imovinu u floti ili grupi (kao što su posebne vrste proizvodnih strojeva u jednom pogonu). Može pokrenuti algoritme dubokog učenja za prepoznavanje obrazaca u velikom skupu podataka o floti. Sustavi preporuka, posebni algoritmi koji nastoje predvidjeti „ocjenu“ ili „sklonost“ za stavku, mogu preporučiti najbolji način korištenja svake pojedinačne stavke. Može se činiti kao da „cyber“ i „conversion“ čine slične zadatke. Glavna razlika između ova dva je opseg ulaznih informacija i cilj algoritama. Razina „conversion“ je više usmjerena na pojedinačne resurse, dok „cyber“ razina koristi podatke iz cijelog sustava kako bi se dobilo dodatno znanje. Analizu razine „conversion“ moguće je izvesti lokalno, recimo na pojedinim senzorskim čvorovima. Metode na razini „cyber“ odvijaju se na čvorištu za računanje kao što je oblak.

4. Cognition: kognitivna razina može biti u mogućnosti pretvoriti signale stroja u zdravstvene podatke i usporediti te podatke s drugim njegovim primjerima. Na razini spoznaje, stroj treba iskoristiti internetsko nadgledanje kako bi dijagnosticirao vlastite potencijalne pogreške i unaprijed bio svjestan svoje potencijalne degradacije o bilo kojim očitim znakovima problema. Na temelju prilagodljivog učenja iz povijesnih zdravstvenih procjena, sustav tada može upotrebljavati posebne algoritme predviđanja da predvidi potencijalni neuspjeh i procijeniti vrijeme za postizanje određenih kvarova.

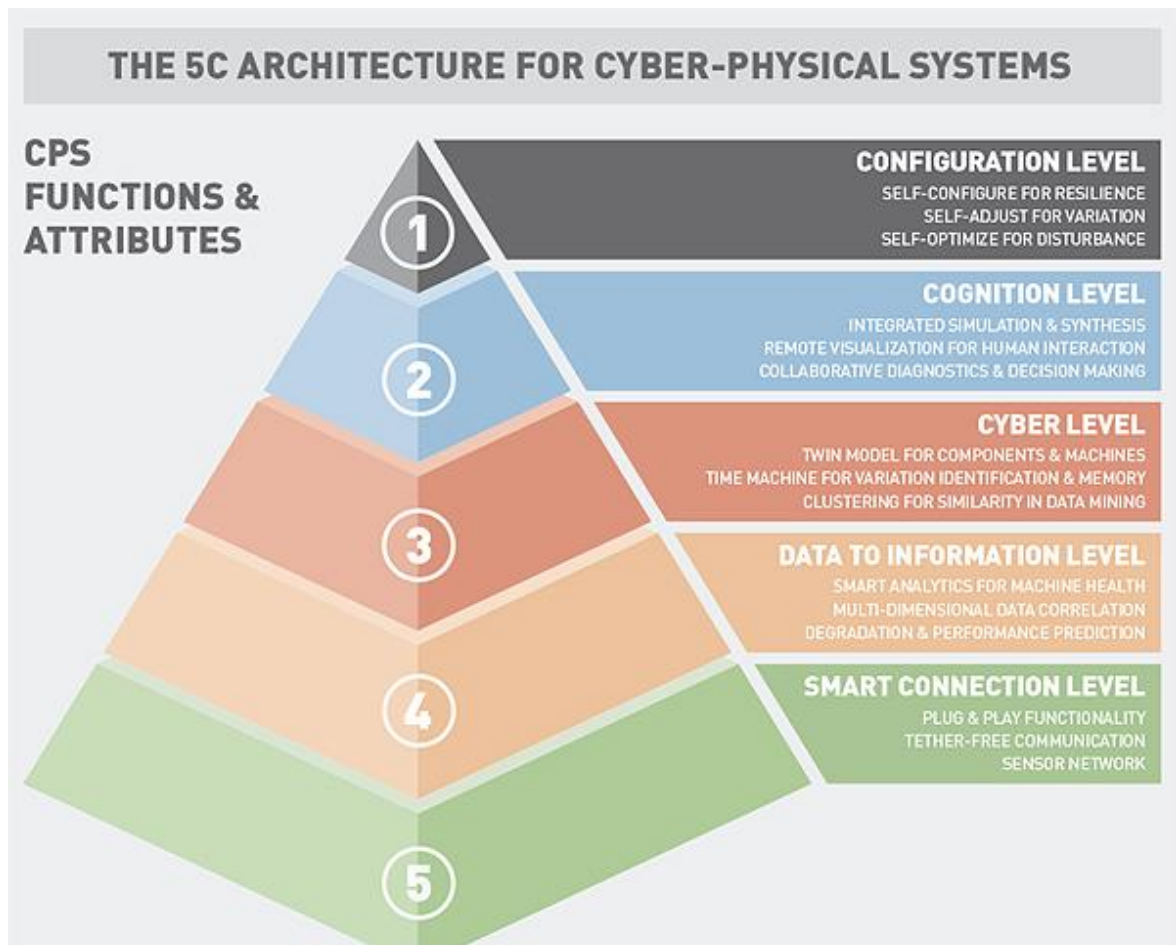
5. Configuration: stroj koji može pratiti vlastito zdravlje može rano otkriti kvarove i slati podatke o nadzoru zdravlja na razinu rada. Te informaciju o održavanju mogu poslužiti kao povratna informacija za sustave poslovnog upravljanja. Operatori i upravitelji tvornica mogu ga koristiti za donošenje utemeljenih odluka. Istovremeno, sam stroj može prilagoditi svoje radno opterećenje ili proizvodni plan kako bi smanjio vrijeme kvara zbog oštećenja stroja. Opći cilj ovih mjera je stvaranje otpornog sustava koji će se moći obraniti od poteškoća promjenom vlastitog ponašanja i sprječavanjem kaskadnih neuspjeha koji bi u suprotnom poremetili radne operacije.

Struktura 5C može se primijeniti na različite razine industrijskog koncerna, uključujući komponente, strojeve, flote i poduzeća. Svaka razina koristi različitu analitiku za generiranje korisnih informacija iz neobrađenih podataka i generiranje korisnih znanja o sustavu. Sveukupni pristup je da gornje razine hijerarhije koriste analitičke metode za objedinjavanje podataka s nižih razina dok istovremeno prenose važne informacije natrag hijerarhijski.

Znanstvenici za proučavanje podataka zamislili su arhitekturu koja se sastoji od pet slojeva kako bi prikazali na koji način se CPS provodi u industrijskim okruženjima.

Smisao piramide je u tome što niže razine prikupljaju podatke koji se analiziraju i kondenziraju na svakoj gornjoj razini.

Tako su informacije „hranjene“ odnosno nadopunjene na svakoj višoj razini vrijednije od informacija koje dolaze u donju razinu.



Slika 5.2 5C arhitektura za CPS [16]

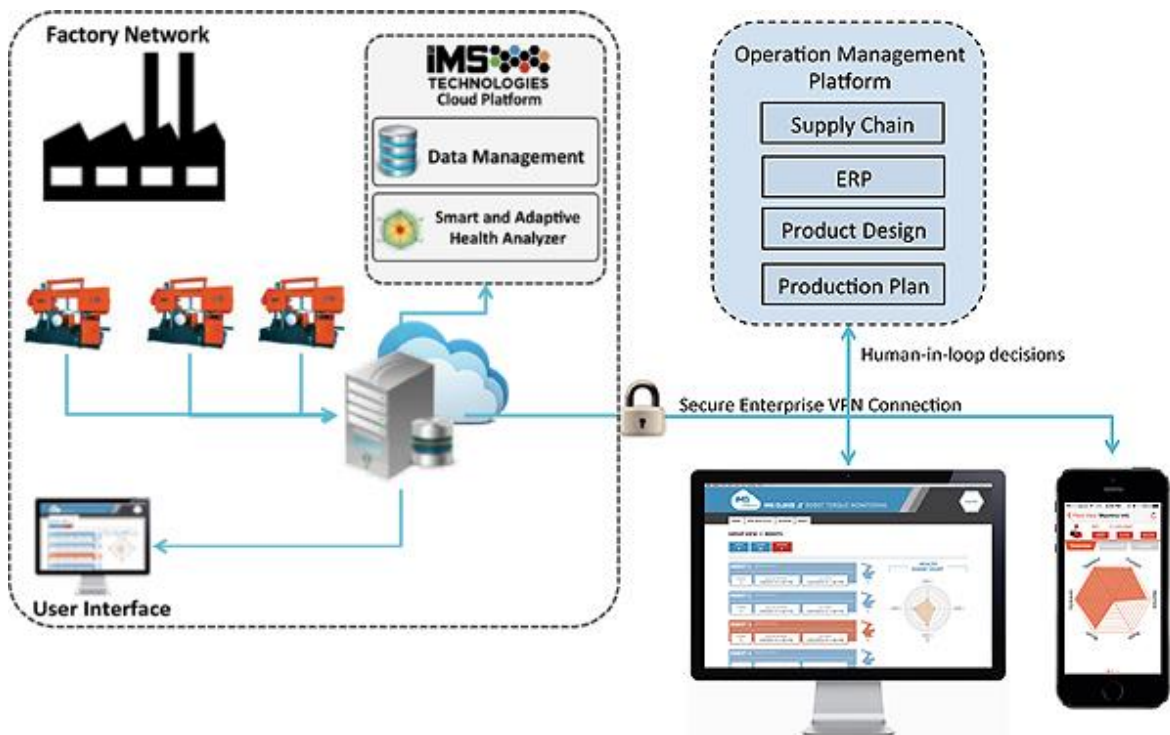
Razina komponenata (Component level) je najdetaljnija razina arhitekture 5C. Postoji virtualni blizanac stroja koji postoji u „cyber“ prostoru na ovoj razini. Virtualni blizanci modeliraju kritične komponente svakog stroja. Ovi blizanci (u daljnjem tekstu avatari) djeluju paralelno s fizičkom komponentom, ali s ogromnom razlikom jer nisu ograničeni vremenom i lokacijom. Avatari bilježe značajne promjene u zdravstvenom stanju svako komponente. Nakon što fizička komponenta počne propadati, avatari počinju snimati životni

