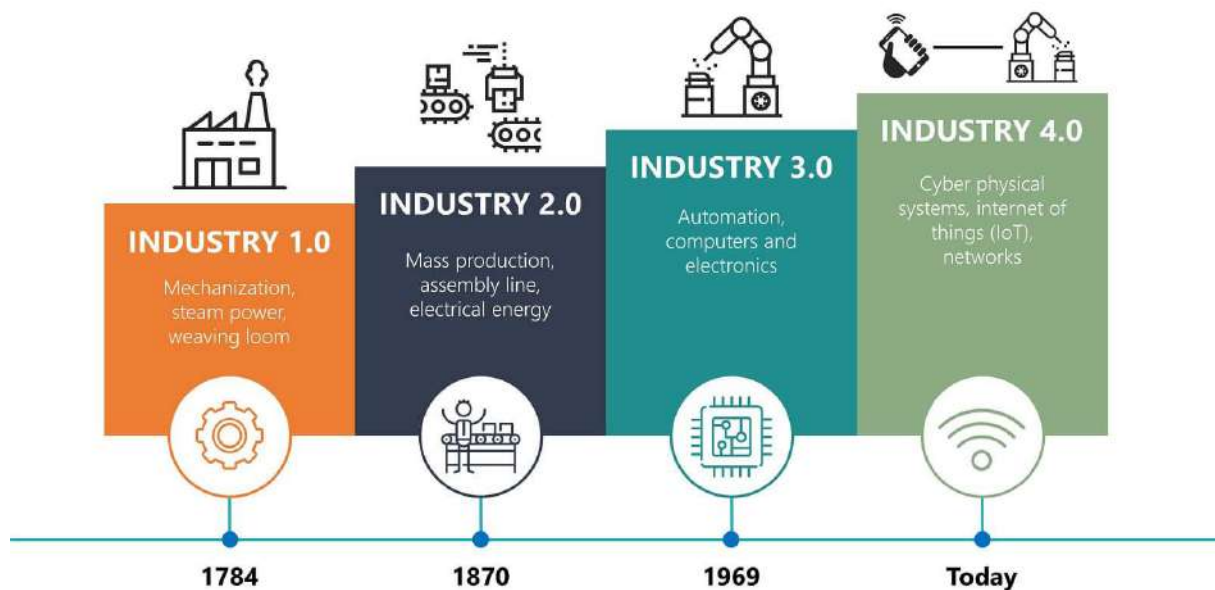


SAVREMENI MENADŽMENT I MREŽNA ORGANIZACIJA PREDUZEĆA

Trendovi i izazovi radnih mesta u budućnosti. Mrežna organizacija – kontekst, strategija razvoja, struktura (vertikalna i horizontalna integracija i pitanje diferencijacije. Nove forme organizovanja (holokratija, agilna, ...). Rukovodstva, timovi za upravljanje, motivacija i donošenje odluka

1. Faze industrijskog razvoja

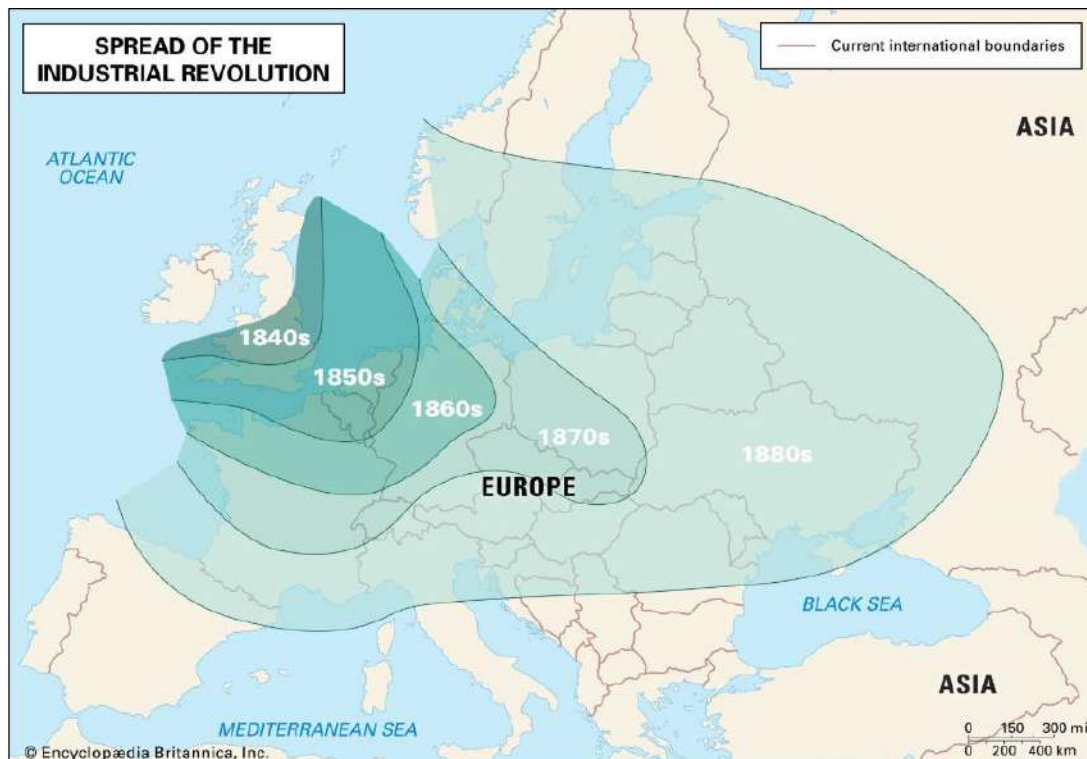
Počevši od izuma prvog mehaničkog razboja, zabeleženog 1784. godine, dakle pre više od 230 godina, možemo izdvojiti četiri faze procesa koji još uvek traje, a nazvali smo ga Industrijska revolucija. (Slika 1) Prvi društveni “tektonski poremećaji” počinju krajem 18. veka, prouzrokovani mehaničkom proizvodnjom na parni pogon. Sve je počelo na području Velike Britanije, da bi se nekoliko decenija kasnije proširilo i na ostatak Evrope. (Slika 2) Drugu industrijsku revoluciju smeštamo u period početka 20. veka, a karakteriše je uvođenje pokretnih traka i masovne proizvodnje, za šta su jedni od najzaslužnijih čuveni Henri Ford i Frederik Tejlor. [3]



Slika 1: Karakteristike četiri faze industrijalizacije [34]

Revolucija koja je treća po redu obeležila je drugu polovinu dvadesetog veka, a u nekim delovima sveta traje i danas. Ona podrazumeva kombinaciju računarske i elektronske automatizacije proizvodnih procesa upotrebom računara i novih tehnologija. Ovaj period je

izuzetno važan, pogotovo za oblast industrijskog inženjerstva, jer je povezan sa razvojem i primenom velikog broja softverskih tehnologija, softverskih sistema i alata i organizacionih i menadžment strategija (nematerijalne tehnologije), kao što su: [16]



Slika 2: Mapa širenja Industrijske revolucije [35]

- menadžment proizvodne paradigme za planiranje i upravljanje (JAT, JIT, JIC, SAT)
- menadžment poslovne paradigme (TQM, TPM, CIM, PLM, itd.)
- softverski sistemi i tehnologije podržane računarom (CAD, CAM, CAE, CAP, CAQ, CASE)
- softverski sistemi za obradu i čuvanje podataka (IS, MIS, OAS, OLTP, OLAP, IES, itd.)
- softverske aplikacije za podršku odlučivanju (DSS, ODSS, EDSS, GDSS, itd.)
- softverske aplikacije za podršku upravljanju (ERP, SCM, CRM, E – Commerce, itd.) [16]

Treća industrijska revolucija je još uvek prisutna, međutim, ona vremenom postepeno iščezava i primat postepeno preuzima nova, Četvrta industrijska revolucija (Industrija 4.0). Pojam Industrije 4.0 ili digitalne revolucije, kako je neki zovu, obuhvata širok spektar koncepata koji podrazumevaju porast automatizacije i mehanizacije, kao i umrežavanja i minijaturizacije. Kako bi njena primena bila moguća, neophodno je obezbediti adekvatan sistem senzora, mašina, ljudi i IT sistema koji međusobno komuniciraju na nivou jedne kompanije, kao i na višim strukturalnim

nivoima. Kako je izrazito teško sročiti u nekoliko rečenica šta zapravo predstavlja digitalna revolucija, mi ćemo njen koncept detaljno analizirati u nastavku rada. [2]

1.1. Digitalni fokus modernog menadžmenta

U teoriji modernog menadžmenta, digitalna dimenzija javlja se kao podrška u procesima planiranja, organizovanja, kontrole itd., a u cilju poboljšanja efikasnosti organizacije i ostvarenja organizacionih ciljeva.

Digitalni upravljački sistem se definiše kao sistem upravljanja zasnovan na korišćenju digitalnog kompjutera (digitalno – diskretno prikazivanje fizikalnog kvantiteta).

Termin **digital** u novije vreme odnosi se na Internet kao i na sve Internet tehnologije kao što su npr. tehnologija za raspoznavanje glasa ili bežična tehnologija. **Digitalna dimenzija** odnosi se na onaj segment modernog menadžmenta koji se fokusira na menadžment aktivnosti kroz primenu Interneta i slične napredne tehnologije. U kreiranju digitalne dimenzije, što se naziva **digitalno dimenzionisanje**, menadžeri primenjuju specifičnu kombinaciju Interneta i elektronske tehnologije za podršku, koje najviše mogu da pomognu menadžmentu u poslovanju organizacije i pomognu u ispunjenju organizacionih ciljeva. U osnovi, fokus na digitalnu dimenziju menadžmenta je primena Interneta i sličnih tehnologija u cilju zadovoljenja organizacionih ciljeva. Kao primer digitalnog dimenzionisanja organizacije može poslužiti slika menadžera koji koristi Internet za realizaciju svojih poslovnih zadataka, kao npr. e-konferencija, pristup bazama podataka preko Interneta ili e-mail (Certo, 2002).

