

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I
BRODOGRADNJE**

DIPLOMSKI RAD

**INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 4.0 I
RAZVOJ ANDROID MOBILNE APLIKACIJE**

Krešimir Raguž

Split, prosinac 2015.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. POVIJEST INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA.....	3
2.1. Prva industrijska revolucija	3
2.2. Druga industrijska revolucija	4
2.3. Treća industrijska revolucija	5
3. INTERNET OF THINGS.....	7
3.1. Tehnološki izazovi	11
4. CYBER-PHYSICAL SYSTEMS.....	14
4.1. Istraživački smjerovi	19
4.2. TheRainbowPlatform	21
5. LEAN MENADŽMENT	23
6. PAMETNA TVORNICA	27
7. INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 4.0	35
8. ANDROID APLIKACIJA	42
9. ZAKLJUČAK	45
LITERATURA.....	47
POPIS OZNAKA I KRATICA	49
SAŽETAK.....	50
KLJUČNE RIJEČI.....	50

1. UVOD

Ljudi teže napretku od samih početaka. Oduvijek je cilj što bolje upotrijebiti stvari i okolinu u kojoj se pojedinac nalazi, da bi mogao što više uživati i učiniti si život boljim i lakšim. Na tom putu napretka, koriste se predmeti, izračuni i ljudi oko sebe koji mogu pomoći da se ostvari zamišljeno.

Velike i značajne promjene u nekom vremenu nazivaju se revolucijom. Revolucija uključuje promjene u kulturi, gospodarstvu i društveno-političkim institucijama te, sukladno tome, ona izravno utječe i na živote ljudi. Ljudska povijest do sada pamti tri industrijske revolucije čiji su rezultati veoma značajni za napredak u svim sferama života ljudi. Imajući na umu činjenicu da ljudska vrsta stalno radi na tome da se novim otkrićima unaprijedi sadašnja situacija i procesi, može se zaključiti da je sve zahtjevnije ući u novu industrijsku revoluciju jer treba biti riječ o velikoj i značajnoj promjeni u svijetu koji se svakodnevno mijenja i tehnološki napreduje.

Ovo je razdoblje na prijelazu između treće i četvrte industrijske revolucije. Četvrta industrijska revolucija ne bi bila moguća bez prethodne tri na koje se nadovezuje i od kojih crpi vrijedne ideje i izume. Ta revolucija se temelji na konceptu Pametne Tvornice. Pametna Tvornica kao takva ne bi mogla funkcionirati bez napretka u IoT-u, CPS-u i Lean menadžmentu. Pojednostavljeno rečeno, stvari međusobno komuniciraju, prikupljaju podatke oko sebe te s njima rade izračune ili ih prosljeđuju dalje ili obavljaju neke druge fizičke operacije, na što učinkovitiji, brži, kvalitetniji način te sa što manje grešaka.

Ovaj rad opisuje glavne značajke Četvrte industrijske revolucije, počevši s kratkim sažetkom povijesti prijašnjih industrijskih revolucija, dok poglavlja u kojima je pojašnjen IoT i CPS opisuju kako pametne stvari komuniciraju te koje su njihove značajke. Lean menadžment opisuje proizvodnu filozofiju koja se koristi u novoj industrijskoj revoluciji. Spomenuta filozofija dokazano djeluje te sadrži mnoge prednosti. Poglavlje Pametne Tvornice, kao temelj nove revolucije, daje detaljne karakteristike takve tvornice te načine primjene. Industrijska revolucija 4.0 kao glavni dio ovog rada, sadrži informacije o koracima koji su potrebni da bi se ona postigla te njezin utjecaj na industriju.

Posljednji, programski dio rada posvećen je pojašnjenju Android aplikacije gdje se daje uvid u sučelja aplikacije. Dokumentacija same aplikacije dostupna je na CD-u.

2. POVIJEST INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA

2.1. Prva industrijska revolucija

Prva industrijska revolucija označava promjenu s manufakturne proizvodnje na industrijsku proizvodnju. Dolazi do potpune transformacije svih aspekata života jer su se do tada ljudi oslanjali uglavnom na vlastitu snagu i snagu domaćih životinja, a sada su ih počeli zamjenjivati strojevi. Ovaj proces se javio u Engleskoj u osamnaestom stoljeću (od 1760. do 1830. industrijska revolucija je i bila vezana samo za Veliku Britaniju, a poslije se počela širiti po ostatku Europe i svijeta) i njezine glavne značajke se mogu podijeliti na tehnološke, socioekonomske i kulturne.

Najvažniji izum ovog perioda, koji je i svojevrsni katalizator za ostala dostignuća, bio je parni stroj koji je patentirao i doradio James Watt 1763. godine i koji je omogućio veću industrijsku proizvodnju, uz manji utrošak energije. Osim napretka u proizvodnji, ovo je bilo i vrijeme napretka prometa i brojnih znanosti.

Tehnološke promjene su uključivale:

- korištenje novih materijala, uglavnom željeza i čelika,
- upotrebu novih izvora energije, goriva i pogonske sile poput ugljena, koji je postao glavni faktor uspješne industrijalizacije jer je korišten za proizvodnju pare o kojoj je industrija ovisila,
- izume novih strojeva, poput stroja za pređenje s osam vretena (eng. spinningjenny) i mehaničkog tkalačkog stana koji su unaprijedili tehniku proizvodnje tekstila uz smanjenje potrošnje ljudske energije,
- tvornice kao nove radne organizacije koje su omogućile podjelu i specijalizaciju za određene poslove,
- važna dostignuća u području komunikacije i prijevoza, konstrukciju prve parne lokomotive i parobroda,
- sve veća upotreba znanosti u industriji.

Ove tehnološke promjene omogućile su iskorištavanje prirodnih resursa te povećanje kapaciteta proizvodnje robe ^[1].

Prva industrijska revolucija donijela je mnoštvo drugih promjena, primjerice, u poljoprivredi je omogućila proizvodnju hrane za veću populaciju, promjene u gospodarstvu koje su dovele do raspodjele bogatstva, posjedovanje zemlje se prestaje smatrati izvorom zarade zbog sve veće industrijske proizvodnje i razvoja međunarodne trgovine. Također, dogodile su se i određene političke promjene u skladu s potrebama industrijskog društva, društvene promjene, kao što je nastajanje industrijskih gradova i javljanje radničkih pokreta. Radnici su morali steći nove vještine u obavljanju poslova, njihov odnos prema radu se promijenio: više nije bio zanatlija, obrtnik koji radi sve svojim rukama, već rukovoditelj strojevima. Svaki radnik je imao svoju zadaću u tvornici. Nije zanemariva ni psihološka promjena koje se dogodila jer su oni postali sigurniji u svoje sposobnosti iskorištavanja prirodnih resursa.

2.2. Druga industrijska revolucija

Daljnijim napretkom znanosti i pronalaskom novih pogonskih sila: električne struje i nafte dolazi do novih promjena u načinu proizvodnje, prometu i svakodnevnom životu ljudi. S obzirom na dubinu i značaj promjena koje su se dogodile, početak upotrebe električne energije i nafte ujedno se smatra i početkom druge industrijske revolucije, perioda koji je trajao od 1870. do 1914. godine. Ovaj period je označen mnoštvom novih izuma, kao što su telefon, radio, telegraf, dizelski i benzinski motor, električna žarulja, motor s unutarnjim izgaranjem, x-zrake bez kojih bi i današnji svijet bio nezamisliv.

Druga industrijska revolucija počinje naglim razvojem prometa. Gradile su se željeznice i čitavi transkontinentalni sustavi željeznica. Prva takva željeznica izgrađena je u SAD-u i povezivala je atlantsku i tihooceansku obalu, omogućivši lakši prijevoz dobara i razvijanje tržišta. Krajem devetnaestog stoljeća započela je i izgradnja najdulje transkontinentalne pruge na svijetu u Rusiji.

Isto tako, u ovom periodu su se dogodile značajne promjene i u zračnom prometu: braća Wright su 1903. u svojoj letjelici preletjeli 200 metara i uspješno sletjeli. To je bio prvi uspješni let i nakon toga se počinje razvijati i zračni promet. Henry Ford je unaprijedio automobilsku industriju izumom pokretne trake, omogućivši tako masovnu proizvodnju.

Postoje značajne razlike između perioda prve i druge industrijske revolucije. Ipak, bitno je napomenuti da je Druga industrijska revolucija građena na idejama i proizvodima iz perioda

Prve industrijske revolucije. Jedna od glavnih značajki druge industrijske revolucije je širenje željeznice. Željeznička pruga je bila važna zbog veće pristupačnosti i lakšeg prijevoza sirovog materijala, poput čelika koji je bio neophodan za velike industrijske pogone.

Prva industrijska revolucija se više osnivala na mehanizaciji, a druga na naprednim sinergijama. Primjerice, u prvoj industrijskoj revoluciji došlo je do tehničkog napretka, kao što je to tkalački stan korišten u proizvodnji pamuka. Naspram tomu, druga industrijska revolucija razvila je efikasnost u proizvodnji i procesu distribucije, mobilizacijom radne snage po jedinicama proizvodnje u tvornicama te poboljšanju u prometu i rudarstvu.

Glavne značajke prve industrijske revolucije:

- povećanje iskorištavanja ugljena,
- prijelaz sa manufaktura na strojeve,
- razvoj parnog stroja.

Glavne značajke druge industrijske revolucije:

- pronalazak električne struje i električnog svjetla,
- razvoj automatskih signala,
- početak korištenja građevinskog čelika u graditeljstvu.

2.3. Treća industrijska revolucija

Treća industrijska revolucija ili digitalna revolucija predstavlja promjenu iz analogne u digitalnu tehnologiju koja se počela razvijati od osamdesetih godina dvadesetog stoljeća pa do danas. Javlja se mnoštvo novih tehnologija: pametni softveri, novi materijali i procesi poput trodimenzionalnih internetskih ispisa, spretni roboti i mnoštvo drugih usluga koje omogućuje Internet. U drugoj industrijskoj revoluciji naglasak je na masovnoj proizvodnji dok je u trećoj naglasak na masovnoj prilagodbi tvornica jer se artikli kroje po pojedinačnim željama kupaca, a troškovi istih se svakim danom smanjuju. U trećoj industrijskoj revoluciji glavni izvor

energije je solarna energija, koja se sve više iskorištava, pogotovo u Njemačkoj i Kini, a od nedavno i u SAD-u.

Proizvodi se danas dizajniraju na računalu i ispisuju na 3D printeru i očekuje se da će se u budućnosti ta praksa još više širiti i omogućiti ljudima veću dostupnost robe po pristupačnim cijenama. Osim toga, novi materijali su lakši, otporniji i dugovječniji. Tako karbonska vlakna mijenjaju aluminij i čelik u zrakoplovima i biciklima.

No, ova revolucija će imati i negativne posljedice, a to se vidi po medijskoj industriji i maloprodaji, a predviđa se da će i tvornice budućnosti biti lišeni ljudskog faktora, mijenjat će ih roboti, a ljudi će raditi kao dizajneri, IT stručnjaci, logističari i sl.

Nadalje, javlja se i problem privatnosti. Velike količine informacija su postale dostupne na Internetu i želja da se one zaštite su omogućile praćenje aktivnosti pojedinaca. Tu su još problemi socijalne izolacije pojedinaca, zasićenost medijima, ali i mogući manjak produktivnosti radnika koji računala i Internet mogu koristiti u privatne svrhe za vrijeme radnog vremena^[2].

3. INTERNET OF THINGS

Internet of Things (u daljnjem tekstu IoT) predstavlja viziju u kojem Internet proširuje svoje mogućnosti i na fizički svijet i objekte koji nas okružuju. Ti predmeti nisu više isključeni iz virtualnog svijeta, nego se mogu kontrolirati s udaljenosti te mogu postati pristupne točke Internetu. IoT razne proračune, od onih jednostavnih do složenih, obavlja ih lagano i pružava velike mogućnosti pojedincima i gospodarstvu.

IoT također uključuje rizike i nedvojbeno predstavlja golem tehnički i društveni izazov. IoT vizije temelje se na uvjerenju o stalnom napretku u svijetu mikroelektronike, komunikacije i informacijske tehnologije, gdje se ta razina svakodnevno podiže te nastavlja rasti u doglednoj budućnosti. Zapravo, zbog smanjivanja veličine, stalnog pada cijena i smanjenja potrošnje energije procesora, komunikacijskih modula i ostalih elektroničkih komponenti, IoT sve se više integrira u svakodnevne predmete i svijet oko nas kao što je prikazano na slici 3.1. Pametni predmeti ključni su u stvaranju IoT vizije jer će ugrađena komunikacijska i informacijska tehnologija imati potencijal da revolucionalizira korisnost tih objekata.



Slika 3.1. Shema IoT-a

Uz pomoć senzora koji su u mogućnosti uočiti promjene i stanje oko sebe te putem ugrađenih mogućnosti umrežavanja bit će omogućeno komuniciranje jednih s drugima. Digitalno unaprjeđivanje također pospješuje njihovu funkciju i olakšava korištenje te time dobiva dodatnu vrijednost. Preteča ovog razvoja je očita, danas postoji sve više električnih čipova za

zube, perilica rublja, strojeva za kopiranje, električnih bicikala, itd., koji su informatički i mrežno opremljeni.

U drugim područjima primjene, Internet povezanost može se koristiti za daljinsko utvrđivanje njihovih stanja, i to tako da informacijski sustavi prikupljaju podatke iz trenutnog vremena o fizičkim objektima ili procesima. To omogućuje i olakšava mnoge aspekte za čovjeka. On, drugim riječima, ima uvid u detalje željenog objekta uz zanemariv trošak. Spomenuto također omogućuje bolje i lakše upravljanje i kontrolu nad procesima ili objektima koji nas okružuju kao i sposobnost da reagira na događaje u fizičkom svijetu da automatski, brzo i potpuno informiranim načinom otvara nove mogućnosti za rješavanje složenih i kritičnih situacija pritom omogućuje širok niz poslovnih procesa koji mogu biti optimizirani. Interpretacija podataka i informacija u stvarnom vremenu dovest će do uvođenja različitih poslovnih usluga koje će ponuditi značajne ekonomske i društvene koristi.

Uporaba riječi Internet u privlačnom izrazu Internet of Things koja predstavlja gore navedenu viziju može se koristiti i kao metafora. Na način na koji ljudi danas koriste web, tako će i u budućnosti stvari komunicirati između sebe, koristeći servise te će pružati podatke i na taj način stvarati dodatnu vrijednost.