vijek sljedeće komponente. Uz to, virtualni blizanci postoje u oblaku. Tako mogu komunicirati s drugim komponentama blizancima koji su geografski daleko. Takvi modeli bilježe životni vijek komponenata podvrgnutih različitim razinama naprežanja koje djeluju u različitim režimima rada. Ovo je jedan od mehanizama kroz koji će sustav sreći svoju svijest.

Strojna razina (Machine level) je razina koja uključuje znanje generirano na razini komponente u kombinaciji s poviješću rada stroja, postavkama sustava i tako dalje, kako bi se stvorio avatar za svaki stroj. Avatari sličnih strojeva uspoređuju se međusobno kao način prepoznavanja strojeva niske performanse bez obzira na režim rada.

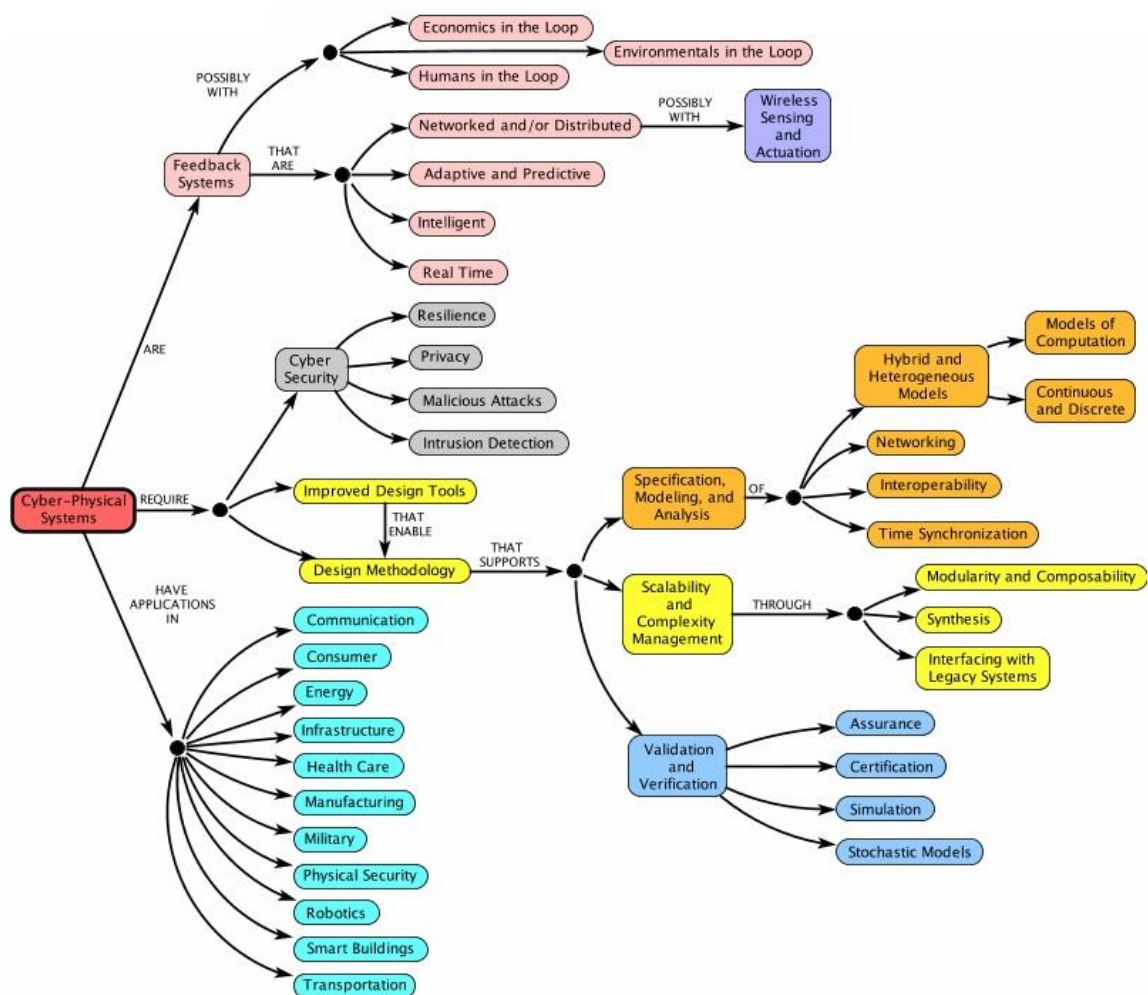
Razina flote (Fleet level), činjenica da virtualni modeli nisu ograničeni s vremenom i lokacijom donosi priliku za primjenu metoda za promjenu proizvodnog toka kao odgovor na promjenjive uvjete. Na primjer, moguće je optimizirati način na koji strojevi u floti upravljaju proizvodnim radom koristeći povijesne podatke o performansama stroja i status sastavnih dijelova s razine komponenata i stroja. Ova se metoda može koristiti za produljenje životnog vijeka svih komponenti, istodobno održavajući razinu proizvodnje i kvalitete u njihovim najboljim točkama. Sveukupni rezultat je sustav koji se samoodržava i samokonfigurira.

Poduzetnička razina (Enterprise level) je najviša razina koja objedinjuje rezultate prethodnih razina kako bi se stvorilo izvješće s najboljim karakteristikama. Ova razina također može uključiti metode optimizacije temeljene na potrebama poduzeća. Na primjer, određena poduzeća mogu smatrati izvedivim izmijeniti stopu proizvodnje u jednom ili više postrojenja na temelju performansi flote, a da pritom zadrže jednaku ukupnu stopu proizvodnje i jednake troškove.



Slika 5.3 prikaz pregleda informacija na oblaku [17]

CPS pohranjuje i održava podatke u oblaku koristeći standardne formate. Upotreba standardnih formata omogućuje programerima izradu interaktivnih web i mobilnih aplikacija za prezentiranje informacija korisnicima na različitim razinama tvrtke. Na primjer, poslovnom rukovoditelju potrebne su informacije o propusnosti, stopi proizvodnje, upravljanju opskrbnim lancima i tako dalje. Možda će ga trebati vidjeti na pametnom telefonu tijekom međunarodnog leta. Suprotno tome inženjer mora vidjeti informacije o upravljanju životnim ciklusom i procjene kvalitete proizvodnje putem web sučelja unutar tvrtke. U jednom slučaju tračne pile, opremljene sensorima, poslužile su kao demonstracija za CPS. Jedinice s tračnim pilama bile su na različitim geografskim lokacijama. Senzori su mjerili vibraciju, akustiku i pritisak. CPS je također prikupio signale kontrolera o faktorima kao što su brzina punjenja i veličina materijala. Industrijska računala na licu mjesta obavila su preliminarnu pretvorbu podatak u informacije. U oblaku su složenije metode zdravstvene analize temeljene na adaptivnoj uporabi procjenjivale su performanse stroja i predviđale habanje u različitim dijelovima stroja. Rezultati analize bili su dostupni putem web i mobilnih aplikacija.