1.2. Digitalno dimenzionisanje i tradicionalne menadžment funkcije

Digitalno dimenzionisanje može uticati na način na koji menadžeri planiranju, organizuju, utiču i kontrolišu procese u određenoj organizaciji. Na primerima ćemo objasniti osnovne tradicionalne menadžment funkcije kroz prizmu digitalnog dimenzionisanja (Certo, 2002).

Planiranje je proces utvrđivanja organizacionih ciljeva, izbor zadataka i određivanje vremena u kojem ti zadaci treba da budu izvedeni. Npr. mnogi menadžeri koriste Internet da omoguće zaposlenima da širom sveta imaju ulaz za definisanje toga kakvi planovi treba da budu. Ovakav input ne samo da pomaže menadžerima da razviju odgovarajuće planove, već pomaže zaposlenima da realizuju definisane planove.

Organizovanje je proces utvrđivanja reda upotrebe resursa u okviru organizacije. Resursi uključuju ljude, materijale, opremu i finansijska sredstva. U tom smislu, digitalna dimenzija može značajno da utiče na organizaciju. Npr. mnogi menadžeri odluče da koordiniraju aktivnosti sa različitim kompanijskim divizijama lociranim širom sveta komunicirajući sa njima preko Interneta preko video-konferencije. Caterpillar je jedan primer kompanije koja koristi video-konferencije već više od jedne decenije. Caterpillar proizvodi opremu za konstrukcije, rudnike,

dizel i benzinske motore i industrijske gas turbine. Iako je sedište u Ilinoisu, kompanija radi i sledećim zemaljama: Indoneziji, Italiji, Japanu, Meksiku, Irskoj i Poljskoj. U ovoj kompaniji video-konferencija ima značajnu ulogu u koordiniranju projekata koji štire Caterpillar-ove globalne fabrike. Konstantnim tehnološkim razvojem video-konferencija postaje sve efikasnije i efektivnije i Internet-kompatibilnije rešenje, tako da komunikacije kao u Caterpillar-u postaju sve češće u praksi.

Moć je proces vođenja ljudskih aktivnosti u odgovarajućem smeru, tj. onom koji vodi zadovoljenju organizacionih ciljeva. Digitalno dimezionisanje može uticati na uspeh menadžment napora u tom smislu. Npr. kao sredstvo motivacije organizacionih članova, menadžment organizacije može se opredeliti za opciju motivisanja zaposlenih preko nagrađivanja posredstvom "Internet agencija" koje nude nagradne pakete koji korisniku omogućavaju da bira svoje poklone (npr. www.GiftCertificates.com).

Kontrola je proces osiguranja da se svi događaji odvijaju po planu. Kao i kod planiranja, organizovanja i moći, digitalno dimezionisanje takođe može uticati i na kontrolu. Razmatrajmo nedavne izveštaje u T.G.I. Fridays. T.G.I. Fridays je lanac restorana. Friday-ov web sajt projektovan je sa svrhom analize konstantnog priliva digitalnih informacija kao npr. broj ljudi koji posećuje njihov web sajt, vreme dana ili dana u nedelji kada je sajt najposećeniji, dužina logovanja korisnika na njihov sajt itd. Digitalne aktivnosti Fridays-a su projektovane tako da generišu informacije koje mogu pomoći menadžmentu da upravlja poslovnim aktivnostima i prilagođava ih zahtevima i potrebama tržišta.

Savremene informacione tehnologije pružaju brojne mogućnosti primene u menadžmentu. Njihovo poznavanje i adekvatno korišćenje jedan je od primarnih zadataka menadžera kako bi poslovni sistem u kojem rade ostvario konkurentsku prednost na tržištu.

1.3. Poslovanje u digitalnoj ekonomiji

Sve što danas čovek radi sadrži digitalnu dimenziju. Digitalna ekonomija se odnosi na ekonomiju koja se zasniva na digitalnim tehnologijama, uključujući digitalne komunikacione mreže (Internet, intranet i privatne mreže), računare, softver i druge informacione tehnologije. Digitalna ekonomija se takođe ponekad zove Internet ekonomija, nova ekonomija ili Web ekonomija. u nojoj ekonomiji, digitalno umrežavanje i komunikacione infrastrukture pružaju globalnu platformu na kojoj ljudi i organizacije uzajamno deluju, komuniciraju, saraduju i traže informacije.

Ova platforma obuhvata prema Choi i Whinstonu (2000) sledeće:

- široku matricu proizvoda koji se mogu digitalizovati i koji se dostavljaju preko digitalne infrastrukture u svako doba, svuda po svetu;

- potrošači i firme koji sprovode finansijske transakcije digitalno preko umreženih računara i mobilnih uređaja;
- fizička roba, kao što su kućni aparati i automobili, u koje su ugrađeni mikroprocesori i mogućnosti umrežavanja.

Izraz digitalna ekonomija odnosi se i na međusobno približavanje računarstva i komunikacionih tehnologija, koji stimuliše elektronsku trgovinu i ogromne organizacione promene poslovanja. Stvorena je mogućnost da informacije budu uskladištene, obrađene i prenete putem računarskih mreža na mnoge destinacije širom sveta.

Digitalna ekonomija stvara ekonomsku revoluciju, koja je, označena neviđenim ekonomskim učinkom i najdužim periodom neprekidne ekonomske ekspanzije u istoriji. Evo nekih statističkih podataka u vezi sa ovom digitalnom revolucijom u USA (Izvor: Efraim Turban, Epraim Mclean, James Wetherbe, Informaciona tehnologija za menadžment, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2003):

- industrija informacione tehnologije raste sa više nego dvostrukom stopom ukupne ekonomije. Godine 2000. ona je stigla do blizu 9%, sa 4,9% 1985. godine;
- sama IT industrija je pokrenula preko jedne četvrtine ukupnog ekonomskog rasta (ne uključujući indirektno efekte) svake godine od 1996. do 2000.;
- bez informacione tehnologije ukupna inflacija bi bila 3,1% 1997.godine, veća za više od jednog procenta u odnosu na 2,0%, kolika je u stvari iznosila. Informaciona tehnologija je omogućila USA da ostvare održiv rast, skoro bez inflacije poslednjih godina;
- kompanije iz oblasti čitave ekonomije smatraju da će IT povećati produktivnost. Devedesetih godina prošlog veka, potrošnja na IT opremu u proizvodnji i u uslugama je predstavljala 3% ukupnih investicija u poslovnu opremu. Do 2000. godine, udeo IT-a se popeo na 45% poslovnih troškova godišnje;
- godine 1999. je preko 8,5 miliona ljudi radilo poslove vezane za IT u celoj ekonomiji. Prosečna plata za ove radnike je bila nešto manje od 49 000 dolara godišnje u poređenju sa prosečnih 29 000 dolara za privatni sektor u celini;
- početkom 2000.godine bilo je skoro 2,5 miliona Internet poslova. U toku dvanaestomesečnog perioda ovaj broj se povećao za 36%;
- uštede troškova u celom svetu od uštede Internet aplikacija dostižu 1250 milijardi dolara u 2002. godini.

Sistemi elektronske trgovine zasnovani na Webu svakako pružaju konkurentnost organizacijama. ali, elektronska trgovina nije jedina korisna IT aplikacija. Računarski zasnovani informacijski sistemi svih vrsta podižu konkurentnost i stvaraju stratešku prednost organizacijama.

1.4. Informacijski sistem kao digitalni nervni sistem organizacije

Najsvrsishodniji način razlikovanja jedne firme od konkurentskih i najbolji način odvajanja od gomile jeste optimalna upotreba informacija.

Pobednici će biti oni koji stvore prvorazredne “digitalne nervne sisteme” sposobne za uspostavljanje neometanog prometa informacija kroz firmu, informacija namenjenih stalnom i najboljem stručnom usavršavanju.

Uspešne firme biće one koje digitalne alate koriste za preoblikovanje svog rada. Te firme će donositi brze odluke, efikasno i direktno će kontaktirati sa klijentima na mnoštvo pozitivnih načina.

Grupe zaposlenih mogu koristiti elektronske alate za zajedničko delovanje brzinom gotovo jednakom onoj koju može da postigne jedna osoba, ali uz dubinu koju daje rad čitavog tima. Visokomotivisane radne grupe iskorišćavaju prednosti zajedničkog razmišljanja.

Digitalnu tehnologiju treba upotrebiti za nove procese koji radikalno poboljšavaju poslovanje, omogućuju puno iskorišćavanje sposobnosti zaposlenih, pružaju brzinu odgovora potrebnog za uspešno poslovanje i omogućuju da brže reagujemo na teškoće i iznenadne prilike.

Bil Gejts u svojoj knjizi “Poslovanje brzinom misli” navodi:

“Da bismo delovali u digitalnom dobu, razvili smo novu digitalnu infrastrukturu. Ona je slična ljudskom nervnom sistemu. Biološki nervni sistem aktivira vaše reflekse da biste mogli brzo da djelujete u slučaju opasnosti ili neke potrebe. On vam daje informacije potrebne za razmišljenje o činjenicama ili za donošenje odluka. Obaveštava vas o najvažnijim stvarima, a sprečava priliv nevažnih informacija. Preduzećima je za neometan rad i efikasnost u delovanju potreban sličan nervni sistem, sistem koji će brzo reagovati na vanredna stanja i iznenada ukazane prilike, koji će važne informacije brzo pribaviti onima kojima su potrebne i omogućiti brzo donošenje odluka i kontaktiranje sa klijentima.”

Digitalni nervni sistem obuhvata digitalne procese koji povezuju sve misli i delovanja jednog preduzeća. Sastoji se od digitalnih procesa koji preduzeću omogućuju zapažanje okoline i reakcije na događaje u njoj, osećanje konkurentskih izazova i potreba klijenata uz organizaciju pravovremenih odgovora.

Digitalni nervni sistem zahteva kombinacijo hardvera i softvera, a od obične računarske mreže se razlikuje po tačnosti, brzini i bogatstvu informacija koje stavlja na raspolaganje.

Digitalni nervni sistem zahteva pronicljivost i saradnju omogućenu informacijama, pomaže u rešavanje stvarnih poslovnih teskoća i jača tri glavne funkcije svakog poslovanja:

- Odnos sa klijentom/partnerom
- Odnos sa zaposlenima
- Poslovne procese

Stoga je potrebno preusmeriti preduzeća na tok digitalnih informacija i internetski način rada.