Pojam IoT popularizirao je jedan Auto-ID Centar na Massachusetts Institute of Technology (MIT-u), koji je 1999. godine počeo dizajnirati i propagirati RFID infrastrukturu. U 2002. godini njezin suosnivač Kevin Ashton citiran je u časopisu Forbes gdje je izjavio: „Trebamo IoT, standardizirani način za računala da stvarno razumiju svijet“. Ovaj članak je pod nazivom „The Internet of Things“ bio prvi dokumentirani izraz ovoga termina u doslovnom smislu. Međutim, već 1999. godine isti izraz je upotrijebio Neil Gershenfeld iz MIT MediaLab u svojoj popularnoj knjizi „When Things Start to Think“ gdje je opisao kako je ogroman rast WWW bio samo okidač za pravu eksploziju, a to je bilo da stvari počnu koristiti Internet. Pojam se počeo brzo širiti, već se počinju pisati knjige i održavati konferencije u vezi ovog područja. Europski političari su inicijalno koristili termin u kontekstu RFID tehnologije, naslovi konferencija „Od RFID do IoT“ održane 2006. godine i „RFID: Prema IoT“ održane 2007. godine su već aludirali na šire tumačenje i korištenje. Konačno u 2009. godini, EU komisija je posvetila akcijski plan za IoT kao opći razvoj Interneta iz mreže međusobno povezanih kompjutora do mreže međusobno povezanih objekata.

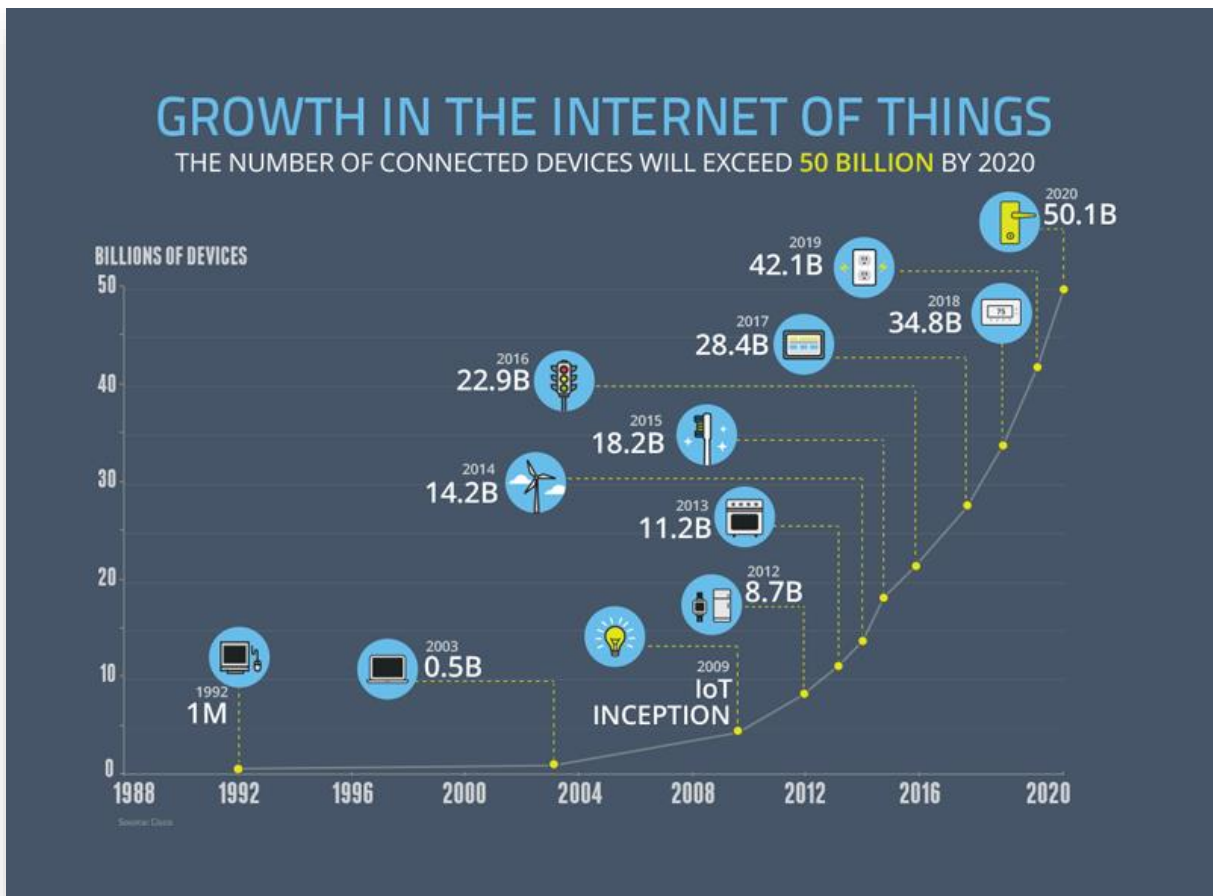
Gledajući s tehničke strane, IoT nije rezultat jedne nove tehnologije. Nekoliko tehničkih i znanstvenih istraživanja omogućilo je razvoj IoT-a te pružilo mogućnost da se premosti jaz između virtualnog i fizičkog svijeta.

Mogućnosti koje nudi IoT^[3]:

- Komunikacija i suradnja: objekti imaju mogućnost povezivanja s Internet resursima ili čak jedni s drugima; mogu iskoristiti tu mogućnost da ažuriraju svoje stanje. Bežične tehnologije poput GSM i UMTS, Wi-Fi i Bluetooth te mnoge druge bežične mreže koje su tek u razvoju ovdje su od primarne važnosti.
- Adresiranje: unutar IoT-a, objekti mogu biti smješteni ili adresirani pomoću usluga ili imena te im se stoga može udaljeno pristupati.
- Identifikacija: objekti su jedinstveno identificirani. RFID, NFC i bar kodovi su primjeri stvari koji nemaju energetska napajanje te mogu biti identificirani. Identifikacija omogućuje objektu povezanost sa svojim podacima gdje se ti podaci mogu preuzeti od poslužitelja pod uvjetom da je on povezan na mrežu.
- Očitavanje: objekt prikuplja podatke o svom okruženju putem senzora koji ih može snimati, prosljeđivati ili izravno reagirati na to.
- Aktiviranje: objekt sadrži pogone za manipulaciju unutar svoje okoline. Takvi pogoni mogu se koristiti za daljinsko upravljanje u stvarnom svijetu putem Interneta.
- Ugradbenu obradu informacija: pametni objekti imaju procesor ili mikrokontroler, plus kapacitet memorije. Ti resursi se mogu upotrijebiti za npr. obradu ili interpretaciju podataka senzora ili se mogu spremati u memoriju kako su bili korišteni u prošlosti.
- Lokalizacija: pametne stvari su svjesne svoga fizičkog položaja ili se mogu same locirati. GPS ili mobilne mreže prikladne su za postizanje navedenog.
- Korisnička sučelja: pametni objekti mogu komunicirati s ljudima na odgovarajući način. Inovativne interakcije su bitne, jer se s takvim uređajima može komunicirati i gestama, glasom, slikama, itd.

Većina specifičnih aplikacija treba samo podskup tih mogućnosti, osobito zato jer provođenje svih njih često je skupo te zahtijeva značajne tehničke napore. Trenutno bežični moduli postaju manji i jeftiniji, IPv6 se sve više koristi, kapacitet brzih memorija raste, cijena

procesora je u padu, a i mobilni uređaji imaju izgrađene senzore za prepoznavanje kodova, NFC i ekran na dodir te mogu preuzeti ulogu posrednika između ljudi, objekata i Interneta. Sve to doprinose razvoju IoT-a: od daljinske identifikacije objekata IoT-a idemo prema sustavu gdje će stvari komunicirati s korisnicima, Internet uslugama i međusobno. Te nove mogućnosti koje ti objekti nude fascinantne su i pružaju niz zanimljivih mogućnosti, ali potrebno je opet naglasiti da se uz to vežu znatno veći zahtjevi koji se odnose na temeljne tehnologije i postojeće infrastrukture. Naime, infrastruktura za IoT ne smije biti samo učinkovita, skalabilna, sigurna i pouzdana nego mora biti u skladu sa općedruštvenim i političkim očekivanjima, biti široko primjenjiva te ekonomski isplativa, predviđanja uporabe uređaja IoT-a do 2016. je na broju od 28.4 milijarde kao što se vidi na slici 3.2.



Slika 3.2. Rast upotrebe IoT-a

3.1. Tehnološki izazovi

Dok su moguće primjene i scenariji fascinantni zbog bezbroj mogućnosti koje nude, zahtjevi koji se stavljaju pred tu tehnologiju također su značajni. Napredovanje od Interneta računala do udaljenog pristupa IoT-a, nešto je na čemu se mora raditi postepeno, korak po korak. Osim očekivanja da tehnologija mora biti dostupna po niskoj cijeni, ako će ogroman broj stvari biti time opremljen, suočeni smo s mnogim drugim izazovima kao:

- **Skalabilnost:** IoT ima potencijalno veći opseg od Interneta računala. Ako će ta dva svijeta surađivati te međusobno komunicirati onda osnovne funkcije poput komunikacije moraju uvijek funkcionirati.
- **Ostavi i radi:** pametne objekte ne smijemo shvaćati kao računala, gdje se svakodnevno trebamo brinuti oko njih, poput procesa paljenja sustava, pokretanja programa, unosa podataka itd. Objekti IoT-a trebaju moći sami sebe uspostaviti, organizirati i konfigurirati za rad tako da odgovaraju pojedinom okruženju.
- **Interoperabilnost:** budući da je fizički svijet velik i raznolik, kod IoT-a svaka vrsta pametnih objekata imat će različite informacije, preradu i komunikacijske sposobnosti. Različite vrste bit će podvrgnute različitim uvjetima kao što su energija, temperatura ili propusnost mreže. Kako bi se olakšalo komuniciranje i suradnja, potrebni su zajednički protokoli i standardi.
- **Otkriće:** u dinamičkim okruženjima, prikladne usluge će trebati biti automatski identificirane, što zahtijeva odgovarajuće semantičke sposobnosti za traženje i opisivanje. Korisnici će htjeti pronaći informacije vezane za proizvod i koristiti tražilicu koja može naći stvar ili informaciju o tome.
- **Kompleksnost softvera:** softverski sustavi na pametnim objektima napravljeni su tako da funkcioniraju s minimalnim resursima, kao i ugradbeni sustavi, ali bit će potreban opsežniji softver na mreži i na strani poslužitelja kako bi se upravljalo pametnim objektima i omogućio nesmetan rad njegovih usluga.
- **Količina podataka:** dok će neke aplikacije uključivati kratku komunikaciju i razmjenu podataka, druge aplikacije, poput onih na senzorskim mrežama, za posljedicu će imati ogromne količine podataka za središnji čvor ili poslužitelja.

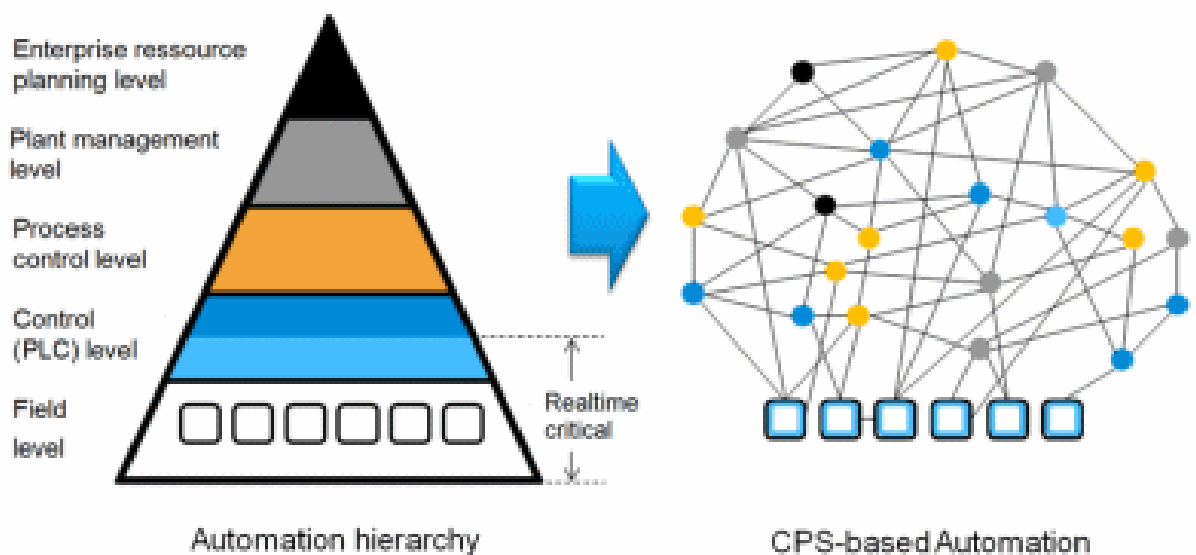
- Interpretacija podataka: da bi korisnicima koji koriste IoT pružili što bolju uslugu, mora se odrediti jesu li bitne one informacije koje pristižu od objekata te koje zaključke moramo izvući od njih. Generiranje korisnih informacija od ogromnog niza podataka nije nimalo trivijalan zadatak.
- Sigurnost i osobna privatnost: osim sigurnosti i zaštite s aspekta Interneta kao što su komunikacijska povjerljivost, autentičnost, pouzdanost i integritet poruke, ostali zahtjevi koje IoT zahtjeva također su bitni. Mora se osigurati pristup podataka pametnim objektima, ako se ne želi da ono ima pristup svemu ili spriječiti komunikaciju sa pojedinim uslugama (ograničiti takvo nešto). Nepovlašteni fizički pristup pametnim objektima pitanje je na koje tek treba dati ispravan odgovor te osigurati zaštitu i na toj razini.
- Tolerancija kvarova: svijet u kojem živimo mnogo je dinamičniji od svijeta računala. Očekivano, cilj je da pametni objekti i IoT rade u svim uvjetima, bez obzira na klimatske promjene do nekih promjena u sustavu.
- Napajanje: stvari koje su mobilne te se lako prebacuju s mjesta na mjesto većinom nisu stalno spojene na neki od oblika napajanja. U mnogim sustavima baterije i napajanje su problematično područje. Nažalost, tehnologija baterija i napredak iste čine se veoma spori, dok napajanje iz obnovljivih izvora energije ne može zadovoljiti sve. Nada se polaže na buduće procesore male snage i komunikacijske module koji će moći funkcionirati sa značajno malom količinom energije. Upravo zbog toga kontrola upravljanja i trošenje energije morat će biti na vrhuncu, jer će svaki postotak biti značajan.
- Bežične komunikacije: s energetske gledišta, postojeće tehnologije poput GSM, UMTS, Wi-Fi i Bluetooth sve su manje prikladne. Noviji WPAN standardi kao što su ZigBee i slični još su uvijek u razvoju te će imati puno manju propusnost, ali će trošiti značajno manje energije.