Slika 5.4 koncept upotrebe CPS-a [18]

5.1 Proširena (AR) i virtualna stvarnost (VR)

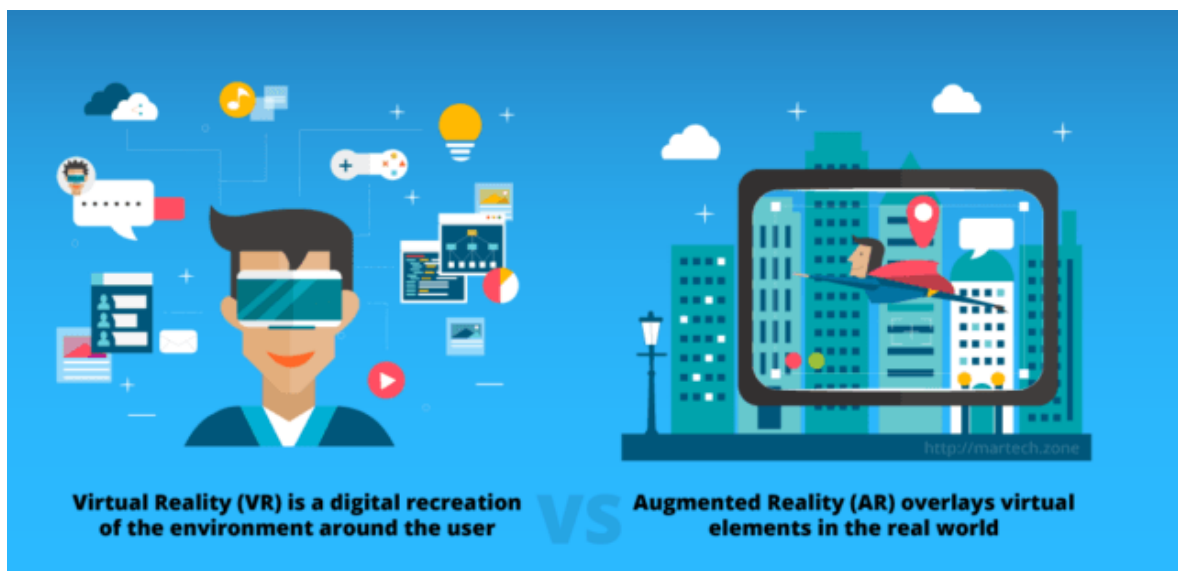
Proširena stvarnost aplikacijama vidljivi svijet prirode preklapa sa slojem digitalnog sadržaja kao pomoćni sustav za održavanje. Pronalazi ndustrijsku primjenu na način da pomaže radniku pri aktivnostima u održavanju, prilikom montaže proizvoda, kod logističkih aktivnosti i „pick by vision“ uz pomoć pametnih naočala.

Virtualna realnost je vrlo korisna jer postavlja korisnika na potpuno različitu lokaciju te kompletno maskira prirodno okruženje korisnika. Virtualno planiranje, dizajn, analiza, testiranje i validacija proizvoda primjenom matematičkog modela, identifikacija problema za vrijeme razvoja proizvoda. Dovoljno precizan prikaz podataka procesa iz proizvodnje, razvoja i drugih bliskih sektora. Otvara se mogućnost za simulaciju proizvodnog lanca prije samog početka istog, kao i detaljna analiza mogućih grešaka ili problema prije početka proizvodnje. Znatno smanjuje troškove zbog izbjegavanja skupih testiranja zbog analize virtualnih grešaka.

Radniku se pomaže pružanjem dodatnih informacija putem računala, pomoć oko izvršenja fizičkog rada i mogućnost fokusiranja na radni zadatak. Ovladavanje proizvodnjom sa više varijanti uz izbjegavanje „otpada“ izazvanog traženjem informacija.

Tehnologije za primjenu:

- Mobilni uređaji (tableti, pametni telefoni, pametni sat)
- Monitori na radnom mjestu
- Pametne naočale



Slika 5.5 vizualni prikaz AR i VR [17]

6. PAMETNA TVORNICA

Povezivanje unutar procesa proizvodnje nije novost. No, nedavni trendovi poput porasta četvrte industrijske revolucije, Industrije 4.0 i konvergencije digitalnog i fizičkog svijeta, uključujući informacijsku tehnologiju (IT) i operativnu tehnologiju (OT), učinili su transformaciju opskrbnog lanca sve više rastućom. Prelazak s linearnih, uzastopnih operacija lanca opskrbe na međusobno povezani, otvoreni sustav operacijske opskrbe (poznat kao digitalna opskrbna mreža) mogao bi postaviti temelje za to kako će se tvrtke natjecati u budućnosti. Da bi u potpunosti ostvarili digitalnu opskrbu mrežu, proizvođači će vjerojatno morati otključati još nekoliko mogućnosti kao što su horizontalna integracija kroz mnoštvo operativnih sustava koji pokreću organizaciju i vertikalna integracija kroz povezane proizvodne sustave te cjelovita integracija kroz cijeli lanac vrijednosti.

Pametna tvornica predstavlja skok naprijed od tradicionalnije automatizacije do potpuno povezanog fleksibilnog sustava, onaj koji može koristiti konstanti tok podataka iz povezanih operativnih i proizvodnih sustava za učenje i prilagođavanje novim zahtjevima. Prava pametna tvornica može integrirati podatke od fizičkih, operativnih i ljudskih resursa na cijelom sustavu do pokretanja proizvodnje, održavanja, praćenja zaliha, digitalizacije poslovanja putem digitalnog blizanca i drugih vrsta aktivnosti u cijeloj proizvodnoj mreži. Rezultat toga može biti učinkovitiji i agilniji sustav, manje zastoja u proizvodnji i veća sposobnost predviđanja i prilagođavanja promjenama u pogonu ili široj mreži što može dovesti do boljeg pozicioniranja na konkurentnom tržištu.

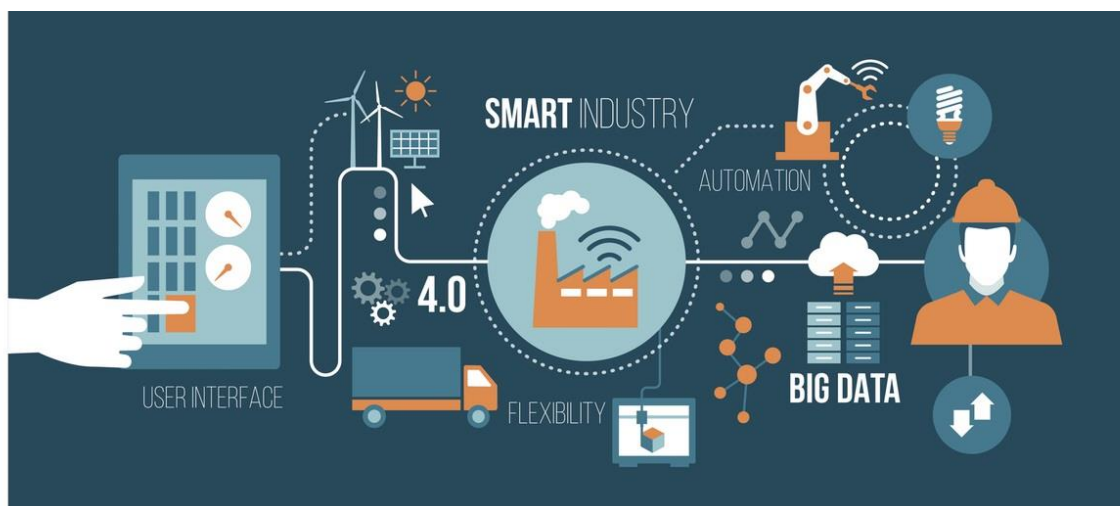
Mnogi proizvođači već koriste komponente pametne tvornice u područjima kao što su napredno planiranje i raspoređivanje koristeći podatke o proizvodnji i zalihama u stvarnom vremenu ili proširenu stvarnost za održavanje. Ali prava pametna tvornica je nastojanje, koje se kreće izvan prostora trgovine prema utjecaju na poduzeće i širi ekosustav. Pametna tvornica sastavni je dio šire digitalne opskrbne mreže i ima više strana koje proizvođači mogu iskoristiti kako bi se učinkovitije prilagodili promjenjivom tržištu. Koncept usvajanja i implementacije pametnog tvorničkog rješenja može se činiti kompliciranim, čak i nepremostivim. Međutim, brze promjene tehnologije i trendovi učinili su pomak prema fleksibilnijem, prilagodljivom proizvodnom sustavom gotovo imperativom za proizvođače koji žele ili ostati konkurentni ili poremetiti svoju konkurenciju. Ako razmislimo o velikim

problemima i razmotrimo mogućnosti, počevši od malih dijelova s upravljivim komponentama i brzog skaliranja kako bi unaprijedili poslovanje, mogu se ostvariti obećanja i prednosti pametne tvornice. Daljnje u ovom radu je definiran i opisan koncept pametne tvornice [4]:

- O čemu se radi, o njenim ključnim osobinama i trendovima koji su pridonijeli njenom usponu
- Komponente i tehnologije koje čine pametnu tvornicu i kako se uklapa u digitalnu mrežnu opskrbnu mrežu
- Kako pametna tvornica može nositi vrijednost i ostale njezine prednosti
- Načini organizacija mogu započeti izgradnju i uspostavljanje prave pametne tvornice

Automatizacija je do određene mjere uvijek bila dio tvornice, pa čak i visoki stupanj automatizacije nije ništa novo. No, pojam automatizacije sugerira izvođenje pojedinačnog, diskretnog zadatka ili procesa. Povijesno, situacije u kojima su strojevi donijeli „odluke“ temeljile su se na automatizaciji i linearno, poput otvaranja ventila ili uključivanja i isključivanja crpke na temelju definiranog skupa pravila. Primjenom umjetne inteligencije (AI) i sve većom sofisticiranošću cyberfizičkih sustava koji mogu kombinirati fizičke strojeve i poslovne procese, automatizacija sve više uključuje složene odluke za optimizaciju koje ljudi obično donose. Napokon, a možda i najvažnije, i pojam „pametna tvornica“ predlaže integraciju odluka i uvida u trgovine i ostatak lanca opskrbe i šireg poduzeća kroz međusobno povezan IT/OT krajolik. Ovo može temeljito promijeniti proizvodne procese i poboljšati odnose s dobavljačima i kupcima. Kroz ovaj opis postaje jasno da pametne tvornice nadilaze jednostavnu automatizaciju. Pametna tvornica fleksibilan je sustav koji može sam optimizirati performanse preko šire mreže, samostalno se prilagođavati i učiti uz novih uvjeta u stvarnom ili blizu stvarnom vremenu te autonomno pokrenuti čitave proizvodne procese. Pametne tvornice mogu raditi unutar četiri zida, ali one se također mogu povezati na globalnu mrežu sličnih proizvodnih sustava, pa čak i šire na digitalnu opskrbnu mrežu. Važno je, međutim, napomenuti da se pametna tvornica kako je definirano i opisano

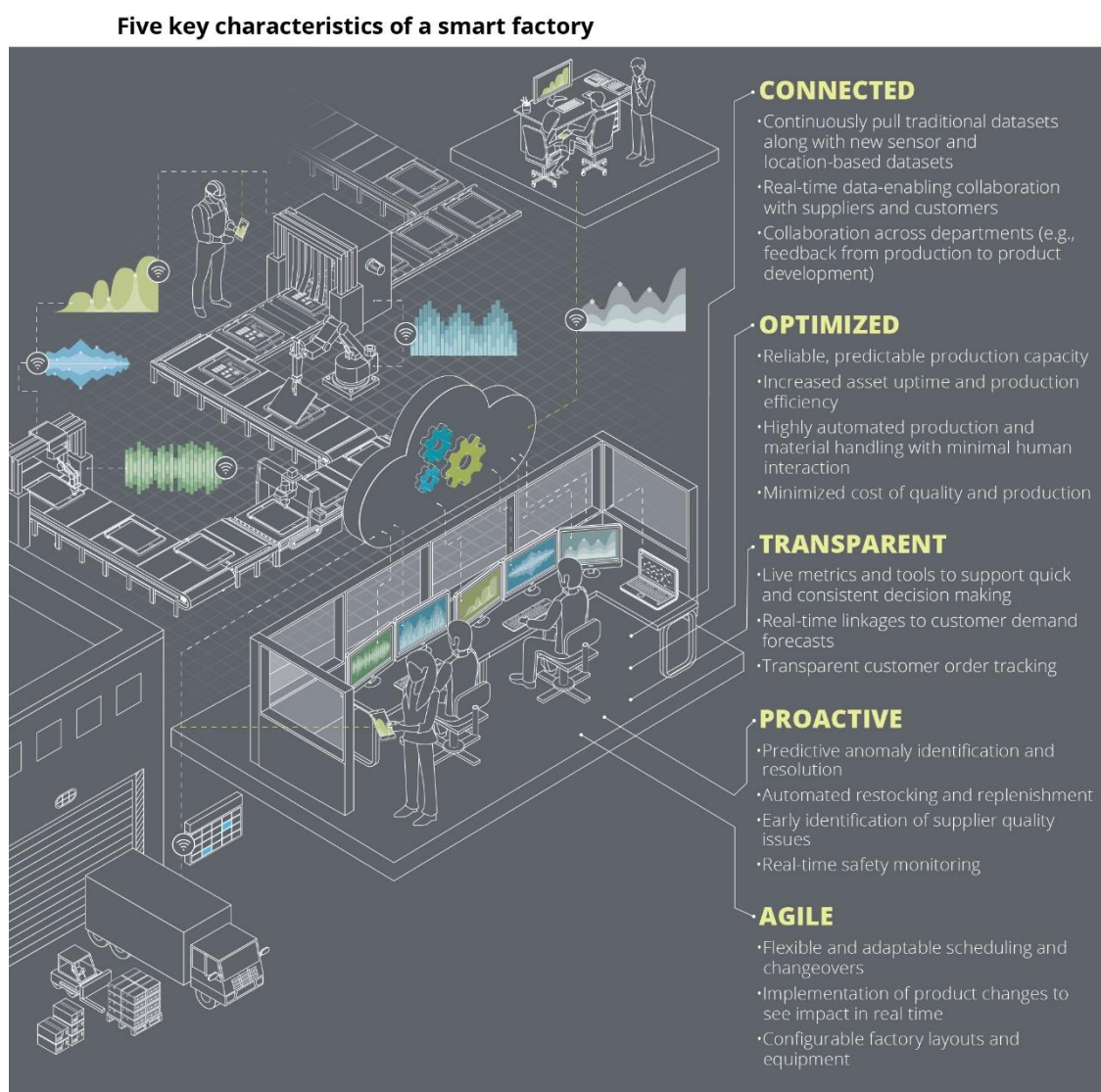
u ovom radu ne smije smatrati krajnjim stanjem, s obzirom na brzi tempo tehnološkog razvoja. Umjesto toga, predstavlja neprekidnu evoluciju, neprekidni put ka izgradnji i održavanju fleksibilnog sustava učenja, a ne po principu „jednom i gotovo (one and done)“ kako je bilo do sada u prošlosti. Prava snaga pametne tvornice leži u njejoj sposobnosti da se razvija i raste zajedno s promjenjivim potrebama organizacije - bilo da preusmjeravaju potražnju kupca, širenje na nova tržišta, razvoj novih proizvoda ili usluga, predvidljiviji i prilagodljiviji pristup operacijama i održavanju, uključivanje novih procesa ili tehnologija ili promjene u proizvodnji gotovo u stvarnom vremenu. Zbog snažnijih računalnih i analitičkih mogućnosti- pametne tvornice mogu omogućiti organizacijama da se prilagode promjenama na način koji bi prije bio teško izvediv, ako ne i nemoguć.



Slika 6.1 Shema pametne tvornice [19]

Kako se mnogi proizvođači suočavaju s mnoštvom organizacijskih i ekosistemskih promjena koje vrše pritisak na njihovo poslovanje, pametna tvornica nudi načine na koje može uspješno riješiti neke od tih problema. Mogućnost prilagođavanja i učenja iz podataka u stvarnom vremenu može pametnu tvornicu učiniti odgovornijom, proaktivnijom i prediktivnijom te omogućuje organizaciji da izbjegne zastoje i druge izazove u vezi s produktivnošću. Kao dio svojih napora za implementacijom pametne tvornice tijekom proizvodnje klima uređaja, vodeća elektronička tvrtka koristila je potpuno automatizirani proizvodni sustav, trodimenzionalne skenere, Internet of things (IoT) tehnologije i

integrirano upravljanje strojevima. Prednosti ove automatizacije uključivale su niže vrijeme isporuke za kupce i niže ukupne troškove, zajedno s poboljšanjem proizvodnog kapaciteta za 25 % i 50 % se smanjio broj neispravnih proizvoda. Slikom ćemo prikazati pametnu tvornicu i neke od njenih glavnih značajki kao što su: povezanost, optimizacija, transparentnost, proaktivnost i okretnost. Svaka od ovih značajki može igrati ulogu u donošenju informiranijih odluka i može pomoći organizacijama u poboljšanju proizvodnog procesa. Važno za napomenuti da nijedne dvije pametne tvornice neće izgledati isto, a proizvođači mogu dati prednost raznim područjima i značajkama najrelevantnijim za njihove specifične potrebe.