Navedeno je dvanaest uslova podeljenih na tri ključne oblasti koje treba ispuniti da bi tok digitalnih informacija učinili sastavnim delom jedne kompanije:

Rad sa znanjem:

- Istrajte na tome da komunikacije kroz preduzeće tek u e-poštom, tako da se na novosti može reagovati trenutno.
- Podatke o prodaji proučavajte zajednički, umreženo, kako biste u njima našli uzroke i razmenili mišljenja. Pronađite trendove zbivanja i prilagodite uslugu pojedinim klijentima.
- Poslovnu analizu obavljajte na računarima, a radnike znanja pretvorite u analitičare proizvoda, usluga i profitabilnosti.
- Upotrebom digitalnih alata stvorite virtualne radne ekipe, nevezane za geografske lokacije, koje u stvarnom vremenu dele saznanja i iskorišćavaju tuđe ideje. Digitalne sisteme upotrebite za stvaranje svima dostupne istorije preduzeća.
- Svaki papirnati proces pretvorite u digitalni, čime ćete otkloniti administrativna zagušenja i osloboditi “Radnike znanja” za važne zadatke

Poslovne operacije:

- Upotrebom digitalnih alata eliminišite jednostavne poslove ili ih pretvorite u poslove za povećanje efikasnosti fizičkih procesa i poboljšanje kvaliteta stvorenih proizvoda i usluga.
- Stvorite digitalnu povratnu petlju za povećanje efikasnosti fizičkih procesa i poboljšanje kvaliteta stvorenih proizvoda i usluga. Svaki zaposleni morao bi lako da prati sve ključne činioce.

- Digitalne sisteme upotrebite za direktno prosleđivanje žalbi licima koja mogu da poboljšaju proizvod ili uslugu.
- Digitalne komunikacije upotrebite za promenu prirode vašeg poslovanja i granica oko vaše firme.

Trgovinu:

- Zamenite informacije za vreme. Upotrebom digitalnih transakcija sa svim dobavljačima i partnerima skratite vreme ciklisa, a svaki poslovni proces promenite u isporuku tačno na vreme.
- Iz transakcije sa kupcem, digitalnom isporukom eliminišite posrednika. Ako ste posrednik, digitalnim alatima dodajte vrednost transakcijama.
- Upotrebom digitalnih alata pomozite klijentima u rešavanju njihovih teškoća, a lični kontakt ostavite za složene, najvažnije kupčeve potrebe.

2. Pokretači Industrije 4.0

Najefikasniji način da započnemo analizu koncepta Četvrte industrijske revolucije jeste da prvobitno objasnimo koje su tehnologije i globalne promene dovele do toga da se ovakav način funkcionisanja industrije uopšte može oformiti kao ideja, a zatim i sprovesti u praksi u budućnosti. [1]

2.1. Promene zahteva tržišta

Posledica globalnih megatrendova jesu značajne, strukturne promene kojima je izložena industrijska proizvodnja. Izdvojićemo neke od najaktuelnijih pojava koje će značajno uticati na čitavo proizvodno okruženje. [1]

Individualizacija

Filozofija individualnog pristupa se otvorila kao mogućnost eksponencijalnim razvojem tehnologija u svim granama industrije, prvenstveno u tekstilnoj, automobilskoj, industriji nameštaja, računara i mobilne telefonije. Ideja jeste da se svakom potrošaču pristupi kao specifičnoj jedinci sa unikatnim željama, te je trend plasiranja proizvoda po njegovoj meri postao veoma zastupljen na tržištu. Posledica ovog fenomena jeste da prednosti tradicionalne industrijske, masovne proizvodnje koja se bazira na automatizaciji, ekonomiji obima i saznanju kroz iskustvo postepeno iščezavaju. Ipak, sve više se usvajaju koncepti prilagođavanja klasičnih proizvodnih sistema i tehnologija novim potrebama, kako bi se maksimalno iskoristili već

postojeći kapaciteti. Industrija će morati da istrpi promene u vidu upliva potrošača u sam proces proizvodnje, kvantitet istih modela i verzija proizvoda će znatno opasti. Stupiće na snagu potpuno novi vid rada, u kojoj će potrošač istovremeno biti i proizvođač, kreator proizvoda koji kupuje. Odnosno, on će aktivno učestvovati u proizvodnom procesu izražavajući svoje želje i dajući predloge na osnovu kojih će se formirati finalni proizvod. [1]

Volatilnost

Finansijski podaci nakon svetske ekonomske krize pokazuju da je ključan faktor za opstanak kompanija učešće na tržištima novca (kratkoročnim tržištima). Volatilnost, po definiciji, predstavlja „*meru nepredvidive promene određene promenljive u nekom vremenskom periodu*“ ili jednostavnije „*verovatnoću iznenadne i neočekivane promene*“. [1]

Iz perspektive makro i mikroekonomskog razvoja, volatilnost opisuje relativnost fluktuacija cena, cena akcija, deviznog kursa i kamatnih stopa, kao i čitavih tržišta za određeni vremenski period. [1]

Drugim rečima, ona nam pokazuje promenu njihovih vrednosti u vremenu, ali ne i smer samih fluktuacija. Na osnovu toga, ona predstavlja jedan od indikatora rizika, tj. što je volatilnost nekog finansijskog instrumenta veća, to je veća i njegova rizičnost. Pored svega navedenog, ona se smatra jednim od glavnih pokretača za suštinsku promenu pristupa samoj proizvodnji, obzirom da zahteva proizvodne strukture, procese i sisteme koji su fleksibilniji i pogodniji za trenutno prilagođavanje. U budućnosti, kompanije će morati da ulažu u fleksibilnost i prilagodljivost, u suprotnom neće više moći da isprate volatilnost kao takvu. [1]

Energetska i resursna efikasnost

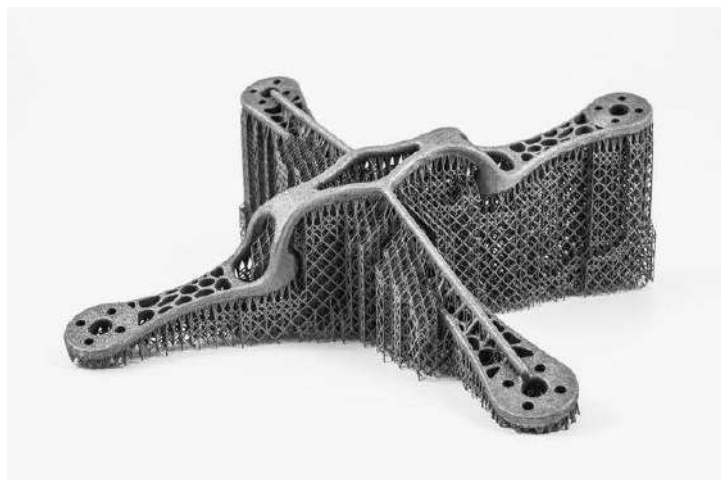
Održivo i sigurno snabdevanje sirovinama i energijom je od ključnog značaja da bi bilo koja industrija bila konkurentna. Budući razvoj energetskog sektora biće determinisan ekološkim merama, kao i rastom svetske populacije i globalnog prosperiteta. Dugoročno, ova kombinacija će, po procenama nekih stručnjaka, dovesti do eksponencijalnog rasta u potrebama za energijom i sirovinama. Pretpostavlja se da će se do 2050. godine te potrebe udvostručiti. Industrijska proizvodnja ima najveću odgovornost pri preduzimanju mera o energetskoj efikasnosti i ekspoataciji sirovina, obzirom da troši ubedljivo najveću količinu energije od svih industrija. Upravo iz tog razloga, potrebno je da produktivnost i efikasnost resursa budu sastavni deo stratejskih ciljeva svake proizvodne kompanije. Smatraće se da svaki industrijski otpad koji je nastao usled npr. preterane proizvodnje, grešaka u kvalitetu ili neiskorišćenog potencijala optimizacije procesa, prouzrokuje ekonomske i sociološke posledice. [1]

2.2. Aditivna proizvodnja

Dominantne metode u industrijskoj proizvodnji sve do dana današnjeg jesu metode substraktivnog tipa, tj. metode obrade rezanjem. One se baziraju na prodiranju alata u materijal, što prouzrokuje skidanje viška materijala, a čime se pripremak transformiše u izradak željenog

oblika i kvaliteta. Međutim, kako vreme prolazi, sve popularnije postaju metode aditivnog tipa, koje sa razvojem ostalih tehnologija ozbiljno prete da preuzmu primat. [2]

Aditivna proizvodnja (AP) ili 3D štampa počiva na tehnici dodavanja materijala, odnosno finalni proizvod željenog oblika i kvaliteta se formira tako šta mašina, koristeći 3D CAD model dela, praktično od nule nanosi sloj po sloj. Tehnike 3D štampe omogućavaju proizvodnju delova izuzetno kompleksne geometrije, što bi korišćenjem konvencionalnih metoda bilo gotovo nemoguće. (Slika 3) Takođe, na ovaj način je izuzetno olakšano stvaranje proizvoda po želji kupca. [2]



Slika 3: Telo kompleksne geometrije dobijeno 3D štampom [36]

Upravo zbog svojih prednosti u odnosu na konvencionalne metode proizvodnje, aditivna proizvodnja se smatra jednim od glavnih pokretača Industrije 4.0. (Slika 4) U prethodnih 30 godina, istraživači i kompanije su razvijali nekoliko tehnika koje su doprinele razvoju 3D štampe i agilnih tehnologija, tzv. tehnologija brzog dejstva. U narednim pasusima ćemo analizirati neke od tih tehnika, koje su ključne za dalji razvoj industrije. [2]



Slika 4: Poređenje karakteristika dva identična dela dobijena različitim metodama [37]

Tipična AP tehnologija se sastoji iz tri faze:

- 1) Konstruisanje 3D modela u nekom od CAD softvera i njegova transformacija u fajl STL (Standard Tessellation Language) ili nekog novijeg AP formata.
- 2) Manipulacija fajlom od strane AP mašine kako bi odredila poziciju i orijentaciju samog dela.
- 3) AP mašina proizvodi deo nanoseći sloj po sloj materijala. [2]