Internet je odavno prestao biti potpuno informacijski sustav te je sada poprimio društvenu i političku dimenziju. Važnost svojih ne-tehnoloških aspekata postaje još očitija u razvoju IoT-a, jer dodaje posve novi aspekt na tom polju. Osim velikog broja pozitivnih stvari trebaju se spomenuti moguće posljedice i nedostaci. Naime, velik broj javnih rasprava vodi se o tome treba li prihvatiti ili odbiti IoT te se postavljaju pitanja poput „sigurnosti u

odnosu na slobodu“ ili „udobnosti u odnosu na privatnost podataka“. U tom pogledu rasprava o IoT-u ne razlikuje se puno od video nadzora, elektroničkih isprava te koncepta čipiranja ljudi. Podaci koje poslužitelji ili pametni objekti prikupljaju te baze u koje se to sprema, mogu se bez znanja vlasnika zloupotrijebiti te se ti podaci mogu potencijalno oštetiti. Osobna privatnost je pod pritiskom. Pametni objekti akumuliraju veliku količinu podataka te na taj način služe, ali moramo biti svjesni da postoji mogućnost da te podatke vidi i netko drugi te ih potencijalno iskoristi na štetu te osobe. Budući da se te radnje odvijaju neometano u pozadini, nikada nismo posve sigurni promatra li nas tko na neki način. Pojedina promatranja su bezopasna, ali postoje i ona koja to nisu, te pod određenim okolnostima, spadaju pod ozbiljnu povredu privatnost.

4. CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

Ugradbeni sustavi, vidljivi ili integrirani, svakim danom sve više prožimaju naš svijet te time postaju odgovorni za našu udobnost, zdravlje, sigurnost i mnoge druge usluge koje takvi sustavi pružaju. U kombinaciji i neposrednom povezanošću s čovjekom i njegovom okolinom, koji su potpuno nepredvidljivi, oni postaju Cyber-Physical Systems (u daljnjem tekstu će biti navedeni kao CPS) koji djeluju nezavisno, suradnjom ili kao sustavi sustava sastavljeni od međusobno povezanih autonomnih sustava koji su razvijeni s namjerom da samostalno ispunjavaju namjenske zadatke. Neki od tih sustava također mogu biti i stari sustavi, tj. sustavi prošle generacije koje je moguće uklopiti u novi sustav.



Slika 4.1. Usporedba hijerarhijske i CPS strukture

Tijekom godina, razni sustavi i istraživanja (npr., istraživanja na području optimizacije primjer na slici 4.1., stohaističke kontrole, filtriranja informacija, analize, predviđanja, itd.) kao istraživači koji su sudjelovali u njima postali su pioniri znanosti, a to su postigli svojim inženjerskim metodama, tehnikama i alatima. U isto vrijeme znanstvenici na području računalne znanosti napravili su velike pomake u novim programskim jezicima, tehnikama za realna izvršavanja zadataka, metodama vizualizacije, kompajlerima, ugradbenim sustavima, sigurnosti te svojom inovativnošću rade na pouzdanosti računalnog sustava, sigurnosti i

povećavaju toleranciju grešaka. Znanstvenici računalne znanosti su također napredovali i razvili razne modele i razvojne alate za buduće naraštaje. Cilj istraživanja na području CPS-aje integrirati znanja i inženjerske discipline poput upravljanja, kontrole, umrežavanja, ljudske interakcije, teorije učenja, kao i električne, mehaničke, kemijske, biomedicinske, materijala i raznih drugih inženjerskih znanosti. Sve to u vidu razvijanja novih i boljih CPS-ova i pratećih tehnologija.

Pojam CPS odnosi se na novu generaciju sustava s integriranim računalnim i fizičkim sposobnostima koji mogu komunicirati s ljudima kroz različite module. Sposobnost za interakciju i proširenje tih mogućnosti s fizičkim svijetom preko izračuna, komunikacije i kontrole, ključan je faktor za buduće tehnologije.

Fizički elementi ovakvog sustava po strukturi i materijalima se ne razlikuju previše od ostalih sustava. Sustavi za upravljanje i komunikaciju ponekad imaju ograničenja povezana s podacima koje šalju i primaju te je upravo taj programski dio kritična jezgra cijelog ovog sustava.

Pouzdanost, sposobnost brzog oporavka od nadolazećih problema, sigurnost, jedni su od najsloženijih problema koji prate CPS. Samo neki od primjera u kojima su ovi sustavi dio procesa su elektrane, zrakoplovi, brodovi, tvornice, skladišta i mnogi drugi, gdje se jasno očituje prava važnost CPS-a. Mogućnosti i izazovi leže u istraživanju dizajna i razvoja novih generacija zrakoplova, svemirskih letjelica, hibridnih vozila, autonomnoj gradskoj vožnji i proteza koje omogućuju mozgu signal za kontrolu nad tjelesnim objektima.

CPS obično sadrže ugradbene sustave kao dijelove uređaja, zgrada, vozila, ruta, logistike, postrojenja itd. koji:

- koriste senzore za prikupljanje fizičkih podataka koji izravno ili neposredno utječu na fizičke procese,
- spojeni su na digitalne mreže (bežično, ožičeno, lokalno, globalno),
- koriste globalno dostupne podatke i usluge,
- posjeduju sučelje za upravljanje sustavom (bila to namjenska sučelja ili kroz Internet preglednik).

U kolovozu 2007. godine izvješće predsjednika Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) predstavilo je Federal Networking and Information Technology R&D (NITRD) gdje je to izvješće potaknulo National Science Foundation da napravi CPS program u 2009. godini, tj. veliku godišnju konferenciju koja se održava diljem SAD-a i Europe. Godine 2012. usvojena je definicija CPS-a, a to je: „CPS su fizički, kemijski, biološki i projektirani sustavi čije su operacije nadgledanje, kontroliranje, koordiniranje i integriranje u računarstvu i komunikaciji“. Željene karakteristike i opis koji definira dobro dizajniran i izrađen CPS uključuju: koordiniranost, distribuiranost, heterogenost, brz odgovor, dostupnost, skalabilnost, prilagodljivost, otpornost, sigurnost, uporabljivost, povratne informacije za ljude i okoliš. Nakon nekoliko FP7 srodnih projekata, CPS sada ima ciljana područja istraživanja u Horizon 2020 i javnog privatnog sektora, kao što je ESCEL, koji integrira bivši ARTEMIS, ENIAC i EPoSS, u kojima se posvećuju veliki naponi za napredovanje u ovom području. Važnost sustava CPS istaknuta je od strane EU-Roadmap kao što su CPSoS projekt, a u razvoju je strateški dokument „European Research and Innovation Agenda on Cyber-Physical Systems of Systems“.

Nastajat će aplikacije i programi koji imaju ogroman društveni utjecaj i ekonomsku korist. CPS će se prilagođavati ovisno o tome kako mi komuniciramo s fizičkim svijetom, baš kao što se Internet stalno prilagođava te napreduje.

Lako je zamisliti nove mogućnosti CPS-a, od električnih postrojenja, transportnih sustava, umreženih autonomnih sustava gdje su vrijeme, sigurnost i inteligencija ključni faktori. Time se povećava energetska učinkovitost, smanjuje vjerojatnost ljudske pogreške, povećava učinkovitost strojeva, smanjuje potražnja i ovisnost o fosilnim gorivima. Financijska mreža se može dramatično promijeniti što se tiče preciznosti vremena. Veliki sustavi za praćenje roba i usluga mogu biti kontrolirani u realnom vremenu. Uska integracija fizičkih uređaja i distribuiranog računarstva dovodi do toga da ćemo imati „programibilnu stvar“ u stvarnosti. Pozitivan ekonomski učinak od bilo aplikacija iz tih područja imat će ogroman utjecaj. Treba biti svjestan da sadašnje tehnologije u pojedinim aspektima koče razvoj tih sustava, ali prepreke uvijek postoje te se daljnjim istraživanjima nadilaze. Mnoge od ovih aplikacija neće biti moguće napraviti bez značajnih promjena u samim temeljima.

Kako je sigurnost jedna od glavnih zahtjeva CPS sustava, da bi ga se bolje zaštitilo potrebno je razumjeti kako ga točno treba zaštititi. Imperativ je obavljanje procjene ranjivosti i razvijanje odgovarajućih zaštitnih mehanizama koji bi ih zaštitili od napada. Potrebno je dobro istestirati

cijeli sustav, na fizičkoj, hardverskoj i softverskoj razini. U stvarnosti postoji neograničen broj prijetnji i propusta u sigurnosti, jer koliko god ga pokušali zaštititi, ne smije se zaboraviti da ne postoji potpuno siguran sustav, moguće je samo povećati razinu zaštite.

Dizajn takvih sistema zahtijeva razumijevanje zajedničke dinamike računala, procesa, mreža te fizičkih, kemijskih i bioloških procesa i na kraju čovjeka. Sukladno s time, CPS dobiva zasebno mjesto u znanosti. Podrazumijeva se da su svi CPS autonomni ili polu-autonomni i da ne mogu biti izvedeni kao zatvoreni sustav koji djeluju u izolaciji, dok interakcija i potencijalne smetnje između komponenti, procesa i čovjeka zahtijevaju visok stupanj koordiniranosti, kontrole i zajedničkog ponašanja. Ponašanje velikog broja fizičkih komponenti kao dio sustava zahtijeva dobar model, simulaciju i analizu provedenu kroz već dokazane, ali i nove metode i teorije. Rastuća složenost komponenti i korištenje više naprednih tehnologija, bežične komunikacije i višejezgrenih procesora predstavljaju velik izazov za izgradnju CPS-a.

Da bi CPS mogao pravilno funkcionirati, potrebni su sljedeći koraci^[4]:

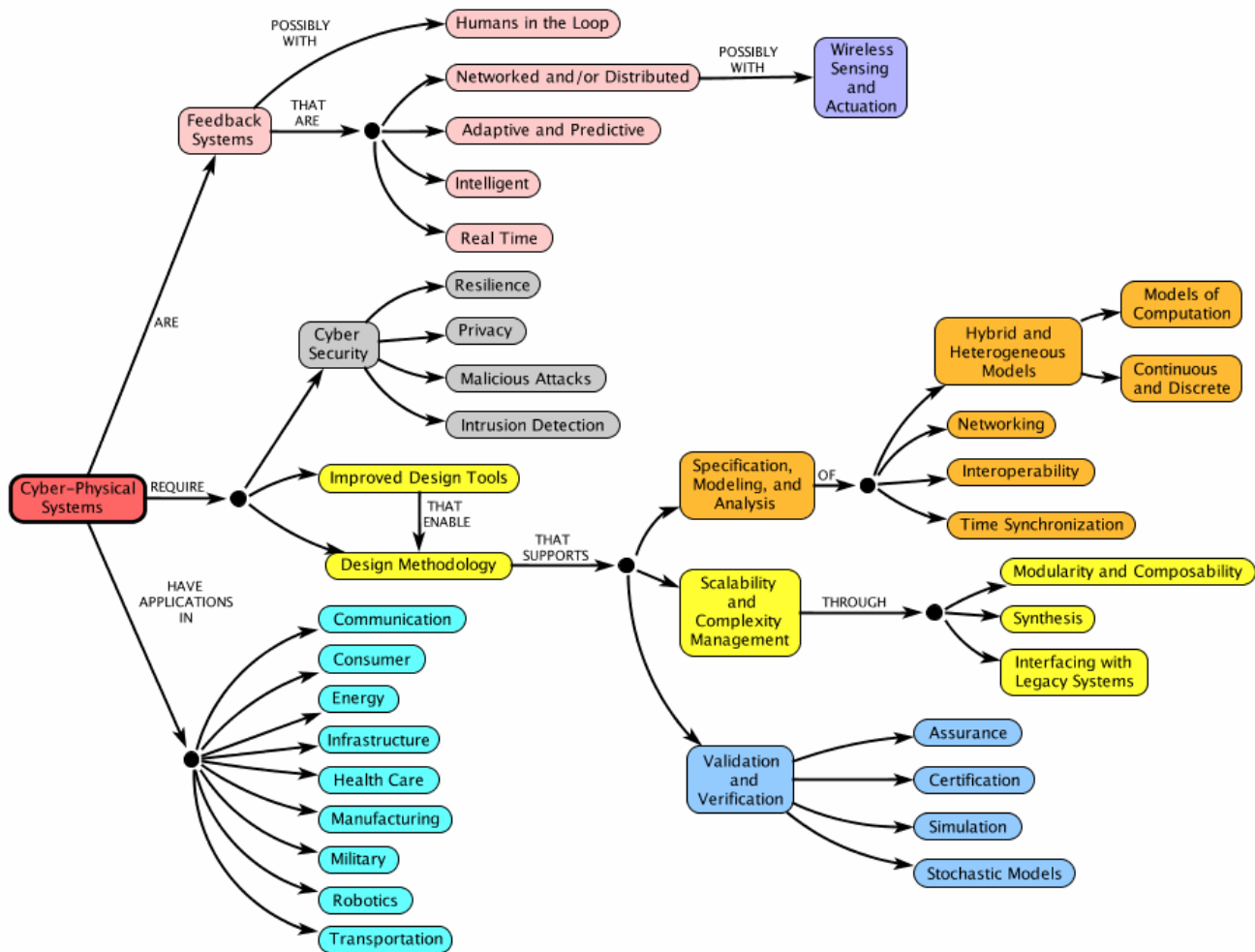
- analiza, procjena, sinteza, dizajn i verifikacija CPS-a,
- platforme za razvoj pametne infrastrukture povezivanja tri sloja: „cloud“ sloj, srednji sloj i fizički sloj,
- pouzdanost i otpornost CPS-a,
- specifikacija forma, uključujući programske jezike i programske alate,
- računanje u stvarnom vremenu i kontrola resursa,
- mreže i protokoli.

CPS se već koristi u različitim područjima (prikazano na slici 4.2.), a neki od primjera su u:

- električnim mrežama,
- sustavima za upravljanje vodom,
- autonomnim vozilima i pametnom prijevozu,
- automobilima (ABS),
- „Next-gen“ lukama i aerodromima,
- sigurnosti,
- pametnoj medicinskoj tehnologiji (pejsmejkeri, inzulinske pumpe i sl.).