Slika 6.2 5 ključnih karakteristika pametne tvornice [20]

Možda je najvažnija značajka pametne tvornice njena povezana priroda, također jedan od njenih najvažnijih izvora vrijednosti. Pametne tvornice zahtijevaju da se povezani procesi i materijali povežu kako bi se generirali podaci potrebni za donošenje odluka u stvarnom vremenu. U zaista pametnoj tvornici imovina je opremljena pametnim sensorima kako bi sustavi mogli neprestano izvlačiti skupove podataka iz novih i tradicionalnih izvora, osiguravajući da se podaci stalno ažuriraju i održavaju trenutna stanja. Integriranje podataka iz operativnih i poslovnih sustava, kao i dobavljača i kupaca, omogućuje cjelovit prikaz procesa uzvodnog i nizvodnog lanca nabave, povećavajući ukupnu učinkovitost opskrbe mreže. Optimizirana pametna tvornica omogućuje izvršavanje operacija uz minimalnu rulnu intervenciju i visoku pouzdanost. Automatizirani tijekovi rada, sinkronizacija imovine, poboljšano praćenje i zakazivanje i optimizirana potrošnja energije svojstvena pametnoj tvornici mogu povećati proizvodnju, vrijeme rada i kvalitetu kao i smanjiti troškove i gubitke. U pametnoj tvornici prikupljeni podaci su transparentni. Vizualizacije podataka u stvarnom vremenu mogu transformirati podatke snimljene procesima i poljem ili proizvodima koji su još uvijek u proizvodnji i pretvoriti ih u djelotvorne uvide bilo za ljude ili za samostalno donošenje odluka. Transparentna mreža može omogućiti bolju preglednost u cijelom objektu i osigurati da organizacija može donositi točnije odluke provođenjem alata kao što su pregledi na temelju uloga, upozorenja i obavijesti u stvarnom vremenu te praćenje i nadzor u stvarnom vremenu.

U proaktivnom sustavu zaposlenici i sustavi mogu predvidjeti i djelovati prije nego što se pojave problemi ili izazovi, a ne jednostavno reagirati na njih nakon što se pojave. Ova značajka može uključivati identifikaciju anomalija, ponovno punjenje i nadopunjavanje zaliha, prepoznavanje i prediktivno rješavanje problema kvalitete i praćenje upozorenja o sigurnosti i održavanju. Sposobnost pametne tvornice da predviđa buduće rezultate na temelju povijesnih podataka i podataka u stvarnom vremenu može unaprijediti produljenje rada, prinos i kvalitetu te spriječiti probleme sigurnosti. Unutar pametne tvornice proizvođači mogu usvojiti procese poput digitalnog blizanca, omogućujući im da digitaliziraju operaciju i nadiđu automatizaciju te integriraju u mogućnosti predviđanja. Agilna fleksibilnost omogućava da se pametna tvornica prilagodi rasporedu i promjenama proizvoda uz minimalne intervencije. Napredne pametne tvornice također mogu samokonfigurirati protok opreme i materijala ovisno o proizvodu koji se proizvodi i zakazati promjene, a zatim vidjeti utjecaj tih promjena u stvarnom vremenu. Uz to, okretnost može

povećati tvorničku produktivnost i prinose minimiziranjem promjena zbog rasporeda ili promjena proizvoda te omogućiti fleksibilno planiranje.

Ove značajke omogućuju proizvođačima veću vidljivost kroz njihovu imovinu i sustave i omogućuju im da se snađu u nekim izazovima s kojima se susreći tradicionalne tvorničke strukture, što u konačnici dovodi do poboljšane produktivnosti i veće reakcije na fluktuacije u uvjetima dobavljača i kupca. Na primjer, tvrtka za odjeći, pribor i obuću istražuje načine rješavanja nekih izazova s kojima se proizvođači obično suočavaju, uključujući globalnu fragmentaciju proizvodnje i brzo mijenjanje potražnje izgradnje, izgradnjom jedne nove pametne tvornice u Europi, jedne u Sjevernoj Americi. Tradicionalne tvornice i lanci opskrbe mogu se suočiti s izazovima u korak s promjenama mode. Smještene blizu točke potražnje kupaca, nove pametne tvornice mogu se bolje prilagoditi novim trendovima i omogućiti da cipele brže dođu do kupaca, procjena manja od tjedan dana u usporedbi s dva do tri mjeseca s tradicionalnim tvornicama. Obje pametne tvornice koristit će više digitalnih i fizičkih tehnologija, uključujući digitalne blizance, digitalni dizajn, strojeve za proizvodnju aditiva i autonomne robote. Tvrtka planira koristiti lekcije naučene iz dviju početnih pametnih tvornica jer se preusmjeravaju na više pogona u drugim regijama, poput Azije. Odluka o tome kako započeti ili proširiti tvorničku inicijativu treba uskladiti sa specifičnim potrebama organizacije. Razlozi zbog kojih se tvrtke pokreću ili šire na put pametne tvornice često su različiti i ne mogu se lako generalizirati. Međutim, pametno tvorničko putovanje uglavnom se bavi tako širokim kategorijama kao što su učinkovitost imovine, kvaliteta, troškovi, sigurnost i održivost. Te kategorije, između ostalog, mogu donijeti koristi koje u konačnici rezultiraju povećanom brzinom na tržištu, poboljšana sposobnost za hvatanje udjela na tržištu i bolju profitabilnost, kvalitetu proizvoda i stabilnost radne snage. Bez obzira na poslovne pokretače, sposobnost dokazivanja kako ulaganje u pametnu tvornicu daje vrijednost važna je za usvajanje inkrementalna ulaganja potrebna za održavanje pametnog tvorničkog puta.

Prednosti pametne tvornice [4]:

- Svaki aspekt pametne tvornice generira podatke koji kontinuiranom analizom otkrivaju probleme s imovinom koji mogu zahtijevati neku vrstu korektivne optimizacije. Doista, takva samo-korekcija razlikuje pametnu tvornicu od tradicionalne automatizacije, što može donijeti veću ukupnu učinkovitost imovine,

jednu od najvažnijih prednosti pametne tvornice. Učinkovitost imovine bi se trebala pretvoriti u manje vrijeme zaostajanja imovine, optimizirani kapacitet i skraćeno vrijeme promjene, između ostalih potencijalnih prednosti.

- Samo-optimizacija koja je karakteristična za pametnu tvornicu može predvidjeti i otkriti trendove oštećenja u kvaliteti što prije i može pomoći u prepoznavanju diskretnih uzroka loše kvalitete ljudi, strojeva ili okoliša. To bi moglo smanjiti stopu otpada i vrijeme trajanja, povećati stopu punjenja i prinose. Optimiziraniji postupak kvalitete mogao bi dovesti do kvalitetnijeg proizvoda s manje oštećenja i opoziva.
- Optimizirani procesi tradicionalno vode do ekonomičnijih procesa – onih sa predvidljivijim zahtjevima zaliha, učinkovitijim odlukama o zapošljavanju i osoblju, kao i smanjenom varijabilnošću procesa i poslovanja. Proces bolje kvalitete također može značiti integrirani prikaz opskrbe mreže s brzim, transparentnim odgovorima na potrebe snabdijevanja, a time dodatno sniziti troškove. Budući da kvalitetniji postupak također može značiti kvalitetniji proizvod, može značiti i manje troškove jamstva i održavanja.
- Pametna tvornica također može pružiti stvarne prednosti u radu i ekološkoj održivosti. Vrste operativne učinkovitosti koje pametna tvornica može pružiti mogu rezultirati manjim tragom na okolišu od uobičajenog proizvodnog postupka, s većim ukupnim koeficijentom očuvanja okoliša. Veća anomalija procesa može osigurati manji prostor za ljudske pogreške, uključujući industrijske nesreće koje uzrokuju ozljede. Relativna samodostatnost pametne tvornice vjerojatno će zamijeniti određene uloge koje zahtijevaju ponavljajuće i zamorne aktivnosti. Međutim, uloga ljudskog radnika u pametnom tvorničkom okruženju može poprimiti veću razinu prosudbe i diskrecije na licu mjesta, što može dovesti do većeg zadovoljstva poslom i smanjenja prometa.