Stereolitografija

Stereolitografija je prva razvijena agilna tehnologija, tj. tehnologija brzog dejstva. Princip rada jeste učvršćavanje fotosenzitivnog tečnog polimera koristeći laser sa ultravioletnim zračenjem. Trodimenzionalni model konstruisan u CAD softveru konvertuje se u STL fajl, zatim se deli na poprečne preseke koji sadrže potrebne informacije o svakom sloju. Debljina sloja definiše rezoluciju izrade, koja zavisi od opreme koja se koristi. Da bi se deo proizveo, neophodna je baza, noseća konstrukcija na kojoj će sam proces izrade odraditi i ona je najčešće u obliku metalne ploče. Laserski snop prati zadatu putanju koristeći podatke iz STL fajla i formira sloj po sloj. Po završetku procesa preostali tečni polimer se odvaja za narednu upotrebu. [2]

Selektivno lasersko sinterovanje

Selektivno lasersko sinterovanje (SLS) je proces u kom se materijali za štampanje (polimeri, keramika,metali ili staklo) sjedinjuju koristeći snop CO2 lasera. Praškasti materijal se spaja sloj po sloj prema tačno zadatom dizajnu. Nesinterovani praškasti materijal, tj. onaj koji se nije sjedinio se odlaže za sledeću upotrebu. [2]

SLS se koristi za trodimenzionu štampu kompleksnih delova, pri čemu je sama izrada veoma brza i pruža bolju otpornost na lomove u poređenju sa ostalim tehnikama AP. Sa druge strane, mane jeste potreba za velikim brojem parametara kako bi kvalitet obrade površine samog dela bio zadovoljavajući. [2]

Proizvodnja laminiranog objekta

Proizvodnja laminiranog objekta (eng. *Laminated Object Manufacturing - LOM*) predstavlja kombinaciju subtraktivnih i aditivnih metoda proizvodnje. Početni materijal se nalazi u listovima, najčešće su to papir,plastika,metal ili kompozitni materijali. [2]

Laser oblikuje svaki od listova pri čemu nastaju slojevi, lamine dela koji se formira. Lamine se nakon oblikovanja spajaju pod dejstvom pritiska i visoke temperature. Ova metoda je jedna od povoljnijih, što se donekle može objasniti činjenicom da je neretka pojava šupljina unutar samog dela. Takođe, deo dobijen ovom metodom je često potrebno doraditi nekom od metoda obrade rezanjem, ukoliko kvalitet obrađene površine ili oblika nije na željenom nivou. [2]

Sveukupno, poredeći aditivne i konvencionalne metode proizvodnje, možemo istaći da su prednosti AP-a sledeće: brzina izrade (do 100 puta brže), smanjeni troškovi (do 10 puta), daleko manja količina otpadnog materijala, jednostavniji proces proizvodnje i manja potreba za

obučenicima. Kako ništa nije crno ili belo, AP ima i svoje nedostatke: ograničenja u dimenzijama (zbog prirode procesa veće dimenzije nisu moguće), lošiji kvalitet obrađene površine i nepogodnost za masovnu proizvodnju. Kako je evidentno da je više pluseva nego minuseva AP tehnologije se aktivno koriste širom industrija kao što su automobilska, avio i svemirska, kao i u medicini, biomedicini, elektronicima, okeanografiji, itd. [2]

2.3. Veštačka inteligencija

Veštačka inteligencija (VI) je jedna od najnovijih oblasti u nauci i industriji. Zvaničan naziv se pojavio nakon Drugog svetskog rata, 1956. godine. Zajedno sa molekularnom biologijom, smatra se najpoželjnijom i najpopularnijom oblašću u naučnim krugovima. Primena joj se danas teško može uokviriti na pojedine delove nauke, obzirom da postoji gotovo svuda, počevši sa bilo kakvom vrstom učenja i percipiranja, pa sve do specifičnih slučajeva kao što je igranje šaha, dokazivanje matematičkih teorema, pisanje poezije, vožnja automobila ili dijagnostika različitih bolesti. Jednostavno rečeno, VI je relevantna za gotovo bilo koji intelektualni zadatak. [6]

Krajnji cilj VI-a jeste formiranje mašine koja će moći sama da razmišlja i zaključuje imitirajući ljudski um, s tim što bi njeni kapaciteti za rešavanje određenih problema bili mnogo veći. Mašina uči i usvaja preko odgovarajućih algoritama, a oblast VI-a koja se time bavi zove se Mašinsko učenje. Algoritmi su sastojani iz koraka i instrukcija kako obaviti dati zadatak, a formiraju se u vidu kodova putem računarskih softvera. [18]

Veštačka inteligencija omogućava impozatnu preciznost, prvenstveno zahvaljujući razvoju dubokih neuronskih mreža i dubokog učenja. Veštačka neuronska mreža jeste skup velikog broja međusobno povezanih čvorova, elemenata koji se nazivaju veštački neuroni. [18]

Spone između čvorova funkcionišu poput sinapsi, šaljući signale jedan drugom. Duboko učenje se sastoji od više hiljada veštačkih neurona, koji su konstruisani u više slojeva. Veći broj slojeva omogućava mašini da tačnije i efikasnije rešava probleme koji su joj zadati. [18]

2.4. Robotika

Robotika je multidisciplinarna oblast koja se bavi projektovanjem i proizvodnjom robota, mehatronskih sistema koji predstavljaju kombinaciju precizne mehanike, elektronike, softvera i drugih naprednih tehnologija, uključujući tehnologiju senzorskih sistema i tehnologiju VI. [12]

Upotreba robota predstavlja ključan segment svake ozbiljnije industrijske proizvodnje, a njena primena će dodatno rasti sa vremenom. Robotska automatizacija osigurava fleksibilnost koja je potrebna u slučaju čestih izmena proizvodnog programa, kao i za novi dizajn pakovanja ili za manipulaciju sa različitim varijantama proizvoda. U poređenju sa klasičnom automatizacijom, robotizovane linije su dosta kraće i omogućuju bolje korišćenje proizvodnog prostora. Pored

povećanja proizvodnje i mogućnosti neprekidne proizvodne operacije koju omogućavaju roboti, smanjuje se i broj povreda na radu. [19]

Danas, primenom tehnika VI – a, industrijski roboti evoluiraju u čovekovog asistenta. U skladu sa vizijom Industrije 4.0, ljudi i inteligentne mašine će zajedno obavljati proizvodne zadatke u budućnosti. Senzori, kamere i samouki softveri biće neizostavan faktor. Ideja jeste da će roboti morati da se prilagođavaju ljudima, a ne obrnuto. Štaviše, ovaj princip će biti implementiran do te mere da će nova generacija inteligentnih industrijskih robota učiti od svojih kolega – ljudi koji će im jednostavno demonstrirati posao koji treba da obave. [3]

Spoj robotike i VI, VI Robotika, ističe pet ključnih prednosti inteligentnih robota: mobilnost (ruke, noge, vrat, šake), percepcija (osećaj, sluh, njuh i dodir), kontrola preko digitalnog nervnog sistema i digitalnih moždanih funkcija, količina energije i komunikacija funkcijom govora, mimike i sluha. Autonomna vozila, bespilotne letelice i podmornice su takođe važni rezultati primene VI Robotike izvan domena industrijskih robota. [3]

2.5. Računarstvo u oblaku

Računarstvo u oblaku (eng. *Cloud computing*) je novi koncept u računarstvu čiji je intenzivni razvoj započeo 2006. godine. Ono predstavlja isporuku računarskih resursa i skladišnih kapaciteta kao uslugu za heterogenu grupu krajnjih korisnika. Koncept računarstva u oblaku se oslanja na deljenje resursa preko mreže, najčešće Interneta. Krajnji korisnici pristupaju aplikacijama u oblaku preko web pretraživača ili desktop aplikacije na mobilnom telefonu, dok se softver i korisnički podaci nalaze na serverima na udaljenoj lokaciji. [20]

Dakle, možemo reći da je računarstvo u oblaku oblast računarstva u kojoj se informatičke usluge (npr. servisi, hardverski resursi, softver, baze podataka, dokumenti, slike, video zapisi, informacije, itd.) isporučuju potrošačima putem Interneta. Takođe, upotreba modela računarskog oblaka dozvoljava preduzećima da podignu i koriste aplikacije mnogo brže, sa boljom kontrolom i manje održavanja, što omogućava IT sektoru preduzeća da brže i efikasnije ispuni promenljive i nepredvidive zahteve poslovanja. [20]

2.6. Big Data

Big Data ne predstavlja jedinstvenu tehnologiju, već kombinaciju tehnologija, starih i novih, koje omogućavaju obradu ogromne količine podataka koja nije moguća konvencionalnim analizama, već brzinom koja je dovoljna da rezultati budu primenjivi u realnom vremenu, dok su sami podaci i dalje relevantni. [21]

Njene najznačajnije karakteristike jesu ekstremni obim i širok spektar tipova podataka, kao i brzina kojom se podaci moraju obraditi i analizirati. Koliki obim podataka je zapravo u pitanju, otvoreno je za raspravu, ali obično može biti više petabajta (10^{15} bajta) - i za najveće projekte u opsegu eksabajta (10^{18} bajta). [22]

Sam koncept sadrži skup povezanih komponenti koje omogućavaju kompanijama da koriste podatke za praktične potrebe i rešavanje niza poslovnih problema. Da bi koncepcija Big Data funkcionisala, preduzeća moraju imati na raspolaganju infrastrukturu za prikupljanje i čuvanje podataka, obezbeđivanje pristupa i osiguranje informacija dok su u skladištu i u tranzitu. Na visokom nivou, to uključuje sisteme za skladištenje i servere namenjene za Big Data, softver za upravljanje podacima i njihovu integraciju, softver za poslovnu inteligenciju i analizu podataka i aplikacije za Big Data. [22]

2.7. Blockchain

Blockchain predstavlja bazu podataka koja se ne nalazi na jednom mestu, već je čine manje baze (blokovi) koje su međusobno digitalno povezane, a koje sadrže informacije o digitalnim transakcijama bilo koje vrste (od vlasničkih listova, preko podataka iz knjige rođenih, do ugovora kojima se regulišu autorska prava). Prilikom razmene informacija ne postoji nikakvo regulišuće telo, već samo mreža koja sadrži informacije o svim transakcijama koje su ikada izvedene. Blockchain ima oblik niza binarnih bitova, jedinica i nula koje računari mogu da obrađuju i pojednostavljaju tako da ih ljudi mogu čitati. [31]