Cyber-Physical Systems – a Concept Map See authors and contributors.

<http://CyberPhysicalSystems.org>



Slika 4.2. Područja upotrebe CPS-a

Iako je u CPS-u naglasak na kibernetici i fizičkim sustavima, važno je napomenuti da bi značajan i stvarni napredak u aplikacijama mogao nastati ako bi se i ljudi uključili u taj proces. Čini se da se samo na ovaj način zapravo može govoriti o vrlo smislenoj i značajnoj budućnosti. Možemo pretpostaviti da će u takvom „Cyber Human PhysicalSystem“, ljudski faktor biti u sinergiji s ostalima.

4.1. Istraživački smjerovi

Kako je već spomenuto, CPS je još u povojima te sukladno s tim preostalo je još mnogo područja za istraživanje. Neki od perspektivnih smjerova navedeni su niže u tekstu.

- Staviti vrijeme u programske jezike. Od sredine 1980-ih, velik broj eksperimentalnih jezika razvijeni su s vremenskom semantikom. Najuspješniji od njih povezani su za uska područja, poput jezika Simulink iz MathWorks i Giotto.
- Promišljanje o razdvajanju operacijskog sustava i programskog jezika. Operacijski sustav kao koncept nastao je 1960-ih, kada je računarstvo bilo dosta drugačije. Specifičan način na koji se izdvaja hardver i programski jezik iz hardverski ovisnog ponašanja, treba biti prilagođen CPS-u. Obećavajući početak je TinyOS/nesC, gdje je programski jezik apstrakcija u nesC koji podržava dizajn „thinwrappers“ oko hardvera. TinyOS i nesC zajedno zamagljuje granicu između operacijskog sustava i programskog jezika te nude više prikladni skup za ugradbeni operacijski sustav.
- Promišljanje o razdvajanju/spajanju hardvera i softvera. CPS u suštini kombinira hardver i fizičke sustave sa softverom. Modeliranje i dizajn korišteni za hardver i fizičke sustave osjetno se razlikuju od onih za softver, postoji samo nekoliko modela i dizajna jezika koji imaju podršku za oboje. Obećavajući početak je EDA istraživačka zajednica i projekt hardver/softver ko-dizajna. Jedan od projekata na kojem se također radi na sličnoj stvari jest i Ptolemy Project.
- Memorijska hijerarhija s predvidljivosti. Tehnika memorije hijerarhije imala je velik utjecaj na skaliranje računalnih performansi. Međutim, tehnike koje su najraširenije isporučuju poboljšane performanse i kapacitet pamćenja na štetu vremena predvidljivosti. To ne mora biti tako. U kombinaciji s jezicima koji imaju vremensku semantiku, ova tehnika bi mogla dostaviti vremenska jamstva kroz tehnike kompajlera.
- Upravljanje memorijom s predvidljivosti. Ručno upravljanje raspodjelom memorije pogrešno je i zamarajuće. Upravljanje automatskom memorijom

značajno poboljšava produktivnost programera i pouzdanost softvera, ali opet smogućnošću da se to radi na štetu vremena predvidljivosti. Obećavajući početak je skup tehnika koje koriste automatsko upravljanje memorijom sakupljanja smeća.

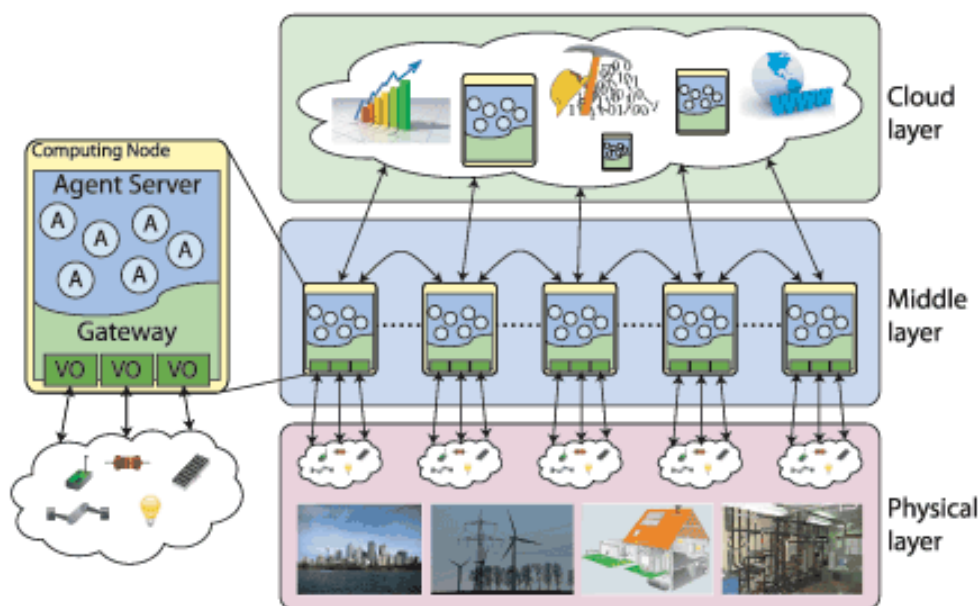
- Predvidivi, kontrolirani „deppipelines“. „Deppipelines“ je esencijalan za performanse u računanju. Zavisnosti između instrukcija znači da stopa po kojoj se instrukcije izvršavaju mora biti modelirana kako bi se osiguralo da je zavisnost podataka zadovoljena. Današnje tehnike nisu dovoljno dobre, međutim, postoje alternative. Preplitanje „pipelin-a“ u paralelizmu omogućuje potpunu iskoristivost „pipelina“ s predvidljivim vremenima.
- Predvidiva, kontrolirana i razumljiva konkurencija. CPS su veoma složeni sustavi. Danas, jedan od najčešće korištenih programskih tehnika su niti, čija sintaksa je dosta nerazumljiva i nepouzdana. Razvijane su predvidljivije, kontroliranije i razumljivije tehnike za rješavanje problema konkurentnosti. Jedan od primjera su sinkroni jezici, koji su pronašli učinkovito korištenje u kritičkim sustavima, zbog njihovog modela rukovanja izvršavanja više izračuna.
- Istovremene komponente. Objektno orijentirani jezici su izveli ogromna poboljšanja u dizajnu velikih programskih sustava. Ove tehnologije su duboko ukorijenjene u dosljedne, imperativne računalne metode. Oni se, dakle, ne mogu dobro prilagoditi istovremenosti izvršavanja više operacija. Alternative su „actor-oriented“ i „model-based“ tehnike.
- Mreže s vremenom. Današnje tehnike umrežavanja, kao što su TCP/IP, najbolje su tehnike s kojima je ipak teško postići vrijeme predvidljivosti. Sve više specijaliziranih tehnika umrežavanja pronalazi bolju iskorištenost kod ugradbenih sustava. Vrijeme sinkronizacija mreža se znatno poboljšalo, nudi se mogućnost povezivanja preko distribuiranih računanja. Kombinacijom tih metoda i uz ispravnom korištenje, čekaju se predstojeće promjene.

Temeljni izazovi koji stoje pred CPS-om zahtijevaju detaljnu analizu i proračune. Treba identificirati prepreke na svim razinama te na njima ozbiljno poraditi, napisati upute i tehnologije na kojima se to može izgrađivati. Najviše rada ima oko računalnih znanosti i drugih inženjerskih disciplina poput mehaničkih, električnih i sl.

4.2. The Rainbow Platform

Složenost CPS-a, heterogenost fizičkih elemenata, nedostatak pouzdanosti u komunikaciji, širok raspon mogućnosti djelovanja u okolini i promjenjivost okruženja u kojem se koriste te pritom obavljanje operacija poput analize podataka, planiranja i računanja, veoma su kompleksni zadaci. Rainbow Platforma^[4] je dizajnirana upravo za rješavanje nekih od tih pitanja. Rainbow želi zadržati računanje blizu izvora informacije odnosno omogućiti da fizički uređaji budu u blizini. Rainbow koristi Swarm inteligentne algoritme, čiji je koncept najjednostavnije objašnjen na način da jedan mrav ili pčela sami za sebe nisu pametni, ali u velikom broju postaju upravo to. Ovaj sustav također iskorištava oblak za obavljanje teških računalnih zadataka kada je to potrebno te se time smanjuje opterećenje fizičkog sustava.

Sustav trenutno koristi dva sloja CPS arhitekture, a to su fizički sloj i udaljeni („Cloud“) sloj. Fizički sloj šalje podatke na udaljeni poslužitelj, koji ih obrađuje i izračunava. Udaljeni poslužitelj onda šalje slijed operacija koje se moraju izvršiti na svakom uređaju na njegov fizički sloj. Kao što je samo po sebi jasno, ovakvo rješenje se ne može primijeniti kada postoje ograničenja na vrijeme odziva, tj. kada sustav treba brzo reagirati na kritična događanja koje mogu ugroziti svoj integritet i funkcionalnost. Zaostajanje u komunikaciji i daljinska obrada može uzrokovati nepodnošljiva zakašnjenja.



Slika 4.3. *Struktura Rainbow Platorme*

Rainbow se oslanja na novu integriranu viziju koja omogućuje dizajn širokih raspona umreženih CPS-ova temeljenih na decentralizaciji kontrolnih funkcija za optimiziranje njihovih funkcija. To omogućuje iskorištavanje Swarm inteligencijskog algoritma, gdje se i kompleksni problemi dijele na one manje kompleksne i istodobno rješavaju. Isključuje se potreba za globalnim koordinatorom koji će to sve kontrolirati. Ove tehnike sustavu daju atraktivne osobine poput prilagodljivosti, tolerancije na pogrešku i samo-raspoređivanja.

Rainbow je platforma s tri sloja: udaljeni sloj, srednji sloj i fizički sloj prikazano na slici 4.3. Senzori i pogoni su direktno povezani sa računalnim čvorovima, koji su „singleboard“ računala poput Raspberry PI ili BeagleBoard, gdje oni predstavljaju virtualne objekte. Koncept virtualnih objekta ima namjeru skriti heterogenost fizičkih uređaja, u smislu sposobnosti, funkcionalnosti i komunikacijskih protokola. Nudi transparentni i sveprisutni pristup fizičkom uređaju putem sučelja aplikacije i omogućuje korisniku direktno povezivanje. Računalni čvorovi predstavljaju srednji sloj. Svaki čvor koji poslužuje virtualni objekt također ima poslužitelja. Čvor prima podatke od obje strane te šalje samo odabrane podatke, što kao posljedicu ima prijenos manjeg broja podataka na većim udaljenostima te računanje manje složene operacije. Gornji sloj rješava sve one aktivnosti koje se ne izvrše u srednjem sloju, poput zadaća koje zahtijevaju visoke računalne performanse ili kada su potrebni stariji zapisi podataka. Zapravo, svi poslovi koji se izvršavaju u stvarnom vremenu izvršavaju se u srednjem sloju.

Rainbow je razvijen od strane ICAR CNR-a u okviru RES-NOVAE projekta „Zgrade, ceste, mreže, novi, vrli ciljevi za okoliš i energiju“ financiran od strane talijanske vlade. RES-NOVAE za cilj ima implementirati nova rješenja za pametne gradove, električne mreže, opskrbu vodom, kontrolu prometa i nadzor okoliša.

5. LEAN MENADŽMENT

Pojam *lean* je prvi puta predstavljan u članku Johna Krafcika koje je objavljen u Sloan Management Review 1988. godine, na osnovu petogodišnje studije 90 tvornica automobila u 17 zemalja svijeta. Pojam je prvi put primijenjen u knjizi „Themachinethatchangedtheworld“ J.P. Womack-a i D.T. Jones-a koja je bila rezultat istraživanja IMVP-a, a gdje su autori prvi put opisali razlike između Japanske i zapadne automobilske industrije i prvi put predstavili izraz lean za Toyotin način proizvodnje^[5]. Sami korijeni leana ili neprekidnog unaprjeđivanja procesa idu još dublje u prošlost. Post-ratni Japan nakon 2. Svjetskog rata, imao je viziju sustići S.A.D. za 3 godine kao jedinu nadu za opstanak u industriji i kao pokretač ostalih promjena u državi, te su odmah prionuli na posao. Zapad daje značaj velikim idejama, velikim i značajnim doprinosima pojedinaca, dok je za Japan karakterističan timski rad i mala svakodnevna poboljšanja. Sustav uključivanja svih zaposlenika tako da aktivno rade na rješavanju konkretnih problema.

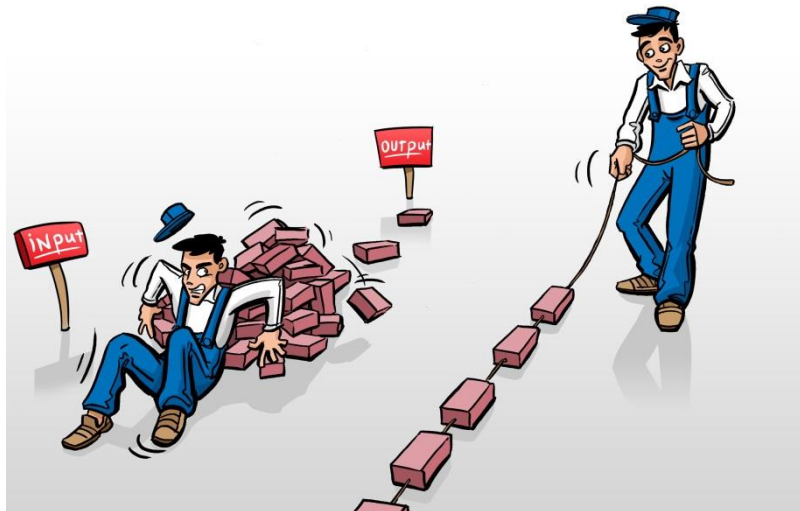
Lean je proizvodna filozofija koja kada je implementirana skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja u proizvodnom procesu. Osnovno načelo je da se proizvode točno ono što kupac želi, on bira sam vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda. Kako bi se to postiglo potrebno je organizirati proizvodne pogone i procese tako da budu što fleksibilniji i učinkovitiji, što se postiže skraćivanjem vremena proizvodnog procesa, izbacivanjem svih nepotrebnih aktivnosti, odnosno eliminiranjem ili smanjenjem svih oblika rasipanja. Glavni cilj je isporuka usluge ili proizvoda koji se potpuno podudara sa željama kupca, sa što manje gubitaka.