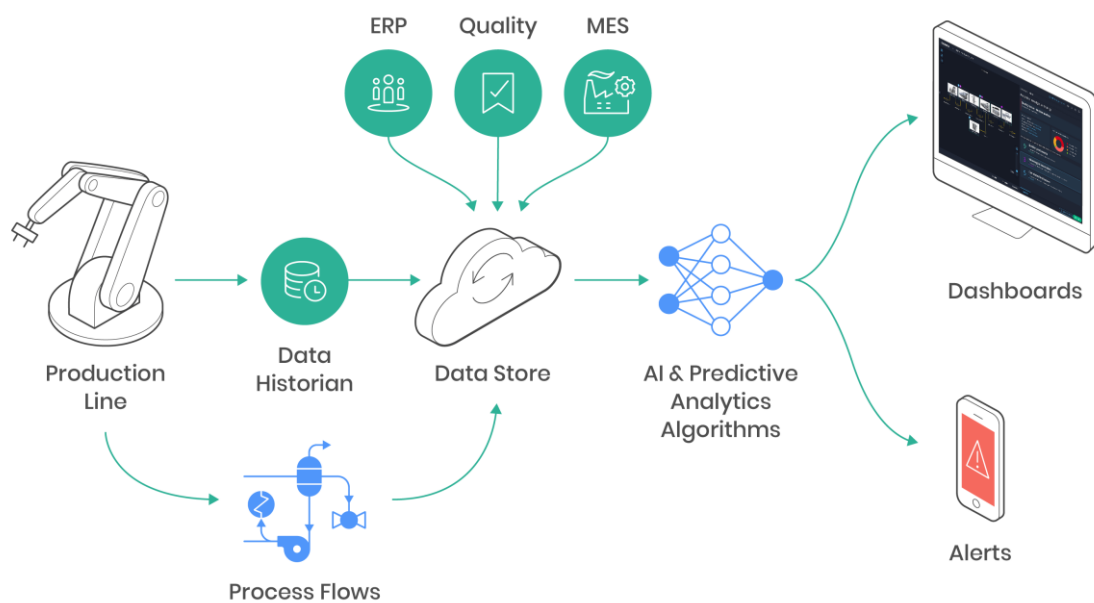
7. ODRŽAVANJE U INDUSTRIJI 4.0

Prediktivno održavanje za industriju 4.0 metoda je sprječavanja pogrešaka imovine analizom proizvodnih podataka radi prepoznavanja obrazaca i predviđanja problema prije nego što se oni pojave. Do sada su rukovoditelji tvornica i rukovoditelji strojeva obavljali redovito održavanje i redovite popravljali dijelove stroja kako bi spriječili zastoje. Pored trošenja nepotrebnih resursa i gubitka produktivnosti, polovina svih preventivnih aktivnosti održavanja je neučinkovita. Stoga ne čudi činjenica da je prediktivno održavanje brzo postalo vodeći slučaj upotrebe industrije 4.0 za proizvođače i upravitelje imovine. Primjena industrijskih IoT tehnologija za nadziranje zdravlja imovine, optimiziranje rasporeda održavanja i dobivanje upozorenja o operativnim rizicima u stvarnom vremenu omogućava proizvođačima niže troškove usluga, maksimiziranje produženog vremena i poboljšanje proizvodnje.

Za prediktivno održavanje industrijskog sredstva potrebne su sljedeće osnovne komponente:

- Senzori – senzori za prikupljanje podataka ugrađeni u fizički proizvod ili stroj.
- Komunikacija podataka – komunikacijski sustav koji omogućava sigurnan protok podataka između nadzirane imovine i središnjeg spremišta podataka.
- Središnja pohrana podataka – središnji centar podataka u kojem se pohranjuju, obrađuju i analiziraju podaci o imovini i poslovni podaci.
- Prediktivna analizika – algoritmi prediktivne analitike primijenjeni na objedinjene podatke kako bi se prepoznali obrasci i stvorili uvidi u obliku nadzornih ploča i upozorenja
- Analiza uzroka uzroka – alati za analizu podataka koji koriste inženjeri za održavanje i procese za istraživanje uvida i određivanje korektivnih radnji koje je potrebno poduzeti

Podaci o proizvodnoj imovini prenose se sa senzora u središnje skladište koristeći industrijske komunikacijske protokole i pristupnike. Poslovni podaci iz ERP (enterprise resource planning) i MES (manufacturing execution system) sustava, zajedno s tijekovima proizvodnih procesa, integrirani su u središnje skladište podataka kako bi se pružio kontekst podacima o proizvodnoj imovini. Zatim se primjenjuju algoritmi prediktivne analitike za pružanje uvida o smanjenju zastoja koji se ispituju pomoću softvera za analizu uzroka.



7.1 Arhitektura prediktivnog održavanja [21]

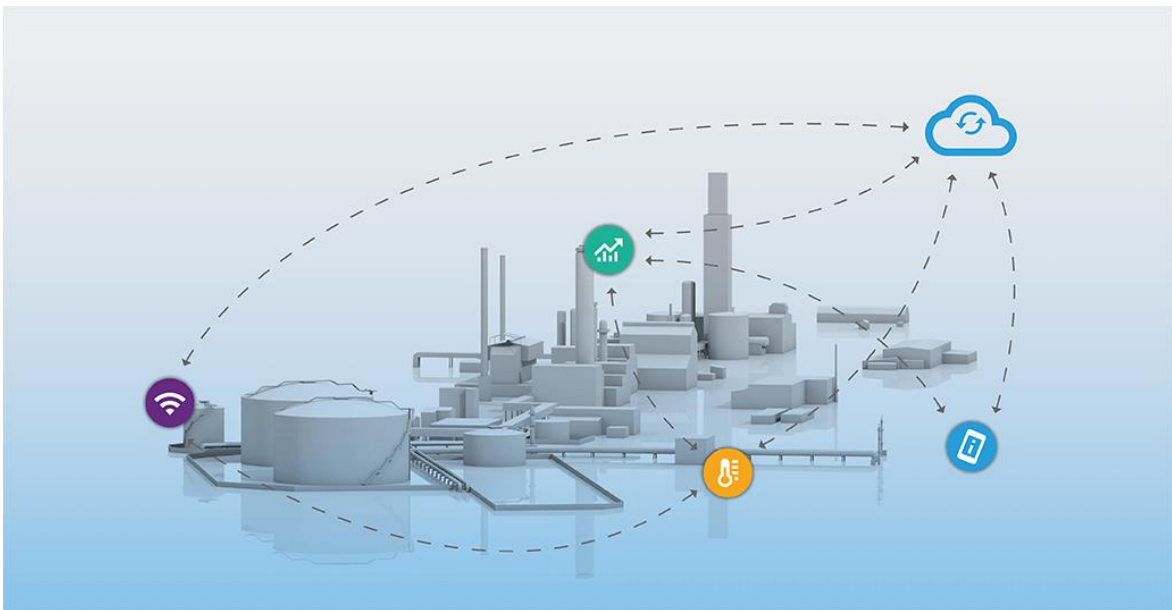
Da bi učinkovito implementirali sustav za predviđanje održavanja proizvođači moraju preslikati parametre kvara za strojebe i stvoriti nacrt za njihov povezani sustav, proizvodna sredstva i senzore, poslovne sustave, komunikacijske protokole, pristupnike, oblak, prediktivnu analizu i vizualizaciju. Koristeći vizualni IoT modelar inženjerski timovi mogu grafički snimiti proizvodne procese u prodavaonici, uključujući protok podataka, nadzorne ploče i logiku sustava s pravilima koja prate i upozoravaju na probleme održavanja. Modelar generira nacrt sustava koji je kritičan za preciznu prediktivnu analitiku. Na podatke stroja i podatke iz nacrta sustava primjenjuju se prediktivne analitike kako bi se predvidjeli uvjeti nadolazećeg kvara. Nadzorna ploča za prediktivnu analitiku sintetizira operativne podatke,

omogućujući inženjerima procesa i održavanja da se bave djelotvornim uvidima u obliku korektivnih radnji.

Proizvođači i njihovi kupci dobivaju niz poslovnih prednosti zahvaljujući prediktivnom održavanju. Prednosti su:

- Skraćeno vrijeme održavanja - - automatska izvješća o planiranju strateškog održavanja i proaktivni popravci samo smanjuju vrijeme održavanja za 20 do 50 posto i smanjuju ukupne troškove održavanja za 5 do 10 posto. Ovi uvidi štede proizvođačima i njihovim kupcima vrijeme i novac.
- Povećana učinkovitost – analitički uvidi poboljšavaju ukupnu učinkovitost opreme smanjujući nepotrebno održavanje, produžuju vijek trajanja imovine i omogućuju analizu uzroka uzroka sustava sustava prije otkrivanja problema.
- Novi tokovi prihoda – proizvođači mogu unovčiti industrijsko prediktivno održavanje nudeći analitički usmjerene usluge za svoje kupce, uključujući upravljanje podacima o proizvodu na nadzornim pločama, optimizirani raspored održavanja ili tehnički otpremni servis prije nego što dijelovi trebaju zamjenu. Mogućnost pružanja digitalnih usluga kupcima na temelju podataka pruža priliku za ponavljajuće tokove prihoda i može biti novi pokretač rasta za tvrtke.
- Poboľjšano zadovoljstvo kupaca – slanje kupcima automatizirana upozorenja kada je potrebno zamijeniti dijelove i prijedlog usluge redovitog održavanja kako bi te povećalo zadovoljstvo i osigurala veća mjera predvidljivosti.
- Konkurentska prednost – prediktivno održavanje jača brendiranje i vrijednost postrojenja za kupce, ralikujući njihove proizvode od konkurencije i omogućujući im kontinuiranu korist na tržištu