Iz perspektive računarstva, blockchain predstavlja kompjuterski fajl koji se sastoji od blokova podataka koji su međusobno povezani. Svaki blok sadrži vezu (eng. *link*) sa prethodnim blokom i na taj način se formira lanac (eng. *chain*). Pored toga, on sadrži i vremensku oznaku za obeležavanje kada je ta informacija u bloku izmenjena. I na kraju, strukturu blockchain - a čine sami podaci koji su ispisani u njemu i koji se snimaju. Ti podaci bi mogli da predstavljaju "vrednost" bloka, ako govorimo o kriptovalutama ili mogu da budu u pitanju transakcioni podaci vezani za razmenu robe ili usluga između stranaka, kao i vlasnička prava kada se lanac koristi kao zapis o tome ko je vlasnik nečega. [31]

Kada se razmena izvrši, ona se sa drugim podacima i informacijama koje se prenose, a koje su obavljene u poslednjih 10 minuta, kriptografski povezuje sa blokom. Funkcionisanje svake blockchain mreže (bila ona namenjena samo određenom broju ljudi ili svima) regulisano je tačno određenom procedurom. Pošto su blokovi neraskidivo povezani zahvaljujući kodu (svaki od njih ima svoji svoj unikatni ID koji se naziva Hash Hash i pomoću koga možemo pronaći prethodni blok iz niza), bilo koja promena podataka o obavljenim transakcijama, uključujući njihovo brisanje, dodavanje i bilo koji drugi vid falsifikovanja, nije moguća. [31]

Bankovni računi, tajne državne informacije i drugi centralizovani podaci lako mogu biti hakovani. Međutim, ukoliko neko želi da pokuša nešto slično sa blockchain – om, morao bi da hakuje čitav lanac blokova, što je faktički nemoguće. Dakle, ukoliko se ovakav način skladištenja podataka u budućnosti nađe u širokoj primeni, funkcionisanje sistema se više neće bazirati na poverenju u nekorumpiranost administrativnih i bankarskih službenika, tj. neće

zavisiti od faktora ljudske greške. Umesto toga, sve će zavisiti od blockchain lanca, a blockchain je projektovan da nikada ne greši. [31]

2.8. VR

Virtuelna realnost (VR) je tehnologija kompjuterski generisanih simulacija 3D prostora koje su korisniku dočarane veoma realno koristeći opremu sa senzorima za prostor. Cilj ove simulacije je stvaranje jakog osećaja prisutnosti u virtuelnom okruženju. [30] U osnovi tehnologija virtuelne realnosti bazirana je na čulima vida, sluha i dodira i zasnovana je na interfejsu čovek - računar. [17]

Beneficije koje VR pruža u industriji su brojne, pogoto u samoj proizvodnji. U tradicionalnim CAD sistemima najčešće korišćeni ulazni uređaji su miš i tastatura. Shodno tome da je rezultat projektovanja 3D model, 2D uređaj kakav je miš ograničava vizuelizaciju modela u realnom vremenu. CAD sistemi zasnovani na VR tehnologiji omogućavaju korisniku da na što prirodniji način, korišćenjem 3D ulaznih uređaja (ulazni uređaji sa šest stepeni slobode, kao što su 3D miš ili rukavica), pokretima ruke i glasom što brže i realnije učestvuje u procesu modeliranja proizvoda. [17]

Takođe, primena VR-a obuhvata i procese kao što su:

- modeliranje virtualne fabrike, gde korisnik može analizirati tokove kretanja materijala;
- generisanje NC upravljačkih programa za mašinu alatku i simulacija procesa obrade;
- virtuelna izrada prototipa, tzv. tehnologija „digitalnih blizanaca“, koristi VR kako bi se izbegla skupa izrada fizičkog prototipa; kada je virtuelni prototip (digitalni blizanac) modeliran, u virtuelnom okruženju se mogu sprovesti sve potrebne analize;
- virtuelno planiranje montaže i demontaže sklopova (omogućava korisniku da sagleda prednosti i mane sklopa koji je potrebno izraditi);
- virtuelno planiranje održavanja (analiza mogućnosti održavanja i simulacija zamene delova). [17]

Važno je pomenuti i poseban oblik VR - a, tzv. Proširenu realnost (eng. *Augmented reality - AR*) Cilj AR tehnologije nije da korisnika "uvuče" u virtuelni svet, već da korisniku prikaže svet koji se dobija kombinacijom virtuelnog i stvarnog okruženja. Prednost AR tehnologije je ta što ona ne zahteva veliku računarsku "snagu" kao VR tehnologija, jer se jedan deo okruženja modelira, dok se drugi dobija iz stvarnog okruženja. Zbog potrebne manje računarske "snage", trenutno se tehnologija AR masovno koristi i ima više potencijala od tehnologije VR. [17]

3. Glavne komponente Industrije 4.0

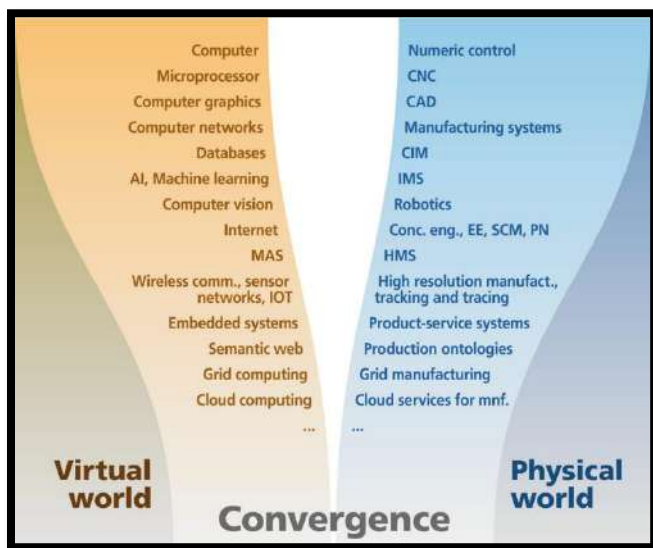
Danas, gotovo svaka kompanija koja se bavi tehnologijom pokušava pronaći sopstveno objašnjenje šta tačno predstavlja koncept Industrije 4.0. Ono što dodatno komplikuje stvari jesu potpuno različita tumačenja koja su objavljivana tokom prethodnih godina, te je teško pronaći neko univerzalno tumačenje, ono koje je najbliže istini. Međutim, veliki korak ka formiranju

zajedničkog globalnog koncepta načinila je grupa nemačkih stručnjaka 2015. godine, koja je u svom radu „Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review“ tačno definisila četiri ključne komponente digitalne revolucije: Sajber-Fizički sistem (eng. *Cyber-Physical Systems - CPS*), Internet Stvari (eng. *Internet of Things - IoT*), Internet Usluga (eng. *Internet of Services - IoS*) i Pametna fabrika (eng. *Smart Factory*). Klasifikaciju su sproveli analizom svih postojećih naučnih radova, do tada objavljenih, na temu digitalne revolucije i zaključili da najveći broj autora smatra prethodno pomenute pojmove kao osnovne. Sve ostale tehnologije i koncepti vezani za Industriju 4.0 se smatraju obuhvaćenim unutar četiri glavna pojma. [1]

3.1. Sajber-Fizički sistem

Za početak, potrebno je naglasiti da u okviru koncepta digitalne revolucije ne postoji nekakva specifična, nova „tehnologija Industrije 4.0“, već se ona se bazira na kontinualnom napretku informacionih i komunikacionih tehnologija, kao i eksponencijalnom razvoju računarstva, brzine prenosa i kapaciteta čuvanja podataka. Ta činjenica nas dovodi do pojave veoma moćnih, međusobno povezanih, novih tehnoloških sistema koji se nazivaju Sajber – Fizički sistemi. [1]

Ovi sistemi se sastoje od već postojećih i novih tehnologija. U literaturi ne postoji zvanično prihvaćena definicija, iako ih ima više. Ono što je sigurno jeste da ti sistemi predstavljaju spoj virtuelnog i stvarnog sveta (Slika 5), kao i da obuhvataju ugrađene sisteme (informacione sisteme ugrađene u fizičke uređaje), proizvodnju, logistiku, inženjering, kordiniranje i menadžment procesa i internet usluge. Pomoću senzora prikupljaju fizičke podatke, a onda preko aktuatora (izvršnih organa) utiču na fizičke procese. Napredni računari vrše nadzor i kontrolu fizičkih procesa, najčešće preko povratnih sprega gde se na osnovu odstupanja stvarnog ponašanja od zadatog vrši upravljanje mašinama koje obavljaju određene zadatke. [1]



Slika 5: CPS kao spoj virtuelnog i fizičkog sveta [38]