Postoji 9 vrsta gubitaka:

1. Prekomjerna proizvodnja: Stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržište, loše predviđanje prodaje, stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva ili se neće koristiti,
2. Transport: Nepotrebno kretanje materijala između operacija ili skladišta i neučinkovit transport informacija,
3. Čekanje: Vrijeme čekanje između operacija, vrijeme koje radnik provede čekajući na strojevima ili čekajući materijal, čekanje na isporuku,
4. Prekomjerna obrada: Previše procesa obrade, predetaljna obrada, loš dizajn, kriva ili nedovoljno dobra oprema

5. Zalihe: Visoke zalihe povezane su sa prekomjernom proizvodnjom,
6. Nepotrebni pokreti: Loš raspored strojeva, ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija ili strojeva, ručni rad kako bi se kompenzirao nedostatak proizvodnje,
7. Greške: Prekid toka zbog grešaka, nepotrebna vremena, troškovi i prostor za analizu i otklanjanje, nepotpune, netočne i nepravodobne informacije osim na proizvodu podrazumijevaju se i greške u dokumentaciji,
8. Korekcija: Ispravljanje grešaka u proizvodnji jer one povećavaju cijenu proizvoda i vrijeme proizvodnje. Potrebno je težiti prema proizvodima koji ne treba korekciju i ima 0% škarta,
9. Nepovezanost znanja: To se događa kada informacije ili znanje nisu dostupni u trenutku kada su potrebni, to se najčešće odnosi na manjkavost procedura ili njihovu nedostupnost, a kao rezultat se javljaju uska grla proizvodnje ili greške na proizvodima.

Lean djeluje po sistemu povlačenja ili „Pullsystem“ koji se najlakše može objasniti na kupac prvo mora zatražiti nešto da bi dobio, a ne stvara se sustav gdje proizvođači guraju proizvod bez sto-postotne sigurnosti da će kupac to htjeti kupiti. Tek što je marketing procesuirao narudžbu, proizvodnja može da napravi proizvod. Kreće se od kraja procesa a ne od početka procesa proizvodnje (slika 5.1.). Iako ovakav sustav izgleda dosta jednostavan i lako primjenjiv to nije tako u stvarnosti. Sistem povlačenja bi bio lagan kada trenutna proizvodnja ne bi težila proizvodnji velikog broja naručenih proizvoda i dugim periodom procesa proizvodnje, ali moramo težiti suprotnome. Kod sistema povlačenja proizvodnja se tretira kao logistička podrška marketingu. Mora postojati izuzetno jaka dvosmjerna komunikacija između marketinga i proizvodnje, kako bi kupci dobili proizvod kakav žele u trenutku kada to žele. Na taj način lean ostvaruje svoj puni efekt. Da bi se postigla fleksibilnost, transportni procesi se moraju smanjiti u odnosu na sadašnje.



Slika 5.1. Pojednostavljeni prikaz lean koncepta

Metode i tehnike koje je potrebno implementirati kako bi lean mogao efikasno funkcionirati, potrebno je da ispunjava sljedeće zahtjeve i principe:

- Prepoznavanje gubitaka: Prvi korak je prepoznavanje onoga što predstavlja vrijednost za kupca iz njegove perspektive. Bilo koji materijal, proces ili neka druga značajka proizvoda koja ne dovodi do stvaranja vrijednosti iz kupčeve perspektive je trošak i treba ga eliminirati.
- Standardizacija procesa: Lean koncept zahtijeva izuzetno precizne i detaljne proizvodne procedure koje u svakom trenutku procesa moraju točno definirati stanje materijala, vrijeme i trenutni status.
- Neprekidni tok: Lean cilja na implementaciji neprekidnog toka, oslobađajući proizvodni proces uskih grla, čekanja, prekida i preskakanja.
- Sistem povlačenja: Cilj ovakvog sustava je da proizvede samo ono što je potrebno, kada je potrebno.
- Kvaliteta: Cilj je da se greške otkriju u što ranijoj fazi proizvodnje te ukoliko se učestalo ponavljaju preispitati taj proces.
- Konstantno unaprjeđenje: Težnja prema savršenstvu konstantnim uklanjanjem gubitaka iz proizvodnje, na taj način su svi zaposlenici uključeni u proces unaprjeđivanja

Ako se ti svi principi efikasno implementiraju i svakodnevno se budu koristili, takvo poduzeće će imati^[6]:

- smanjene zalihe,
- smanjeno vrijeme ciklusa proizvodnje,
- povećati kvalitetu proizvoda,
- povećati efikasnost radnika,
- smanjiti broj grešaka,
- povećati iskorištenost strojeva i prostora,
- smanjiti skladišta.

U suvremenim uvjetima poslovanja na globaliziranim tržištima, gdje su promjene nagle i brze javlja se još veća potreba za prijelaz iz tradicionalnog koncepta u lean sustav, gdje kompanije ne uspijevaju ako ne udovolje stvarnim željama i zahtjevima kupca. Bez lean menadžmenta veoma je teško održati konkurentnost na tržištu, te su upravo to i velike države poput SAD, Japana i Njemačke i prepoznale te ulažu velike napore za primjenu u svim segmentima javnog i privatnog sektora. Državama također nije isplativa neučinkovitost sektora, čija se nesposobnost preljeva iz sektora u sektor, te će primjenom lean modela pokušati to zaustaviti. Što se tiče situacije hrvatskih tvrtki i gospodarstva u cjelini, mogli bi biti znatno konkurentniji kada bi primijenili samo neke od karakteristika lean koncepta a pogotovo sve. Većina hrvatskih tvrtki ima nisku razinu produktivnosti, slabu učinkovitost i nedovoljno su konkurentne, što ih ograničava na regionalnom i globalnom tržištu. Neke od tvrtki razmišljaju ili su već počele prakticirati lean menadžment, a to su Coca-Cola HBC Hrvatska, Auto Zubak, Končar-energetski transformatori, HT, Teh-cut, Jadranska banka, Raiffeisen banka, Novi Feromont, Dalekovod proizvodnja, Metalind te KBC Zagreb^[7].

6. PAMETNA TVORNICA

U svim dijelovima razvijenog svijeta proizvodnja napreduje tolikom brzinom da se sve više koriste pojmovi poput *pametno*. Mobiteli, automobili, klima uređaji, zapravo sve što okružuje čovjeka. Promatrajući to dolazimo do zaključka da i te pametne stvari treba netko napraviti, poboljšati njihovu proizvodnju te se sukladno tome stvaraju pametne tvornice. Dok su parni stroj, pokretna traka i automatizacija bili pokretači prve tri industrijske revolucije, pametna tvornica i inteligencija strojeva pokretač su za četvrtu industrijsku revoluciju. Napredak inteligencije elektroničkih strojeva omogućio je tvorničkoj opremi da mjeri, mijenja i komunicira, što je neslućen pomak za sve.

Budućnost pripada pametnoj tvornici.

Kontrola procesa sada više ne treba biti centralizirana, može biti preuzeta direktno s komponenti, zahvaljujući CPS-u. Ugradbeni sustavi mogu se koristiti za tumačenje podataka o okolini i sami utvrditi koje kontrolne naredbe trebaju izvršiti. Strojevi doprinose fleksibilnosti jer su dizajnirani da budu otvoreni za različite zahtjeve. Ustanju su izvršiti različite zadatke na jednom slijedu i primijeniti različite alate. Softver za kontrolu procesa i vizualizacije također mora biti dizajniran da bude otvoren i fleksibilan.

Individualni procesi proizvodnje koji će biti stalno povezani su sljedeći^[8]:

- plan proizvodnje,
- plan rada tvornice,
- razvoj proizvoda,
- logistika,
- ERP,
- MES,
- tehnologije kontrole,
- senzori i pogoni.

U pametnoj tvornici, strojevi i oprema imat će mogućnost da sami poboljšaju proces ako to uvide kroz optimizaciju i autonomno odlučivanje što je u direktnom kontrastu sa situacijom danas.

Ova promjena omogućuje niz pogodnosti, uključujući veću učinkovitost, fleksibilnost, kvalitetu i sigurnost, kao i lakše održavanje, uštedu energije i smanjenje troškova proizvodnje. Važnost ovakvog pomaka u novu proizvodnju (tzv. pametne tvornice) ne može biti preneglašen. U budućnosti, svi oblici industrija morat će postati inteligentniji ako žele biti konkurentniji na tržištu.

Inteligencija dolazi od naprednih integriranih sklopova koji pružaju mjerenje, očitavanje, kontrolu, upravljanje energijom, žičnu i bežičnu komunikaciju. Proizvođači opreme će morati uvesti ili dodati više takve sofisticirane elektronike u cilju poboljšavanja izbora, povećanja prodaje i zadržali konkurentnost. Senzori širom prostora proizvodnje u kojem se nalaze neprekidno će izvještavati o uvjetima, i to preko bežične komunikacije putem usluga Interneta. Programibilne logičke kontrolne jedinice i softver imat će sve veću ulogu, zajedno sa složenim sustavima koji reguliraju čitave katove tvornica i omogućuju razmjenu podataka strojeva i njihovih operacija diljem tvornice.

Automatizacija tvornice je optimizirana da proizvede identične ili gotovo iste proizvode, učinkovito i brzo te pritom smanjujući troškove proizvodnje. Varijacije proizvoda i njegov dizajn zahtijevat će određen stupanj fleksibilnosti koji će biti ugrađen u proces. Ovisno o zadanoj fleksibilnosti, to će nekada zahtijevati ponovno pokretanje opreme i strojeva, što može smanjiti volumen izbačenih proizvoda i povećanje troškova te je potrebno napomenuti da to često ovisi i o modelu opreme i strojeva.

Oprema ili programi koji omogućavaju poboljšanje, tj. povećavaju postotak u kvaliteti, pouzdanosti i sigurnosti predstavljaju jednokratni trošak koji će imati itekako pozitivne dugoročne vrijednosti. Veća elektronička inteligencija može unaprijediti proces proizvodnje pružajući pritom fleksibilnost, imajući pritom niže troškove proizvodnje, poboljšanje kvalitete, pouzdanosti i sigurnosti. Raznolikost proizvoda je nešto što tržište i ljudi vole, sukladno tome, što proizvod može više varirati, to postaje sve kompetentniji. Kada inteligentna oprema u tvornici može podnijeti varijacije proizvoda automatski, manja proizvodnja istih postaje moguća bez značajnog povećavanja troškova proizvodnje. Na taj način pametne tvornice omogućuju veću raznolikost proizvoda i smanjuju životni ciklus proizvoda potreban za proizvodnju.

Da bi se postigao taj stupanj fleksibilnosti, inteligencija mora biti ugrađena i u najmanje korake procesa. U proizvodnji automobila, primjerice, moguće je postojanje više od dva milijuna različitih varijanti. Upravo u takvim mogućnostima sustav se mora znati nositi stime.

Čak i u naizgled najjednostavnijim operacijama i alatima kao što je npr. odvijač, treba automatski prilagoditi glavu (slika 6.1.) ili okretni moment koji može djelovati na čelični ili plastični dio. Drugi primjer je 3D printer koji ima ekstremnu fleksibilnost, Naime, može se lako prilagoditi stvaranju različitih prototipova, malom ili velikom broju izbačenih proizvoda i čak pritom mijenjati materijal.



Slika 6.1. *Robotska ruka izrađuje komponentu*

Komunikacija je veoma važan dio šire slike. Inteligentni procesi se mogu prilagoditi potrebama korisnika i proizvoda te neposredno odgovoriti na zahtjev, tj. potrebu kupca. Važno je napomenuti da, ako budu potrebne značajne promjene procesa u proizvodnji, one se mogu konfigurirati programiranjem te na taj način brzo i jeftino osigurati zahtjeve proizvoda, tj. potrebu korisnika bez kupovanja skupocjene tvorničke opreme.

Inteligentni nadzor omogućuje bolje predviđanje u održavanju, povećanju stabilnosti i sigurnosti procesa proizvodnje. Očitavanje vibracija, kao primjer, može dati rano upozorenje kada motori, ležaj ili nešto drugo zahtijeva pregled ili popravak. Održavanje se može olakšati ako procesi i proizvodi daju izvještaj nakon izvršene radnje, tako da se kontroliraju izlazi te se automatski javlja kada se nešto neplanirano dogodi ili kada se dio procesa uopće ne dogodi. Dobro održavani strojevi također su puno sigurniji za radnike koje ih kontroliraju, održavaju

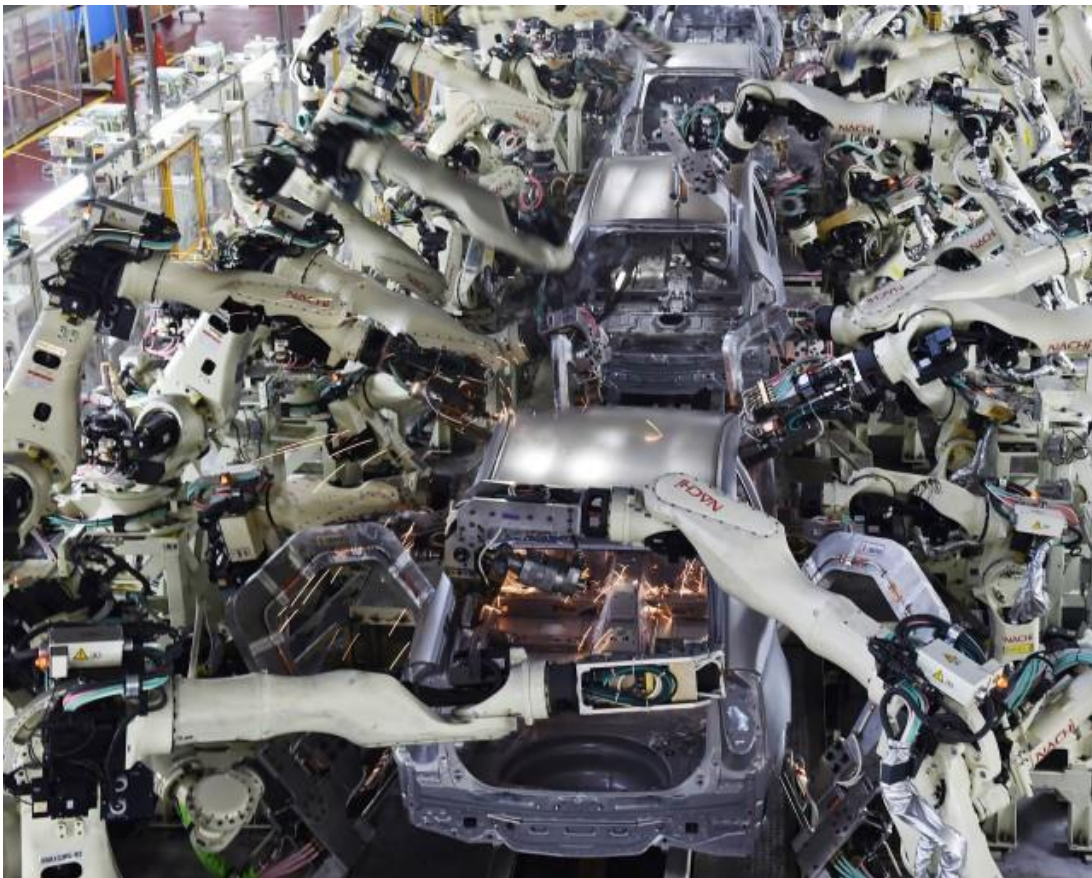
ili rade na njima. Jedan od primjera svakako je robotska ruka koja danas mora biti u zatvorenom prostoru, upravo kako bi se izbjegli udarci robotske ruke prema radniku. Radi se i na tome da u budućnosti senzori i inteligencija usmjeravaju robota da prestane s nekom radnjom ili napravi alternativni zadatak ako je čovjek nadohvat robota. Sigurniji roboti će također brže naći nove upotrebe, poput udruživanja s ljudima u poslu, od najbanalnijih primjera poput premještanja teških objekata pa nadalje. Fleksibilniji procesi koji omogućuju razvoj širokih varijacija proizvoda i proizvodnja malog broja takvih proizvoda također će biti isplativa tvornicama, a s druge će strane više ljudi htjeti platiti za proizvod napravljen prema njihovim željama.