Organizacije provode analizu prediktivnog održavanja na razne načine, od ciljanih rješenja za jedan strojni dio, do tvorničkih razmjesta za povećanje ukupne učinkovitosti opreme tijekom proizvodne linije. Za proizvođače strojeva i dijelova relativno čest slučaj korištenja prediktivnog održavanja je nadzor i analiza stanja motora kako bi se dobila upozorenja o njegovoj razini produktivnosti, potrošnji električne energije, njegovom stanju i unutarnjem trošenju. Još jedan moćan slučaj korištenja prediktivnog održavanja je minimiziranje oštećenja u proizvodnji i smanjenje otpada. To se naziva kvalitetom 4.0, takve implementacije mogu predvidjeti kada će broj neispravnih proizvoda vjerojatno premašiti prag i pružiti temeljne uzroke očekivanog neuspjeha. Proizvođači se također okreću prediktivnom održavanju industrije 4.0 ili povezanoj tvornici instaliranjem senzora u stojeve, radne stanice i druga određena mjesta poput zrakovoda, sigurnosnih kamera ili radničke opreme kako bi predvidjeli probleme na cijeloj površini tvornice.



7.1 Povezani sustav tvornice [21]

Jedan od revolucionarnih koncepta je također i koncept proširene stvarnosti (AR) koji dodaje virtualne elemente u korisnikovo vidno polje. Pomoću AR pametnih naočala (ili nekih drugih pametnih uređaja kao što su tableti i pametni telefoni) korisnik može vidjeti što je pred njim, a dodatni elementi su digitalno dodani u stvarnost koju gleda. Mnoge su industrije usvojile proširenu stvarnost kako bi olakšale razvoj i proizvodnju svojih proizvoda. Korištenje proširene stvarnosti može ubrzati ne samo održavanje već i cijeli

proizvodni lanac. U jednoj rečenici, proširena stvarnost integrira trodimenzionalne digitalne elemente u stvarnom vremenu u postojeće okruženje [5].

S industrijskom proširenom stvarnošću vrlo lako je moguće napraviti virtualni stroj, pa čak i čitavu proizvodnu liniju, u praznoj sobi. Moći ćemo vidjeti proizvodnju u radu te ju kontrolirati, također nam omogućuje razmještanje proizvodnih jedinica i testiranje prije nego što uopće postoje.



7.2 Pregled motora uz proširenu stvarnost [22]

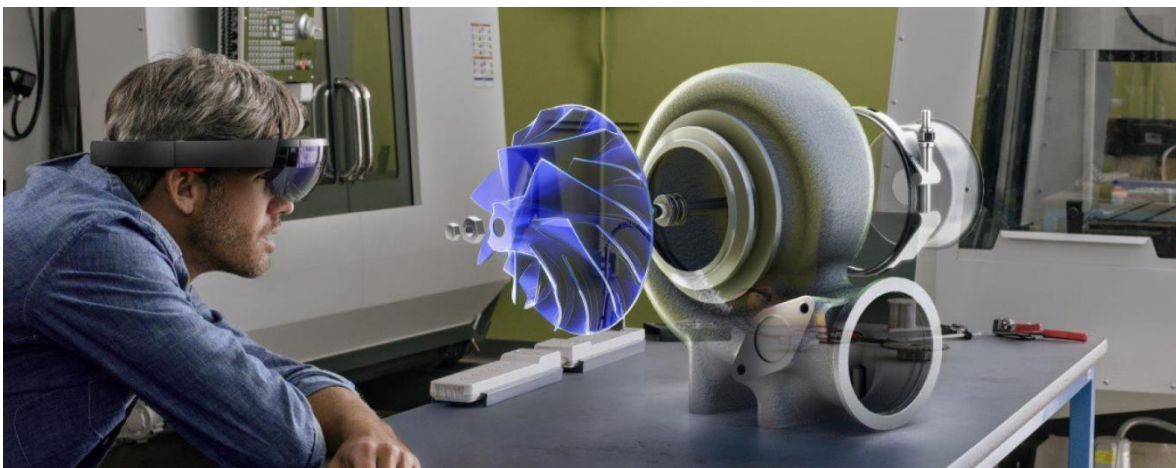
Proširena stvarnosti ima velike prednosti u industriji [5]:

- Brži i sigurniji rad – pomoću industrijske proširene stvarnosti inženjeri će moći poboljšati način svog rada vizualizacijom digitalnih podataka na stvarnom okruženju. Upotreba AR u proizvodnom sektoru omogućava održavanje i produktivnost, nadziranje i kontroliranje tijekom cijelog proizvodnog procesa. Problemi se mogu brzo prepoznati i riješiti u stvarnom vremenu, bez usporavanja proizvodnje.
- Pristup podacima u stvarnom vremenu – u proizvodnim procesima jedan je od glavnih problema pristup točnim i ažurnim podacima. U standardnim

uvjetima da bi pronašli dokumentaciju, inženjeri moraju prekinuti svoj posao, tražiti dijelove i pregledavati bazu podataka. Pomoću industrijskog AR-a mogu se pristupiti bitnim informacijama (zalihama, rokovima isporuke, karakteristikama...) u stvarnom vremenu bez prekida proizvodnog toka.

- Minimiziranje pogrešaka i smanjivanje zastoja u proizvodnji: zastoji u proizvodnji uzrokovani ljudskom greškom ili greškom stroja mogu biti skupi za industrijske tvrtke . Industrijska proširena stvarnost pomaže u prepoznavanju pogrešaka te bržem i učinkovitijem predlaganju rješenja.

Projektiranje i proizvodnja industrijskih strojeva, 3D modeli su izvandredni alati za pregled koji nam omogućuju da budemo sigurni kako su napravljene sve potrebne provjere prije prelaska na konačnu proizvodnju. Možemo provjeriti ispravnost sastavljanja dijelova, prepoznati pogreške u stvaranju prototipova, pregledati gotov industrijski proizvod. Predstavlja se timski rad uz upotreba ovih 3D alata, u industriji olakšava raspodjelu zadataka i raspodjelu posla [5].

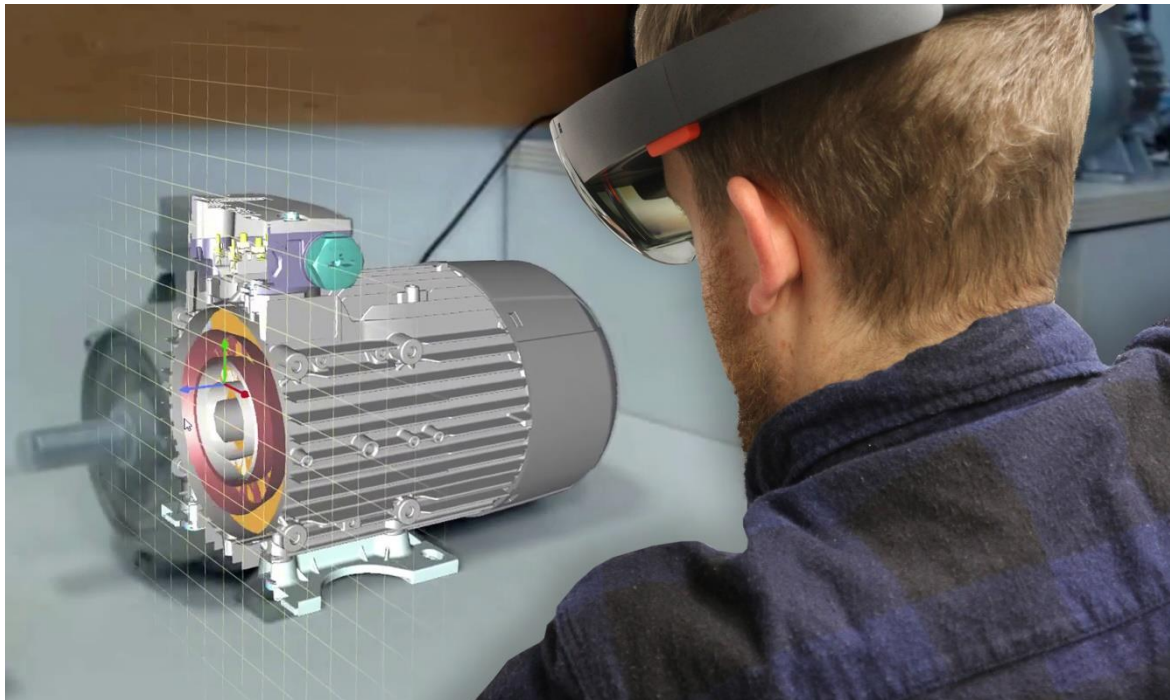


7.3 3D model u AR [23]

Proširena simulacija koja dolazi uz odgovarajuće proračune i modeliranje, 3D simulacija može identificirati industrijsku izvedivost projekta prije razvoja prototipa. Zahvaljujući industrijskoj proširenoj stvarnosti, fizički integritet i funkcionalne karakteristike

nepostojeće komponente mogu se simulirati i prenijeti u stvarni svijet kako bi se potvrdilo da proizvod ispunjava očekivanja.