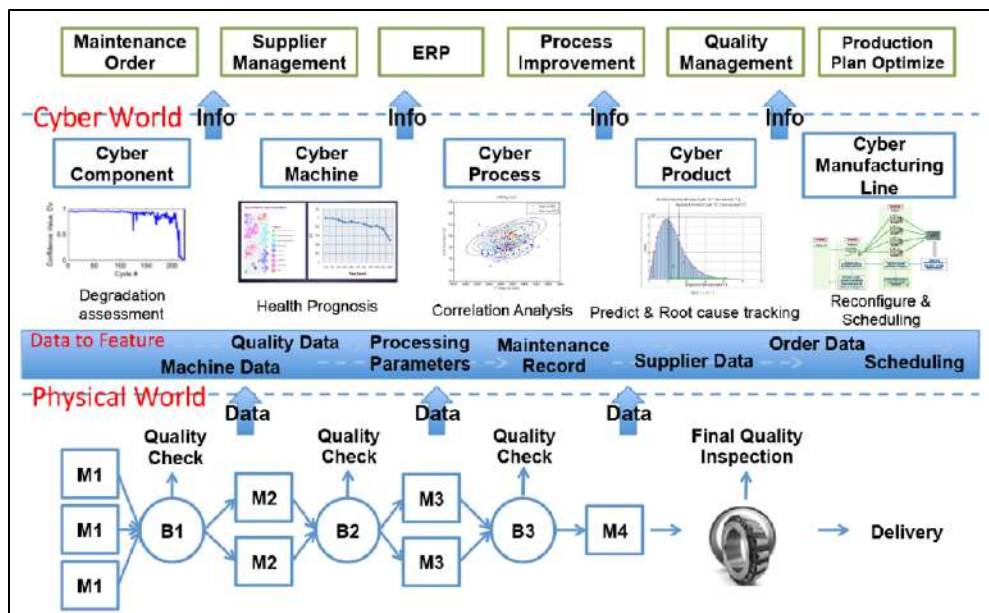
Inovacija koja izdvaja ove sisteme od ostalih jeste povezanost svih objekata i procesa preko otvorene i globalne informacione mreže – Interneta. CPS se podjednako bazira na softveru, kao i na hardveru. S jedne strane, tehnološka infrastruktura koja se sastoji od ugrađenih sistema i senzora visokih performansi, aktuatora i komunikacionih interfejsa obezbeđuje neizostavnu hardversku podlogu. Sa druge strane, upotreba poslovnih mreža, platformi i usluga koje se baziraju na Računarstvu u oblaku otvara obilje novih poslovnih mogućnosti. Na osnovu prethodno navedenog, zaključujemo da CPS nije samo sastojan od materijalnih, postojećih objekata (sistema), već može i obuhvatati određene operacione i menadžerske procese. Upravo zbog nejasno definisanih granica, CPS se još uvek smatra prilično apstraktnim, teorijskim konceptom, a ne oformljenom tehnologijom koja je spremna za upotrebu u industrijskoj praksi. [1]

Još jedna osobina tipična za ovakav koncept sistema jeste stepen decentralizacije njegove strukture i prostornog obima. Upotrebom naprednih tehnologija mikrosistema, jedan ceo Sajber – Fizički sistem može biti obuhvaćen jednim mikročipom koji u sebi sadrži senzore i mikroprocesore za obradu podataka. Ako krenemo ka većim dimenzijama, CPS može biti i mašina alatka ili jedna cela fabrika. Ekstremna manifestacija ovog koncepta bi bila formiranje neke vrste svetske operativne kompanije, odnosno globalne mreže koja bi funkcionisala po njegovim principima. [1]

Osnovna ideja ovakvog koncepta jeste stvoriti sistem koji gotovo samostalno funkcioniše. Obzirom na sveopštu povezanost, sistem sve podatke digitalizuje, zatim ih sortira po važnosti i vremenu i na kraju raspoređuje u funkcionalne celine. Nije cilj samo imati ogromnu bazu podataka bez ikakve strukture, potrebno je da podaci budu raspoređeni tako da budu što dostupniji za obradu na osnovu koje mašina odlučuje šta je potrebno učiniti u fizičkom svetu. [7]

Takođe, kako se podaci prikupljaju i obrađuju u realnom vremenu, tj. trenutno, vrednost podatka se čuva blagovremenim reagovanjem. Primera radi, ako govorimo o prediktivnom održavanju (održavanje sa planiranjem i upravljanjem, kao i primenom savremene dijagnostike stanja i matematičkih metoda predviđanja nastupanja otkaza), prilikom pojavljivanja podatka o potencijalnom otkazu neophodna je adekvatna reakcija u predviđenom vremenskom intervalu kako bi se otkaz predupredio. U suprotnom podatak gubi na vrednosti. [13]

Računarstvo u oblaku i Big Data unutar CPS – a omogućavaju korisniku pristup informacijama preko mobilnih uređaja u bilo kom trenutku i na bilo kom mestu. Ovo znači da korisnik ima mogućnost direktnog pristupa u virtuelni prostor u kom se može pronaći širok spektar informacija, od trenutnog stanja neke mašinske komponente do generalnog stanja čitavog proizvodnog sistema i procene rizika. Proces prikupljanja informacija i donošenja odluka time postaje neuporedivo lakši i efektivniji. [7]



Slika 6: Struktura Sajber – Fizičkog sistema [7]

Dakle, korisnici više neće morati da rade sa neobrađenim podacima i sami izvlače informacije, već će to mašine raditi umesto njih, kontinuirano. Na taj način biće kreirana sredina bogata informacijama, a većina podataka bivaće obrađivana samo jednom u toku proizvodnog procesa. (Slika 6) [7]

3.2. Internet Stvari

Internet stvari (IoT) je predstavljen kao koncept i paradigma, koja obuhvata rasprostranjene stvari/objekte koji bežičnim ili žičanim vezama uz primenu jedinstvenih adresnih šema imaju sposobnost komunikacije i saradnje jedni sa drugima ili sa drugim stvarima/objektima u cilju stvaranja novih aplikacija i usluga. Dakle, sposobnost umreženih uređaja da prikupe informacije iz okruženja u kome se nalaze (da osete) i da ih prenesu, podele putem Interneta (da komuniciraju) da bi druge stvari ili ljudi na osnovu tih informacija mogli nešto da učine nije više ograničena na računare ili mobilne telefone. Internet povezanih računara postaje Internet povezanih stvari. Osnovne karakteristike sistema baziranih na Internetu stvari su sledeće: [14]

- *sve komunicira*: pametne stvari imaju mogućnost bežične komunikacije između sebe i između međusobno povezanih objekata unutar ad-hoc mreže (decentralizovana vrsta bežične mreže gde svaki objekat predstavlja čvor koji prosleđuje podatke);
- *sve se identifikuje*: pametne stvari se identifikuju preko digitalnog imena;
- *sve interreaguje*: pametne stvari mogu interreagovati sa lokalnim okruženjem kroz očitavanja i aktiviranja postojećih mogućnosti. [14]

Internet stvari objedinjuje nekoliko trendova razvoja informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT). Prvi je minijaturizacija, odnosno smanjivanje dimenzija povezanih uređaja, ponekad i ispod granice vidljivosti golim okom. Mogućnost upotrebe bežičnih tehnologija garantuje

mobilnost, odnosno prenosivost, kao drugu značajnu karakteristiku. Treći trend je heterogenost uređaja na kojima će se Internet stvari zasnivati. Da bi se realizovala vizija Interneta stvari i pružila podrška tehnologija koja bi omogućila da bilo kad, bilo gde, sa bilo kojim uređajem, servisom, aplikacijom, postoji interakcija, korisnici moraju biti svesni postojanja uređaja, ali isto tako i uređaji moraju biti svesni postojanja korisnika. Za realizaciju zahteva IoT - a potrebne su dramatične promene sistema, arhitekture i komunikacije koja mora biti fleksibilna, prilagodljiva, sigurna, ali ne i nametljiva. [14]

Primena koncepta Interneta stvari moguća je u različitim oblastima: napredne elektroenergetske mreže, bezbednost, praćenje saobraćaja, farmacija (produkcija, logistika i maloprodaja lekova) i zdravstvo, praćenje porekla i kvaliteta hrane kao i praćenje mnogih drugih različitih procesa, automatizacije istih, dostave proizvoda i dr. Tako npr. u domenu e - zdravstva, korišćenjem različitih senzora i koncepta Interneta stvari moguće je vršiti daljinsko praćenje pacijenata te na taj način određivati terapije, lakše otkrivati zdravstvene komplikacije i upućivati pacijente u odgovarajuće zdravstvene institucije. [14]

U oblasti bezbednosti, informacijama dostupnim preko pametnih uređaja moguće je vršiti nadgledanje i kontrolu pamentih objekata uz značajno smanjenje troškova energije i održavanja, zatim pratiti izvršenje različitih krivičnih dela, saobraćajnih prekršaja itd. Nadzor saobraćaja, gustina i opterećenost saobraćajnica, regulacija rasvete i sl. može se realizovati centralizovanim i integrisanim sistemima kontrole preko Interneta. Za potrebe industrije, koristi se varijacija IoT - a pod nazivom Industrijski Internet Stvari (IIoT – Industrial Internet of Things) koja radi po identičnom principu, a ima za cilj da optimizuje resurse i uspostavi automatizaciju poslovnih procesa unutar preduzeća. [14]

Činjenica da će uređaji/proizvodi masovno biti deo koncepta Interneta stvari, da će se podaci pohranjivati u „oblaku”, a uređaji biti kontrolisani pomoću aplikacija, implicira i da će dolazak Interneta stvari označiti veliku prekretnicu u globalnoj ekonomiji potrošača. Ključne promene se mogu očekivati u četiri glavna pravca: [14]

- znatno poboljšana efikasnost rada pomoću prediktivnog održavanja i daljinskog upravljanja;
- pojava ekonomskih ishoda podstaknutih softverski baziranim uslugama, inovacijama u hardveru i povećanoj preglednosti proizvoda i procesa, potrošača i partnera;
- novi povezani ekosistem, baziran na softverskoj platformi koja briše granice tradicionalne industrije;
- saradnja između ljudi i uređaja, što će rezultovati jedinstvenim nivoom produktivnosti i potpuno novim vidom radnog iskustva. [14]

Kako ništa nije crno ili belo, koncept Interneta Stvari poseduje izvesne mane. Prvo pitanje koje se postavlja jeste pitanje sajber bezbednosti koja definitivno još uvek nije na željenom nivou. Iz

toga razloga postoji izvestan rizik od zloupotrebe i nelegalnih radnji. Neželjeni događaji se mogu klasifikovati u četiri kategorije: [15]

- *napadi*: radi prikupljanja podataka (nedozvoljena analitika, neovlašćeno prisluškivanje, analiza saobraćaja) i radi imitacije (napadi na same podatke, lažiranje IP adrese, itd.);
- *blokiranje*: aktivno mešanje, uskraćivanje usluga, ometanje, malware;
- *politika obelodanjivanja*: otkrivanje informacija o grupama, pojedincima;
- *upadi u servere*: mreže finansijskih i poslovnih subjekata. [15]

Kao i svaki drugi tehnološki fenomen, Internet stvari je osmišljen kao neutralan, ni dobar ni loš. To znači da problemi koji iz njega proizlaze zavise prvenstveno od načina na koji se društvo odnosi prema tehnologiji, koje izbore pravi i koje odluke u ovom pogledu donosi. U tom kontekstu izazovi za istraživanja i razvoj u svrhu stvaranja „pametnog sveta“ koji povezuje realno i virtuelno jesu ogromni. [14]