Pametna tvornica predstavlja fundamentalnu promjenu u načinu postavljanja proizvodnih procesa i načina na koji su oni organizirani. Promjene koje dolaze s novom industrijskom revolucijom nisu striktno ograničene i nepovezane s onim što se prije smatralo tradicionalnom proizvodnjom te bi se moglo reći da je sada to sve brže, pouzdanije i fleksibilnije. Sustavi pametnih tvornica mogu pokriti cijeli životni ciklus, od inženjeringa i proizvodnje do održavanja, nadogradnje i u krajnjem slučaju recikliranja. Elektronička inteligencija u svakoj fazi procesa daje još veću vrijednost proizvodu, poboljšava zadovoljstvo kupca i postiže ciljeve poput uštede energije i smanjuje otpadni materijal. Energija za upravljanje se također može razviti fleksibilno, strojevi se organiziraju samostalno te tim organiziraju isplativiju potrošnju energije, gdje oni komuniciraju sami sa sobom.

Više razine modula za planiranje i kontrolu bit će „cloud-based“ te će promijeniti postojeći sustav piramide. Razina automatizacije će porasti te će administracijski i analitički zadaci biti automatski rješavani. Kako bi mogli djelovati fleksibilno, tj. rješavati komplekse zadatke bit će potrebni i kompleksni izračuni i operacije. Počevši s obradama naloga, preko planiranja i proizvodnje do logistike i upravljanja resursima, proces povezivanja različitih razina u tvornici omogućit će još brži razvoj, a moguće je i da kompaniju podigne iznad njenih očekivanja. Međutim, svi procesi moraju stalno biti u koordinaciji jedan sa drugim.

Pametne tvornice komunicirat će putem brže stope prijenosa podataka. Danas, FastEthernet sa 100 Mbps standard je za industrijske primjene. U IT svijetu Gigabit Ethernet je nešto potpuno normalno. Većina današnjih računala podržava ovu razinu prijenosa podatak, srećom većina novih čipova su integrirani i imaju mogućnost Gigabit Etherneta, osim toga napredak u području poluvodiča i vodiča dovest će do smanjenja potrošnje energije. Tako da današnje primjedbe za veliku potrošnju Interneta uskoro će biti zanemarive.

Provedba pametnih tvornica zahtijeva poveću harmonizaciju sučelja i jezika. Veliki bazeni podataka i jednak pristup tim podacima je također potreban. Ipak, programi sve moraju napraviti neovisno o određenom hardveru i dobiti podatke iz različitih izvora, na način da mogu procesirati i staviti na izlaz u traženom formatu. Samo na taj način će prevladati nove mogućnosti kao što su: procjena procesa proizvodnje prema djelatnosti i učinkovitosti, ergonomija radnih prostora i opskrba materijalima. Pravilno implementirane, tvrtke mogu znatno povećati fleksibilnosti s manjim troškovima proizvodnje u isto vrijeme (primjer je pokazan na slici 6.2.).



Slika 6.2. Prikaz postrojenja tvornice Toyote

Zahtjevi potrebni za izradu pametne tvornice dijelom su već stvoreni ili se sada stvaraju. To znači da nabava novih strojeva i novih softvera, stvaranje novih saveza i dogovora, kupnja usluga već sada mora biti usmjerena na buduće načine rada. Čak nije ni toliko važno biti prvi, već je mnogo važnije da se nove mogućnosti iskorištavaju učinkovito kao npr.:

- ciljana priprema fleksibilne proizvodnje u ekstremnim slučajevima,

- spremnost da se dobavljačima i potrošačima omogući bližu uvid u procese tvrtke i automatizirano dijeljenje informacija između njih,
- spremnost na IPv6 i komunikaciju s komponentama,
- novi softver za planiranje, kontrolu, vizualizaciju i analizu koji se mora prilagoditi fleksibilno i pojedinačno,
- umrežavanje mora omogućiti komunikaciju izvan korporativnih ograničenja i sve jedno ostati siguran^[9].

Nova promišljanja o navedenoj tematici su potrebna te se ljudi koji su uključeni moraju sami upoznavati s novim konceptima. Radnici i nadzornici moraju razumjeti što točno sustav radi da bi ga mogli unaprijediti. Umrežene tvrtke i interdisciplinarnе suradnje čine koncept pametne tvornice mogućim. Promjena ne mora biti revolucionarna, ali mora biti dobra za industriju. Strojevi imaju duge životne cikluse, koncepti koji funkcioniraju trebaju se što manje mijenjati tako da inženjeri i operateri mogu koristiti ono što je već netko uspješno koristio i testirao. U studiji „Automation 2020“ udruga njemačkih inženjera postavila je pitanje „Čime se trebamo pozabaviti?“ i zaključili su da je *složenost* bio jedan od najčešćih problema. U svjetlu nadolazećih promjena kao što su CPS, IoT i pametna tvornica potrebno je spoznati koliko je važno započeti pripremanje i educiranje inženjera, stručnjaka za automatizaciju, administratore i IT stručnjake za promjene koje dolaze te ih osposobiti da svoje alate i vještine prilagode i poboljšaju te postanu kompetentniji u onome što rade.

Visoke performanse i pouzdana komunikacijska tehnologija premašit će ono što je sada u upotrebi. Ova tehnologija omogućit će:

- prijenos velike količine podataka u realnom vremenu i uz minimalno kašnjenje,
- spajanje velikog broja individualnih uređaja pouzdano i sigurno,
- sve veća upotreba bežičnih tehnologija kako za unutar tvornice ili postrojenja tako i za daljinsko upravljanje,
- djelovanje na energetske učinkovite načine.

Ono što će se tražiti u budućnosti, više nego ikada prije, jest softver koji može analizirati brzo, pružiti podatke u razumljivom obliku i, najviše od svega, da se njime upravlja jednostavno i sigurno. To je iz razloga što, bez obzira na napredak u strojarstvu i ostalim područjima, ljudi ipak ostaju odlučujući faktor. Sukladno s time, od traži se da događaje interpretiramo ispravno, reagiramo i donesemo odluke brzo. Potrebni su ljudi koji se brže i lakše

prilagođavaju promjenama, ažuriraju svoje znanje i stalno su otvoreni za nove tehnologije. Ljudi će, međutim, prije svega trebati biti visoko kvalificirani, imati više ovlasti i biti u poziciji da analiziraju raznovrsne informacije i najbolje to iskoriste. Dakle, ljudi igraju važnu odnosno presudnu ulogu u pametnoj tvornici.

Pojedine studije predlažu i Pametnog voditelja tvornice. To bi trebalo nadopuniti mjesto rukovoditelja tvornice iz prijašnjih modela. Neke od uloga Pametnog voditelja su:

- utjecaj na izgradnju proizvoda visokih performansi,
- održavati stabilnu i jasnu viziju kada dođe do nepredvidivosti, imati jasne prioritete te zadržati glavu iznad vode,
- predvidjeti tržište i tehnički razvoj,
- raditi na integraciji pametne tvornice u kulturu u život ljudi,
- balansirati financijski rizik, troškove, kvalitetu i sigurnost,
- usko su povezani i imaju jak osobni interes ili specijalnost u tehnologijama srodnim pametnoj tvornici te sposobnost za interakciju kada dođe do tehničkih problema,
- ima strast ili talent upravljanja svim dijelovima organizacije.

Sedam ključnih koraka prema ostvarenju koncepta pametne tvornice^[10]:

- Zbližiti ljude da skupa rade,
- Naći zajednički jezik,
- Definirati poslovne ciljeve,
- Odrediti idealni status,
- Analiza troškova i dobiti, investicijski plan te poslovni plan,
- Pronaći odgovarajuće tehnologije, vodeći računa o troškovima i dobiti,
- Implementacija i stalno poboljšanje.

Najbolji primjeri pametne tvornice su velike tvrtke poput Siemens, Toyote i Audia i drugih, gdje su već počeli sa konceptom pametnih tvornica i industrijom 4.0. Siemensovo postrojenje u Ambergu^[11] u Njemačkoj je 108,000 kvadratnih stopa s visokim stupnjem tehnološke opremljenosti, subjekt radi učinkovito, pri čemu uključuje 1.6 milijardi komponenta za više od 50.000 godišnjih varijacija proizvoda pri čemu dobavljaju materijale od 250 dobavljača.

Beskrajne varijable i nevjerojatno složen proces proizvodnog lanca koji premašuju mogućnosti tradicionalne tvornice. Sa samo 1.100 zaposlenika koji su stručni i spremni izvršavati razne poslove i operacije tvornica učinkovito radi. Prema istraživanju Gartner Industry-aprovedenog 2010. g. tvornica Amberg bilježi samo oko 15 grešaka namilijun uzoraka i uživa stopu od 99% pouzdanosti i 100% praćenju proizvoda na svojim pokretnim trakama. Kako oni kažu „ključ za ovaj čaroban rad je gusta mreža tehnologija koje su integrirane i surađuju na pametniji te time učinkovitiji način u cjelini“. Tvornica budućnosti ili pametna tvornica, raj učinkovitosti gdje nema kvarova i zastoja, gdje su otpad i dugo čekanje stvar prošlosti. Svjetlucaj svijet koji je međusobno povezan pametnim strojevima, pametnim radnicima i mrežom između njih pa sve do kupaca, analitičara čini se da je ispred vrata.

7. INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 4.0

Industrija ima središnju ulogu u ekonomiji Europske unije te služi kao ključni čimbenik za istraživanja, inovacije, produktivnost, otvaranje novih radnih mjesta i izvoz. Industrija generira 80% inovacija i 75% izvoza EU-a. Industrija bi se, ako se u obzir uzme njezin utjecaj na usluge, mogla smatrati društvenim i ekonomskim motorom Europe. Ipak, europska industrija je izgubila mnoge proizvodne poslove u posljednjih desetak godina i suočava se sa sve jačom konkurencijom industrija koje su tek u nastajanju.

Duh deindustrializacije trenutačno opsjeda Europske vlade i Europsku komisiju, no, unatoč tomu, oni se trude potaknuti podržavajući trend koji će potaknuti poduzetnost. Europska industrija je svakojaka, dok industrijski sektor Njemačke dobiva sve veći udio na tržištu i njegova produktivnost raste, druge su države EU-a tek na putu do industrijalizacije. Francuska i britanska industrija se od 2000. godine drastično smanjuje, a južne europske zemlje su u još gorjoj situaciji^[12]. Postavlja se pitanje je li industrijski preokret ili slom Europi potreban da bi napokon shvatila?

U pametnom, umreženom svijetu, IoT i ostale usluge bit će prisutne u svim aspektima života. Industrija 4.0, industrijska revolucija 4.0 ili četvrta industrijska revolucija imena su jedne stvari. Industrija 4.0 je usmjerena na stvaranje pametnih proizvoda, procedura, procesa i na kraju cijele proizvodnje. Pametne tvornice su ključna značajka Industrije 4.0. Pametne tvornice su sposobne upravljati složenim procesima, manje su sklone prekidima te su u stanju učinkovitije proizvoditi. U pametnim tvornicama, ljudi, strojevi i resursi međusobno komuniciraju te im je takav način interakcije sasvim prirodan. Pametni proizvodi će znati pojedinosti o tome kako su napravljeni i kako trebaju biti korišteni. Oni aktivno podupiru taj cijeli proces, odgovarajući na pitanja „Kada sam napravljen?“, „Koje parametre trebam koristiti za obradu?“ ili „Gdje trebam biti dostavljen?“. Pametne tvornice i sve ono što one predstavljaju bit će ključna komponenta za sutrašnje pametne infrastrukture.

Postizanje svega onoga što koncept Industrije 4.0 nudi je dugoročan projekt te će napredak biti postepen. Ako europske industrije, a pogotovo Njemačka industrija (jer koncept Industrije 4.0 idejno njemački), žele preživjeti i napredovati, morat će voditi aktivnu ulogu u oblikovanju četvrte industrijske revolucije. Potrebno se osloniti na prednosti već postojeće i jake njemačke industrije i njemačke istraživačke zajednice poput:

- tržišno vodstvo u proizvodnji strojeva i postrojenja,
- razvijen IT sektor,
- vodeći inovatori na području ugradbenih sustava i automatizaciji,
- visoko kvalificirani i visoko motivirani zaposlenici,
- neposredna blizina i suradnja sa dobavljačima i korisnicima,
- izvanredna istraživanja i centri za obuku.