3D industrijsko održavanje omogućuje sigurnu operaciju održavanja u situaciji kada postoji visoki rizik za zaposlenika. Proširena stvarnost omogućava tehničaru staviti „tehnologiju“ ispred stroja. On se u svom radu vodi informacija koje se pojavljuju digitalno, ovo je preglednost za povećanje sigurnosti i učinkovitosti. Proširena stvarnost nudi prednost na području treninga na način da otvara nekoliko mogućnosti za obuku industrijskih timova. I za sastavljanje i za održavanje, proširena stvarnost omogućuje osposobljavanje, ali i pružanje podrške operaterima u njihovom radu. Zahvaljujući interaktivnosti i uranjanju proširene stvarnosti korisnik bolje razumije proces ili radno okruženje. Proširena stvarnost može snimiti i skriptirati svaku situaciju. Moguće je stvoriti vrlo složene situacije za postavljanje jednostavnih demonstracija, omogućavajući tehničarima da rade prave geste u pravo vrijeme onog dana kada se suoče sa dotičnom situacijom. Također već spomenuti pojam digitalnog blizanca uvelike pomaže kad je riječ o održavanju jer testiramo promjene na njemu, pa tek onda to primjenjujemo na stvarni stroj ili dio kako bismo izbjegli dodatne poteškoće [5].



7.4 Budućnost proširene stvarnosti, digitalni bliznac [24]

8. ZAKLJUČAK

U ovom razdoblju ulazimo u Četvrtu industrijsku revoluciju, naravno da je potrebno još puno istraživanja kako bi se Industrija 4.0 kao takva raširila na sva područja te postala najbolje rješenje no i tome se nadamo u skoroj budućnosti. Pametne tvornice imaju glavnu ulogu u Četvrtoj industrijskoj revoluciji te ona bez njih neće biti moguća. Pametne tvornice bi u budućnosti trebale funkcionirati tako da korisnik pomoću pametnih uređaja iz udobnosti svoga doma razgleda ponude pojedinih proizvođača te da sam naručuje proizvod po svojoj želji, odabire materijal izrade pojedinih proizvoda te mijenja njegove ostale karakteristike uz uvjet da cijena proizvoda ostane približno jednaka te da se vrijeme isporuke skрати. Strojevi će u ovoj priči morati biti efikasniji i samostaljniji nego kad su radili jedne, iste stvari koje su se serijski proizvodile. Uz to proizvodnja mora imati što manje gubitaka. Proizvođači su prisiljeni prilagođavati se ovim uvjetima prodaje i proizvodnje kako bi ostali konkurentni na tržištu, a ljudi će s druge strane prihvatiti kako svijet oko njih napreduje te moraju biti spremni na ukidanje velikog broja radnih mjesta koja su lako zamjenjiva računalima ili strojevima. Sukladno s tim ljudi će se morati više obrazovati kako bi mogli biti adekvatni za obavljanje novih vrsta poslova.

9. LITERATURA

[1] Industrial Revolution:

https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Revolution

[2] Neven Maleš, mag.ing.mech. - Industrija 4.0 literatura u pdf obliku i prezentacije

[3] The complete Industry 4.0 library :

<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html?fbclid=IwAR26I5pneaPMkYTgBgKxSpLkAw0tFThy6H4f5yh7eLeWrew6p59LHubkoy0>

[4] Article, The smart factory, 31.08.2017 :

https://www.seebo.com/iot-resources/?fbclid=IwAR0zyzKQ2_W_n22vP8GqOLB5ydWQnwgC37rg0ZjFdIVF9UtheKmnpuW-3uI

[5] Augmented reality at the service of industry 4.0:

<https://www.audros.fr/en/augmented-reality-industry/>

[6] <https://geek.hr/e-kako/znanost/kako-radi-parni-stroj/>

[7] <https://povijest.hr/nadanasjidan/otkad-postoje-elektricne-zarulje/>

[8] <https://moonwashedrose.com/lanci/dan-privatnosti-podataka-2015-najbolji-strunjaci/>

[9] <http://lovrec.hr/javna-rasprava-projekt-razvoja-infrastrukture-sirokopojasnog-interneta-2/>

[10] [https://techcrunch.com/2017/02/25/if-trump-wants-an-easy-policy-win-he-should-focus-on-funding-smart-cities/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAMO9-](https://techcrunch.com/2017/02/25/if-trump-wants-an-easy-policy-win-he-should-focus-on-funding-smart-cities/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAMO9-lapH8ruKduyD5G2IlkRirzFCPmqreHJbWzFnTf0aiux753KVqiURs3Qs38MRmxoDeL9m)

=

[J_0y8SDBcsPc296FD_0QZOHZa9AYW0sMVXXBsIYCKRB6lmNoKE2DA1KjWFeV25XfAMXfUMBiGjJe3lRXyJsgGYMHZWir424-sw](https://techcrunch.com/2017/02/25/if-trump-wants-an-easy-policy-win-he-should-focus-on-funding-smart-cities/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAMO9-lapH8ruKduyD5G2IlkRirzFCPmqreHJbWzFnTf0aiux753KVqiURs3Qs38MRmxoDeL9m)

[11] <https://informationmatters.net/internet-of-things-statistics/>

[12] <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/06/06/10-charts-that-will-challenge-your-perspective-of-iots-growth/#4fc42f0e3ecc>

[13] <https://www.homeperformance360.com/interesting-uses-of-home-automation-or-smart-home-systems/>

[14] <https://cloudmatrix.co.za/what-is-cloud-computing/>

- [15] <https://2b1steconsulting.com/cyber-physical-systems-cps/>
- [16] <https://www.designworldonline.com/big-future-for-cyber-physical-manufacturing-systems/>
- [17] <https://blogs.sw.siemens.com/polarion/software-development-for-cyber-physical-systems/>
- [18] <https://www.omnivirt.com/blog/what-is-augmented-reality/>
- [19] https://www.123rf.com/photo_71044425_stock-vector-smart-industry-4-0-automation-and-user-interface-concept-user-connecting-with-a-tablet-and-exchangin.html
- [20] Five key characteristic of a smart factory:
https://www.welcome.ai/news_info/five-key-characteristics-of-a-smart-factory
- [21] Why predictive maintance is driving Industry 4.0:
<https://www.industr.com/en/why-industry-2391571>
- [22] Augmented reality:
<https://www.evolvear.io/augmented-reality-blog/what-is-augmented-reality-tech-types-usage-2019/>
- [23] Augmented reality in a field service world:
<https://www.hso.com/innovation/augmented-reality-in-a-field-service-world-2/>
- [24] <https://www.igd.fraunhofer.de/en/press/news/imts-2018-digital-twin-ar-future>

10. SAŽETAK

Naslov: Održavanje u Industriji 4.0

U ovom radu opisani su svi segmenti i važne značajke industrije 4.0. Također je obrađena cjelina pametnih kuća koje su neizostavan dio Industrije 4.0. Uz pametne kuće opisane su i pametne tvornice koje već sada zamjenjuju postojeće. Održavanje u industriji 4.0 također je pametno zbog primjene umjetne inteligencije te predviđanja pogreški i potencijalnih kvarova prije nego dođe do njih. A samo održavanje je olakšano pomoću primjene proširene i virtualne stvarnosti.

Ključne riječi: industrija 4.0, pametna kuća, održavanje, umjetna inteligencija.

11. ABSTRACT

Title: Maintenance in Industry 4.0

This paper describes all segments and important features of Industry 4.0. A whole set of smart homes that are an integral part of Industry 4.0 has also been covered. In addition to smart homes, smart factories are described, which are already replacing existing ones. Industry 4.0 maintenance is also smart for applying artificial intelligence and predicting errors and potential failures before they occur. And maintenance itself is facilitated by the application of augmented and virtual reality.

Keywords: industry 4.0, smart home, maintenance, artificial intelligence.

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>18.9.2020</u>	Mateo Zorbas	Mateo Zorbas

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

Mateo Zorbas

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 18.9.2020

Mateo Zorbas

potpis studenta/ice