3.3. Internet Usluga

Pojam usluge se definiše kao komercijalni oblik transakcije u kojoj jedna strana dobija privremeni pristup resursima druge strane kako bi se izvršila propisana funkcija i ostvarile željene beneficije. Osnovna ideja Interneta Usluga jeste sistematizovana upotreba Interneta sa ciljem ostvarivanja novih načina formiranja vrednosti u uslužnom sektoru. [8]

Pojam Interneta Usluga (IoS) je nastao fuzionisanjem dva koncepta: Web - a 2.0 i Uslužno orijentisane arhitekture (eng. Service-oriented architecture - SOA). [9]

Tim postupkom dobijen je koncept blockchain tehnologija nove generacije koji sadrži mrežnu infrastrukturu na osnovu koje se uspostavlja uslužno orijentisan ekosistem. Web 2.0 se opisuje sa svoja četiri glavna aspekta: [9]

- *Interaktivnost*: komunikacija i dinamička manipulacija podataka između servera i mrežnog pretraživača odvija se trenutno;
- *Društvene mreže*: pružaju dostupne informacije iz svake mreže na različite načine;
- *Označavanje*: korisnici mogu upotrebiti jednu ključnu reč kao oznaku za određeni web sadržaj, olakšavajući pristup sadržaju ostalim korisnicima;
- *Web usluge*: stvaraju mogućnost da drugi softver koristi funkcije koje pruža neka web aplikacija, čineći je dostupnom ne samo za ljude, već i za mašine. [9]

Druga komponenta Interneta Usluga, Uslužno orijentisana arhitektura, predstavlja metodologiju projektovanja i konstruisanja IT aplikacija gde komponente aplikacije i web usluga zajedno čine svoje funkcije dostupnim u istom prozoru. Da bi ovako nešto bilo moguće, usluge moraju zadovoljiti sledeće zahteve: [9]

- *Tehnološka neutralnost*: mehanizmi za pozivanje (protokoli) usluga moraju biti standardizovani;

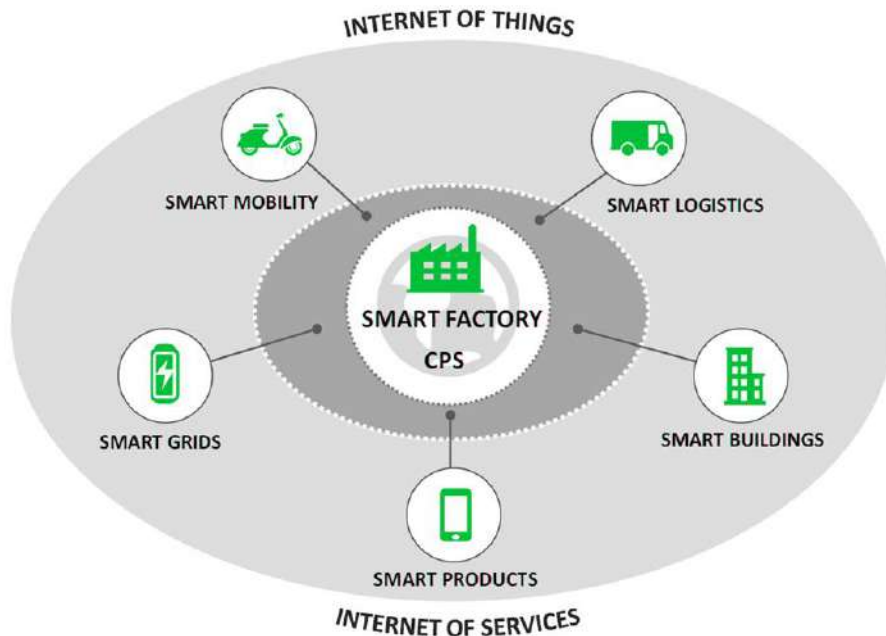
- *Lako povezivanje*: usluge ne smeju zahtevati bilo kakvo znanje ili unutrašnju strukturu ili konvenciju samom klijentu;
- *Transparentnost lokacije*: usluge moraju biti dostupne klijentima nezavisno od svoje lokacije. [9]

Ideja o Internetu Usluga nastala je kao posledica analize svih mana Interneta Stvari počevši od potencijalnih sitnih grešaka do pitanja sajber bezbednosti. Dakle, ukoliko bilo koja od funkcija IoT – a iz nekog razloga ne funkcioniše potrebna je platforma putem koje je taj problem moguće rešiti. U takvim situacijama, korisnik bi koristio IoS. Stoga, možemo reći da bi IoS bio neka vrste tehničke podrške u službi IoT – a. [29]

Sa razvojem blokchain tehnologija, koncept se proširio sa „tehničke podrške“ na čitav uslužni sektor smešten u jednu blokchain platformu. Poput digitalnog tržnog centra, IoS se može predstaviti kao skup usluga svih vrsta na jednom mestu. [9]

3.4. Pametna Fabrika

U pametnoj i povezanoj okolini baziranoj na Internetu Stvari i Usluga ključni ekonomski sektori bivaju transformisani u pametne infrastrukture i konstelacije. Ova transformacija dovodi do pojave pametnih mreža i pametnih zgrada u polju snabdevanja energijom, kao i pametne i održive mobilnosti i logističkih rešenja. Dakle, koncept Industrije 4.0 treba posmatrati i implementirati interdisciplinarno, tj. u saradnji sa svim ostalim ključnim oblastima. (Slika 7) [1]



Slika 7: Pametna Fabrika kao centralna komponenta koncepta Industrije 4.0 [1]

Pametna Fabrika se definiše kao fleksibilan sistem koji ima sposobnost samostalne optimizacije performansi, samostalnog učenja i prilagođavanja na nove uslove u realnom vremenu. Dakle, to je sistem koji potpuno samostalno vodi čitav proces proizvodnje. Funkcionisanje jedne pametne fabrike se u užem smislu svodi na unutrašnjost njena četiri zida, međutim, ona ima i sposobnost povezivanja sa sličnim proizvodnim sistemima preko globalne mreže. Ovo znači da je moguća kontinualna saradnja, pa čak i sinhronizovan rad dve ili više pametnih fabrika. [11]

Suštinska snaga Pametne Fabrike leži u njenoj sposobnosti da evoluiru i raste prilagođavajući se potrebama organizacije. Bilo da je u pitanju promenljiva potražnja, širenje na nova tržišta, razvijanje novih proizvoda ili usluga, prediktivniji i efikasniji vid održavanja ili implementiranje novih procesa ili tehnologija, Pametna Fabrika uvek pronađe optimalno rešenje. [11]

Karakteristike

Osobine koje svaka fabrika mora imati kako bi joj se dodao atribut „pametna“ jesu sledeće: [11]

- *Povezanost*: ugrađeni pametni senzori omogućavaju sistemima da kontinualno prikupljaju željene podatke, time osiguravajući trenutno ažuriranje parametara stanja; integracija podataka (o operacijama, dobavljačima i kupcima) i poslovnih sistema omogućava sveobuhvatan pristup tokovima lanaca snabdevanja, kreirajući veću ukupnu efikasnost mreže snabdevanja;
- *Optimizovanost*: operacije se izvode uz minimalnu ručnu intervenciju i sa visokim stepenom pouzdanosti; automatizovani i sinhronizovani tokovi rada, poboljšano praćenje i formiranje rasporeda, kao i optimalna potrošnja energije mogu povećati efikasnost i kvalitet, a takođe i smanjiti troškove i otpadni materijal;
- *Transparentnost*: svi prikupljeni podaci moraju biti transparentni, dostupni za zaposlene i mašine koje samostalno donose odluke; transparentna mreža pruža širi pogled na čitav objekat i donosi organizaciji egzaktnija rešenja;
- *Proaktivnost*: u proaktivnom sistemu, zaposleni i mašine reaguju na osnovu savremene dijagnostike stanja i matematičkih metoda predviđanja, pre nego što se bilo kakav problem ili kvar dogodi; ovakav oblik funkcionisanja se najčešće ogleda u upotrebi tehnologije digitalnih blizanaca, gde se stvarnost simulira, a zatim sprovode analize na osnovu kojih se donose odluke;
- *Agilnost*: prilagođavanje na promenu rasporeda i proizvodnih procesa uz minimalnu intervenciju čoveka; napredne pametne fabrike imaju mogućnost samostalne konfiguracije opreme i protoka materijala prilagođavajući se zahtevima proizvodnje novog proizvoda ili novog rasporeda. [11]

Procesi

Specifični uticaji koje koncept Pametne Fabrike može imati na proizvodne procese razlikuju se od organizacije do organizacije. Međutim, do sada se pokazalo da je moguće izdvojiti skup naprednih tehnologija koje najviše podstiču protok informacija između fizičkog i digitalnog

sveta u okviru jedne fabrike. U Tabeli 1 prikazani su procesi unutar jedne fabrike koje je moguće unaprediti nekom od tehnologija Industrije 4.0. [11]

Proces	Uzorci tehnologija digitalne revolucije
Proizvodne operacije	<ul style="list-style-type: none"> • Aditivna proizvodnja za brzu izradu prototipova i rezervnih delova male zapremine • Napredno planiranje i formiranje rasporeda korišćenjem podataka (o proizvodnji i stanju na zalihama) prikupljenih u realnom vremenu, čime se minimizira otpadni materijal i vreme proizvodnog ciklusa • Roboti za efikasno izvršavanje repetitivnih radnji uz minimalne troškove i visoku tačnost • Digitalni bliznac za simulaciju procesa i prediktivnu analizu
Operacije skladištenja	<ul style="list-style-type: none"> • Proširena realnost za pomoć osoblju pri obavljanju zadataka • Roboti za obavljanje operacija skladištenja
Praćenje stanja zaliha	<ul style="list-style-type: none"> • Senzori za praćenje kretanja u realnom vremenu i lokacije sirovina, trenutnog radnog stanja i stanja alata visoke vrednosti • Analitika za optimizaciju dostupnih zaliha i automatizovane signale za dopunu
Kvalitet	<ul style="list-style-type: none"> • Redovna provera kvaliteta korišćenjem analitike zasnovane na optici • Praćenje opreme u realnom vremenu kako bi se predvidele potencijalne greške
Održavanje	<ul style="list-style-type: none"> • Proširena realnost za pomoć osoblju u održavanju i popravci opreme • Senzori na opremi koji su neophodni za sprovođenje prediktivne i kognitivne analize održavanja
Okolina, zdravlje i bezbednost	<ul style="list-style-type: none"> • Senzori za držanje zaposlenih na bezbednoj distanci od opreme koja u radu može biti opasna • Senzori za nadgledanje stanja okoline i ostalih potencijalnih pretnji