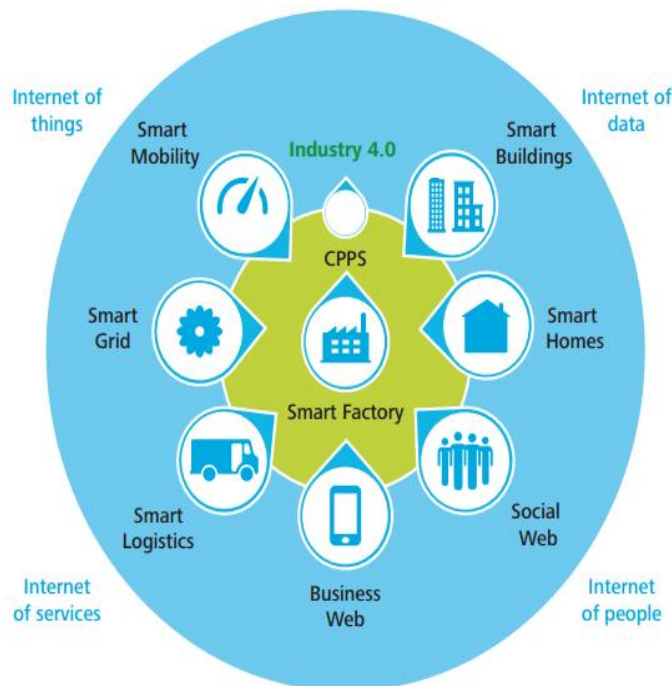
Industrija 4.0 će isporučiti veću fleksibilnost i robusnost zajedno s najvišim standardima kvalitete u tehnici, planiranju, proizvodnji i operativnim i logističkim procesima. To će dovesti do pojave dinamičnih „real-time“, samo-organizirajućih vrijednosti koje mogu biti optimizirane s obzirom na razne kriterije poput troškova, dostupnosti i potrošnje resursa. Trebat će razvojna okruženja kao i standardna sučelja koja će omogućavati sve te procese.

Sljedeći aspekti obilježavaju viziju Industrije 4.0^[13]:

- Nova razina interakcije između svih aktera i resursa uključenih u proizvodnju. To će uključivati sustave koji su autonomni, sposobni za kontrolu u različitim situacijama. Osim toga, trebaju biti opremljeni sensorima, samostalno konfigurirane moraju moći sudjelovati u planiranju. Kao glavna komponenta ove vizije, pametna tvornica će biti ugrađena unutar poduzeća te će obuhvaćati proces proizvodnje ali i također proizvod koji je napravljen. Iako su pametne tvornice dosta složene, procesi i upute za rukovanje trebat će biti pojednostavljeni za ljude koji na njima rade, tako da cijeli sustav bude istovremeno održiv za okoliš i isplativ.
- Pametni proizvodi Industrije 4.0 jedinstveno su identificirani i mogu se locirati u svakom trenutku. Čak i dok je proizvod u procesu pravljenja, on će znati detalje vlastitog proizvodnog procesa. To znači da će u određenim sektorima pametni proizvodi moći kontrolirati pojedine faze svoje proizvodnje te će biti moguće da gotovo svi proizvodi znaju parametre unutar kojih mogu optimalno funkcionirati i biti u stanju prepoznati znakove oštećenja.
- U budućnosti Industrije 4.0 bit će moguće ugraditi pojedinačne specifikacije u dizajnu, konfiguraciji, naručivanju, planiranju, proizvodnji, upravljanju i fazama recikliranja. Te zahtjeve će biti moguće ugraditi neposredno prije početka procesa ili čak tijekom proizvodnje te će biti

moгуće proizvesti jednokratne stavke i vrlo male količine proizvoda a da, u konačnici, budu profitabilne.

- Implementacija Industrije 4.0 će zaposlenicima omogućiti kontrolu, regulaciju i konfiguraciju pametnih procesa proizvodnje ovisno o situaciji i ciljevima. Zaposlenici će biti oslobođeni potrebe za obavljanjem rutinskih zadataka, omogućujući im pritom da se usredotoče na kreativne, dodatne vrijednosti. Time će se zadržati uloga u osiguravanju kvalitete, a u isto vrijeme fleksibilni uvjeti rada će omogućiti veću kompatibilnost između njihovog rada i njihovih osobnih potreba.
- Provedba vizije Industrije 4.0 će zahtijevati daljnje širenje mrežne infrastrukture i specifikacija mrežnih usluga (slika 7.1.). To će omogućiti visoku mrežnu propusnost za aplikacije koje komuniciraju sa većom količinom podataka, a vrijeme je, u ovom slučaju, od neupitnog značaja



Slika 7.1. Područje djelovanja Industrije 4.0

Industrija 4.0 dovest će do razvoja novih poslovnih i partnerskih modela koji su više usmjereni prema ispunjavanju pojedinačnih zahtjeva. Novi poslovni modeli će pružiti rješenja

na pitanja poput cijene proizvoda, uzimajući u obzir kupca i konkurenta te pitanja koja se odnose na kvalitetu proizvoda. Regulacijska rješenja poput smanjenja emisije CO₂ mogu se i trebaju integrirati u poslovne modele, tako da oni moraju biti ispunjeni. „Usecase“ scenariji Industrije 4.0 su opsežni te će trebati biti provedeni na području cijele branše, a ne samo na području jedne tvrtke, jer profitabilnost takve studije koja ima neograničene scenarije vjerojatno je negativna. Takve studije će povećati broj pitanja u vezi financiranja, razvoja, pouzdanosti, rizika, odgovornosti i zaštite. Što se tiče organizacijske mreže, presudno će biti da obveze budu pridodanetočnim objektima unutar poslovne mreže uz odgovarajuću dokumentaciju kao nešto što se ne smije nipošto zaboraviti.

Detaljno praćenje poslovnih modela stvarnom vremenu također će igrati ključnu ulogu u dokumentacijskom procesu, gdje će sustav uvijek moći pokazati koji su uvjeti ispunjeni, odnosno koji nisu ispunjeni. Pojedinačni koraci poslovnih procesa pratit će se svakom trenutku te će postojati dokumentirani dokazi o njihovom završetku. Kako bi osigurali učinkovito pružanje pojedinih usluga, bit će potrebno točno utvrditi kako bi mogao izgledati radni vijek ciklusa te, sukladno tomu, donijeti odluku koji od tih modela je najbolji. S obzirom na nepredvidive globalne efekte koje će izazvati Industrija 4.0 i vrlo dinamično okruženje, nove tehnologije i njihov utjecaj na pravna pitanja poput osjetljivosti podataka poduzeća, odgovornost zaštite podataka, trgovinska ograničenja, korištenje kriptografije, itd. može predstavljati opasnost za postojeće zakonodavstvo. Kratki ciklusi inovacije rezultirat će potrebom za stalnim ažuriranjem regulatornog okvira i uzrokovati slabosti u smislu provedbe. Ostaje pitanje hoće li, stoga, biti potrebno prihvatiti nove tehnologije prije ili poslije testiranja, jer postavlja se pitanje ima li smisla obavljati testiranje ako će cijeli proces na kraju biti odbijen.

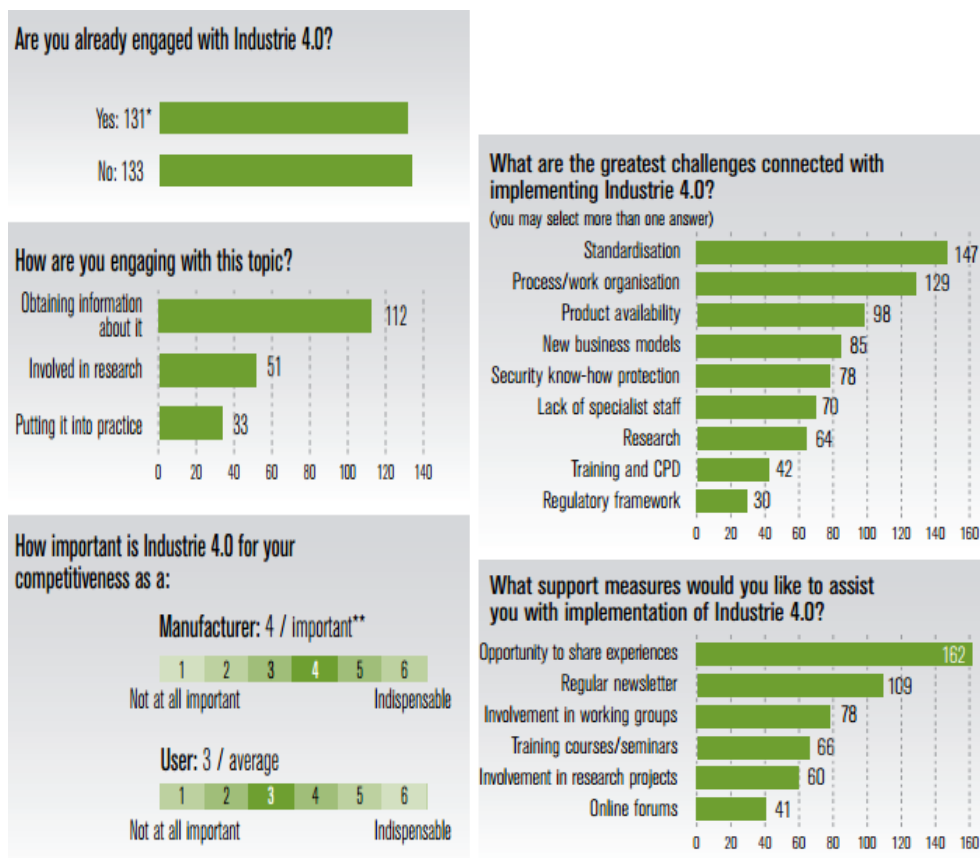
Industrija 4.0 će donijeti niz inovacija zemljama koje su u demografskim promjenama. Njemačka ima čak drugu najstariju populaciju na svijetu odmah nakon Japana, dok je prosječna dob radne snage u mnogim njemačkim tvrtkama koje se bave proizvodnjom sredina četrdesetih godina. Broj mladih zaposlenika je stalno u padu i već postoji nedostatak stručnjaka i kandidata za pripravnički staž u pojedinim zanimanjima. Kako bi se osiguralo da demografske promjene ne utječu na način trenutnog života, bit će potrebno da Njemačka bolje koristi tržište rada u Industriji 4.0. Bit će osobito važnospovećati udio starijih ljudi i žena. Najnovija istraživanja ukazuju da individualna produktivnost ne ovisi o dobi, nego o iznosu vremena koji su proveli na pojedinoj poziciji, načinu organizacije rada i radne okoline. Ako se produktivnost uspije povećati, bit će potrebno uskladiti i transformirati nekoliko različitih

aspekata na radnom mjestu, uključujući zdravstvenu brigu, organizaciju rada, cjeloživotno obrazovanje i modele karijera. To je izazov koji moraju ispuniti poduzeća, ali i obrazovni sustav. Dakle, neće samo novi tehnički, poslovni i pravni čimbenici utjecati na buduću konkurentnost, nego i društvena infrastruktura. Radnici u Industriji 4.0 će na radnom mjestu imati daleko veću sposobnost djelovanja u procesima inovacije na način koji je njemu primjeren.

Inicijativa Industrije 4.0 će potaknuti suradnju industrijskih poslovnih procesa i povezanih poslovnih mreža za sve aspekte pametne tvornice i životnog ciklusa svih pametnih proizvoda. Usluge i aplikacije koje pružaju ovakve platforme će još više međusobno povezati ljude, objekte i sustave te će oni posjedovati sljedeće značajke:

- fleksibilnost pružanja brzo i jednostavnih usluga i aplikacija, uključujući CPS,
- jednostavna raspodjela i implementacija poslovnih procesa,
- sveobuhvatni, sigurni i pouzdani „backup“ cijelog poslovnog procesa,
- sigurnost i pouzdanost za sve od senzora do korisničkih sučelja,
- podrška za mobilne uređaje,
- podrška za suradničke proizvodnje, usluge, analize i predviđanja procesa u poslovnim mrežama.

Provedba Industrije 4.0 uključivat će evolucijski proces koji će tvrtke iskoristiti za napredak u pojedinim, a možda i svim, sektorima. Istraživanje o izgledima Industrije 4.0 provedeno 2013. godine od strane udruga BITKOM, VDMA i ZVEI potvrdilo je važnost ove teme za konkurentnost Njemačke industrije i utvrđeno je da treba više znanja i ciljanih podataka za provedbu Industrije 4.0. 47% tvrtki koje je sudjelovalo u istraživanju već aktivno sudjeluju u razvoju Industrije 4.0, 18% tih tvrtki je sudjelovalo u razvoju , dok 12% tvrde da su to već testirali u praksi.



Slika 7.2. Rezultati ankete o Industriji 4.0 na njemačkim poduzećima

Tri najveća izazova su standardizacija, organizacija rada i dostupnost proizvoda (prikazano na slici 7.2.). Pored aktivnog sudjelovanja, tvrtke su zatražile organiziranje ciljanih seminara gdje se mogu podijeliti iskustva i bilteni. Profesionalne udruge će igrati važnu ulogu u osiguravanju stalnog protoka informacija, usko surađujući s partnerima, akademskim zajednicama i javnosti. Oko 50% ispitanih tvrtki reklo je da su već dobili informacije o Industriji 4.0 preko svojih strukovnih udruženja.

Njemačka vlada je, u ožujku 2012. godine, donijela „High-Tech Strategy Action Plan“ za daljnju implementaciju te visoke tehnološke strategije. Akcijski plan se identificira s 10 projekta budućnosti, koji se smatraju kritičnim za nova inovacijska istraživanja i rješavanje trenutnih problema. Unutar tih okvira, specifični ciljevi inovacija provodit će setijekom idućih 10-15 godina te je, za razdoblje od 2012. do 2015. godine, izdvojen proračun od 8,4 milijarde eura. Sljedeći projekti su identificirani kao ključni:

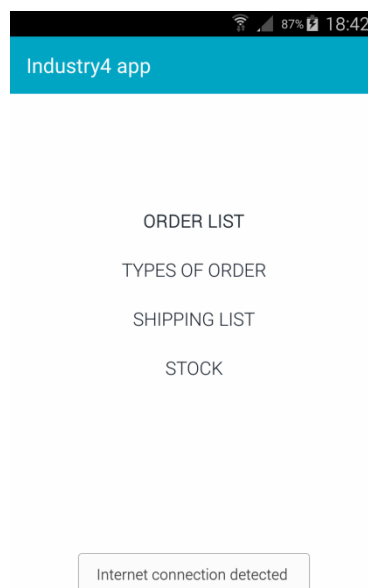
1. CO₂ nepristran, energetski učinkovit i klimatski prilagođen grad
2. Obnovljivi izvori energije kao alternativa nafti
3. Inteligentno restrukturiranje proizvodnje energije

4. Borba bolesti zasebnom medicinom
5. Poboljšanje zdravlja preventivnim mjerama i prehranom
6. Samostalan život starijih osoba
7. Održiva mobilnost
8. Internetske usluge za gospodarstvo
9. Industrija 4.0
10. Sigurnost identiteta

Mjere za uspješno realiziranje ovih projekata koordinirani su između ministarstava i odjela. Svi zainteresirani iz područja industrije ili istraživanja uključeni su u planiranje i dizajn projekata. Intenzivna suradnja između vlade i nevladinih organizacija te ljudi ključan je čimbenik za uspjeh High-TechStrategyja.

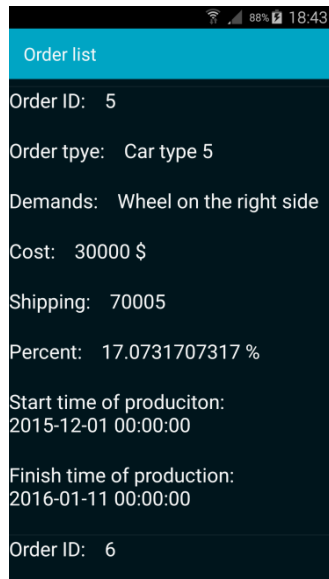
8. ANDROID APLIKACIJA

Android mobilna aplikacija pod imenom „Industry4 app“ ima 5 sučelja, preko kojih aplikacija komunicira sa korisnikom. Korisnik ove aplikacije je pod pretpostavkom vlasnik, rukovoditelj ili osoba na višem položaju u tvornici ili poduzeću koja je ovlaštena za uvid u slijedeće stavke aplikacije. Aplikacija prikuplja podatke iz baze podataka čiji je sadržaj postavljen kao da se radi o pametnoj tvornici koja proizvodi automobile. Aplikacija je prema standardima Četvrte industrijske revolucije, tj. mora uvijek biti spojena na Internet, inače se podaci na aplikaciji neće moći učitati. To ćemo moći provjeriti pri samom pokretanju aplikacije gdje će se pokazati poruka koja će naznačiti jesmo li spojeni na Internet. Početno sučelje, tj. glavni izbornik sadrži 4 botuna, preko kojih odabiremo što želimo vidjeti. Ponuđene opcije su: „ORDER LIST“, „TYPES OF ORDER“, „SHIPPING LIST“ i „STOCK“ (slika 8.1.).



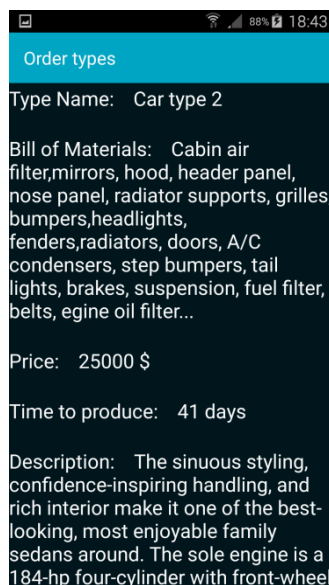
Slika 8.1. *Glavni izbornik*

Pritiskom na botun „ORDER LIST“ otvara se lista svih narudžbi koje se trenutno proizvode, sa podacima: „Order ID“, „Ordertype“, „Demands“, „Cost“, „Shipping“, „Percent“, „Start time of production“ i „Finish time of production“, gdje korisnik ima uvid u glavne značajke jedne ili svih narudžbi (slika 8.2).



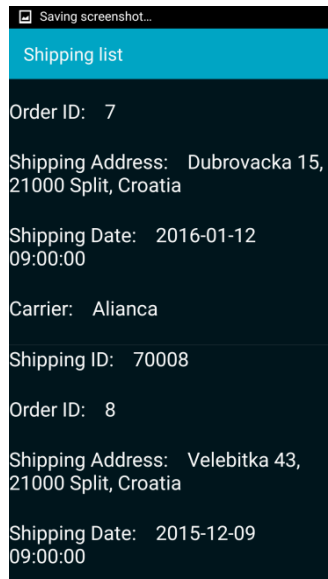
Slika 8.2. Sučelje za prikaz detalja svih narudžbi

Odabirom „TYPES OF ORDER“ otvara se lista svih mogućih tipova narudžbi, tj. u ovom slučaju tipova auta koja se proizvode u tvornici, stoga ako nas zanima više detalja o tipu naše narudžbe odabrati ćemo ovaj botun. Podaci koji su dostupni su: „Type ID“, „TypeName“, „Bill of Materials“, „Price“, „Time to produce“ i „Description“ (slika 8.3.).



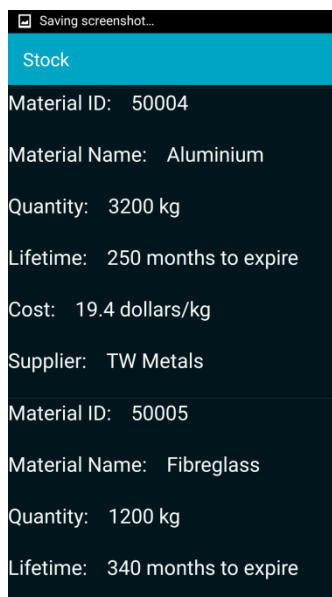
Slika 8.3. Sučelje za prikaz svih tipova narudžbi

Ako odaberemo „SHIPPING LIST“, imat ćemo uvid u listu dostava narudžbi; podaci koji se vide u tom sučelju su: „Shipping ID“, „Order ID“, „ShippingAddress“, „Shipping Date“ i „Carrier“ (slika 8.4). Ukratko, imamo sve potrebne podatke za dostavu povezane s ID-em narudžbe, pri čemu se lako snalaziti.



Slika 8.4. Sučelje sa popisom dostava

Zadnji botun je „STOCK“ koji pokazuje stanje u ulaznom skladištu. Prikazani podaci su: „Material ID“, „Materialname“, „Quantity“, „Lifetime“, „Cost“ i „Supplier“ (slika 8.5.). U ovom sučelju je također prikazana lista svih materijala u skladištu, te svi njihovi bitni podaci.



Slika 8.5. Prikaz liste materijala u skladištu

9. ZAKLJUČAK

Ovo je razdoblje na prijelazu između Treće i Četvrte industrijske revolucije. Za ulazak u novu industrijsku revoluciju potrebno je još puno rada koji se sastoji od novih istraživanja, testiranja i provedbi onih starih, kao i dokazivanja primjene istraživanja u praksi te provjere njihove funkcionalnosti.

Pametne Tvornice čine osnovu Četvrte industrijske revolucije te bez pravilnog funkcioniranja Pametne Tvornice, Četvrta industrijska revolucija neće biti moguća. Cilj Pametne Tvornice je da korisnik preko svojih uređaja od doma ili posla može naručiti proizvod po svojoj želji, da sam odlučuje od čega će proizvod biti napravljen, koje će boje biti te ostale njemu bitne specifikacije, ali da pritom cijena toga naručenog proizvoda ostane približno ista te da je rok za isporuku proizvoda što kraći, jer upravo je fleksibilnost ključna u cijelom procesu kupovine i odabira proizvoda. S druge strane, vlasnik ili grupa vlasnika takvih tvornica moraju osigurati sebi profit i po takvim uvjetima. Da bi proizvođači ostali konkurentni na tržištu morat će prihvatiti takav koncept proizvodnje, strojevi i ljudi u takvim tvornicama moraju biti isto učinkoviti kao da se radi o proizvodnji jedne, iste stvari, ako ne i učinkovitiji. Proizvodnja mora imati što manje gubitaka te biti što brža. Strojevi, stvari i ljudi u takvim postrojenjima će međusobno komunicirati te će u svakom trenutku rada morati imati sve informacije i alate potrebne za rad. Jedna od glavnih stavki ovoga procesa je da kupac i radnik ili vlasnik tvornice u svakom trenutku od narudžbe do trenutka dostave ima uvid u stanje u kojem se nalazi proizvod te gdje se u trenutnom vremenu on točno nalazi. Tu mogućnost će iskoristavati i strojevi i ljudi koje rade na proizvodu, tako da mogu, ako dođe do neplaniranih situacija, odmah djelovati.

Jedno od gorućih pitanja ove revolucije je što je sa radnim mjestima? Situacija je veoma jasna što se tiče toga, ako ljudi žele da sve oko njih napreduje morat će i sami biti spremni na tu promjenu. Sigurno će se ukinuti veliki broj radnih mjesta koja su lako zamjenjiva kompjutorima ili strojevima, ali se otvara veliko područje rada u znanosti, poslovima održavanja te opreme, rada sa strojevima i sl., sukladno s tim ljudi će se morati više obrazovati, više istraživati da bi mogli pridonijeti stalnom poboljšanju kojem težimo te si osigurati posao.

Važno je napomenuti da Četvrta industrijska revolucija ili Industrijska revolucija 4.0 neće biti izvediva ako se ne udruže snage. Razvijanje koncepata, strojeva, tvornica individualno,

samo će joj odmoći. Od ključnog značaja je standardiziranje protokola, opreme i poslova bitnih za tu veliku promjenu te spremnost na otvorenost i dijeljenje stečenih znanja.

Praktični dio rada napravljen je kao simulacija uvida u sve procese Pametne tvornice u Četvrtoj industrijskoj revoluciji za vlasnika ili rukovoditelja te tvornice. Android aplikacija mora biti stalno spojena na Internet da bi joj se moglo pristupiti te se uvijek vidi stanje narudžbe od procesa izrade do dostave, kao i stanje na skladištu. Dodatne nadogradnje su moguće, poput unosa narudžbe preko aplikacije te upis te narudžbe u bazu podataka, iz koje „sustav u tvornici“ započinje proces izrade naručenog proizvoda.

LITERATURA

- [1] TheEditorsofEncyclopediaBritannica: „Industrial Revoultion”,<http://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution,s> Interneta ,29.studenog 2015.
- [2] „Definingthe Third Industrial Revolution”,<http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/services/manufacturing/stories/pages/additive-manufacturing-is-defininf-the-third-industrial-revolution.aspx,s> Interneta ,27.studenog 2015.
- [3] Mattern, F.;Floerkemeier, C.: „Fromthe Internet ofComputers to the Internet of Things”,<http://vs.inf.ethz.ch/publ/papers/Internet-of-things.pdf,s> Interneta ,28.listopada 2015.
- [4] Jacobson, C.: “Cyber-Physical Systems“, ERCIM NEWS, broj 97, travanj 2014.
- [5] Štefanić, N. i Tošanović, N.: „Lean proizvodnja”,https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10_05_2012_16882_UZIP_-_Lean_proizvodnja.pdf,s Interneta ,19.studenog 2015.
- [6] Prekajski, S.: „Analiza mogućnosti primeneleankocnepta u domaćoj praksi, s Interneta,s Interneta,<http://sr.scribd.com/doc/4704030/8/OSNOVNA-DEFINICIJA-LEAN-KONCEPTA,s> Interneta ,20.studenog 2015.
- [7] Vrdoljak-Raguž, I.: “Lean (vitki) menadžment – rješenje za krizna vremena”,s Interneta,<http://www.suvremena.hr/23409.aspx,s> Interneta ,22.studenog 2015.
- [8] MacKenzie, H.: „The Smart Factory of the Future – Part 1”,<http://www.belden.com/blog/industrialethernet/The-Smart-Factory-of-the-Future-Part-1.cfm,s> Interneta ,01. studenog 2015.
- [9] Copadata: „Spotlight: SmartFactory”, https://www.copadata.com/fileadmin/user_upload/cms/industries_new/productsplit/downloads/Spotlight_Smart_Factory_IU26_EN_02.pdf,s Interneta , 13. studenog 2015
- [10] Copadata: „On the Road to the Smart Factory”,<http://www.copadata.com/en/industries/hot-topics/on-the-road-to-the-smart-factory.html?backpid=2800&branch=67&category=&pool=1893&cHash=5e73f49cd3aa719f8cc1ec4781be78e&PHPSESSID=6508637832467467be270cf2ff617d80,s> Interneta ,9. studenog 2015.
- [11] Hessman, T.: „The Dawn of the Smart Factory”,<http://www.carnet.hr/casopis/38/clanci/3,s> Interneta ,29. listopada 2015

- [12] Roland Berger: „ThinkactIndustry 4.0”,
https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/10_05_2012_16882_UZIP_-_Lean_proizvodnja.pdf, ožujak 2014.
- [13] Kagermann, H.; Wahlster W.; Helbig, J.: „Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0”, travanj 2013.

POPIS OZNAKA I KRATICA

CO ₂	Ugljikov dioksid
CPS	Cyber-Physical Systems
GSM	Global System for Mobile Communications
ID	Identifier
IoT	Internet of Things
IPv6	Internet Protocol version 6
NFC	Near Field Communication
RFID	Radio-frequency identification
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WPAN	Wireless personal area network

SAŽETAK

Svakodnevne promjene polagano dovode do Četvrte industrijske revolucije. No, da bi bila spremno dočekana, potrebno se pripremiti, i to educirajući se i napredujući u područjima u kojima se žele stvarati i proizvoditi nove ideje i koncepte. Kad je određen cilj i koraci postizanja tog cilja, preostaje samo djelovati u tom smjeru. Upravo su tehnologije poput IoT-a i CPS-a, predstavljene u ovom radu, ključne za Četvrtu industrijsku revoluciju. Proizvodna filozofija lean menadžmenta i Pametna Tvornica, kao glavni principi rada, daju širu i jasniju sliku o nadolazećoj industrijskoj revoluciji koja će ostaviti veliki utjecaj na svakodnevne živote pojedinaca. Prema svim pokazateljima, Četvrta industrijska revolucija označit će pravi napredak u procesima proizvodnje, kupovine i komuniciranja gdje će se povećati kvaliteta proizvoda, dok će procesi izrade biti jednostavniji. U posljednjem dijelu rada pojašnjena je android aplikacija napravljena kao pregled svih glavnih stavki proizvoda u procesu izrade i dostave naručenog proizvoda, za rukovoditelja ili vlasnika Pametne Tvornice u Industrijskoj revoluciju 4.0.

Razvijena aplikacija moći će se primjeniti unutar Lean Learning Factory na FESB-u u okviru projekta INSENT 1353 Innovative Smart Enterprise koji podržava Hrvatska zaklada za znanost.

KLJUČNE RIJEČI

IoT, CPS, lean, INSENT, Lean Learning Factory, pametna tvornica, industrijska revolucija, aplikacija, narudžba