Tabela 1: Proces u okviru Pametne Fabrike [11]

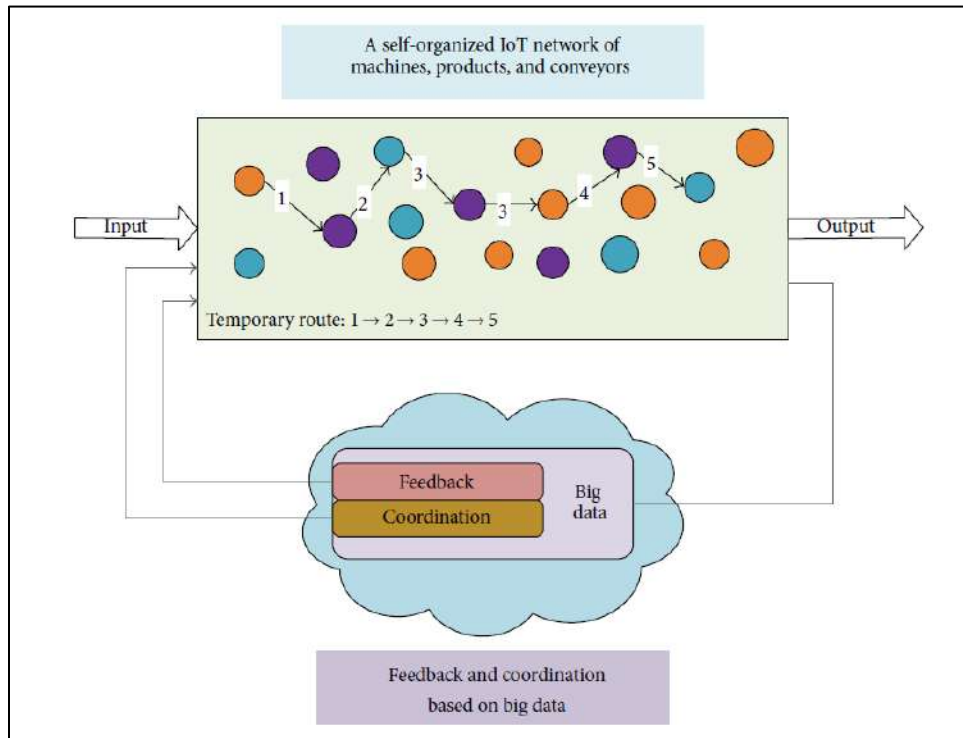
Princip rada

Iz perspektive inženjera kontrolnih sistema, pametna fabrika se može posmatrati kao sistem sa povratnom spregom. (Slika 8) U samom centru nalazi se mreža pametnih objekata, pri čemu se objektom smatra mašina ili skup mašina koje zajedno funkcionišu. Pametni objekat poseduje traženu sposobnost, autonomiju i socijalno ponašanje. [4]

Pod autonomijom, misli se na njegovu sposobnost da samostalno donosi odluke, bez direktnog uticaja ijednog drugog entiteta. Socijalno ponašanje se odnosi na sposobnost pametnog objekta

da razume strukturu organizacije u kojoj se nalazi i poštuje pravila koja su mu dodeljena. Dakle, skup pametnih objekata može pružiti veoma fleksibilan sistem proizvodnje koji se samostalno organizuje i rekonfiguriše. Kroz saradnju, pametni objekti pokušavaju da usklade svoje ponašanje kako bi se postigao zajednički cilj. [4]

Međutim, performanse sistema nikada nisu u potpunosti optimalne. Ova pojava jeste posledica toga što pametni objekti nemaju sposobnost percipiranja čitavog sistema, već delaju na osnovu lokalnih informacija, tj. informacija objekata koji se nalaze u njihovoj neposrednoj blizini. [4]



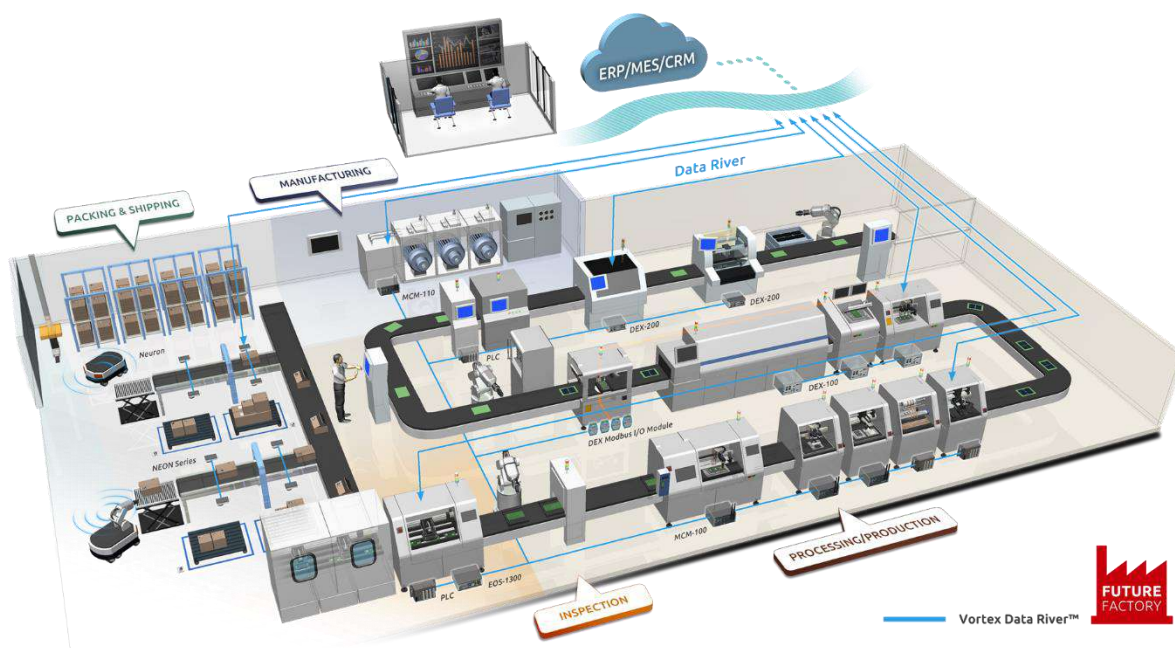
Slika 8: Šema funkcionisanja pametne fabrike [4]

Što se tiče proizvodnje, moguća je pojava uskih grla, efikasnosti koja nije maksimalna, pa čak i eventualnih zastoja. Rešenje za ovaj tip problema nalazi se u polju Big Data analitike u okviru povratne sprege, kao što je i prikazano na Slici 8. Svi podaci se čuvaju u oblaku. Pametni objekti uz pomoć senzora podatke o svom trenutnom stanju snimaju i šalju u realnom vremenu do centra za Big Data analitiku. Stoga, moguće oformiti parametre o celokupnom stanju sistema. Na osnovu svojih ogromnih računarskih kapaciteta, centar za Big Data analitiku obrađuje ogromne količine podataka kako bi ispunio svoja dva osnovna cilja: [4]

- 1) Upravljanje ponašanjem umreženih pametnih objekata;
- 2) Analiza parametara performansi samoorganizujuće mreže.

Skup svih potrebnih operacija da bi se u okviru jedne pametne fabrike dobio gotov proizvod uokviren je izrazom „pametne proizvodnje“. Dakle, možemo reći da je pametna proizvodnja

osnovna funkcija jedne pametne fabrike. Na Slici 9 prikazan je 3D model pametne fabrike u toku procesa proizvodnje. [4]



Slika 9: 3D model pametne fabrike [39]

Filozofija umrežavanja

Kako bi koncept Pametne Fabrike imao smisla, potrebno je i da okolina može da isprati njene mogućnosti. Za globalnu razradu i primenu rešenja Industrije 4.0, fokus je stavljen na tri ključne karakteristike i oblasti delovanja: [1]

a) Horizontalna integracija

Jedna korporacija bi trebalo da se takmiči i saraduje sa ostalim povezanim korporacijama. Pomoću međukorporativne horizontalne integracije, povezane korporacije mogu oformiti efikasan ekosistem obezbeđujući kontinualan protok informacija, finansija i materijala između sebe. Stoga, nastaju nove mreže vrednosti i poslovni modeli. [4]

b) Vertikalna integracija

Fabrika poseduje nekoliko fizičkih i informacionih podistema, kao što su aktuatori i senzori, kontrola, upravljanje proizvodnjom, proizvodnja i korporativno upravljanje. Od suštinske važnosti je da postoji vertikalna integracija od nivoa aktuatora i senzora pa sve do nivoa poslovnog planiranja resursa (eng. *Enterprise resource planning - ERP*) kako bi se obezbedio fleksibilan i rekonfigurišući proizvodni sistem. Ovom integracijom pametne mašine formiraju samoorganizujući sistem koji se može prilagođavati novim uslovima proizvodnje. [4]

c) Inženjerska integracija duž čitavog procesa (eng. *End-To-End Engineering Integration*)

U procesu stvaranja vrednosti koncentrisanjem na proizvod, uključen je niz aktivnosti, kao što su ispitivanje potreba kupaca, dizajn i razvoj proizvoda, planiranje proizvodnje, proizvodni inženjering, proizvodnja, usluge, održavanje i recikliranje. Integracijom, kontinuirani i konzistentni model proizvoda može se ponovo koristiti u svakoj fazi. [4]

4. Menadžment veštine u poslovnom okruženju I 4.0

Uprkos potencijalnom pozitivnom uticaju Industrije 4.0 na ekonomski rast, neophodno je istaći i mogući negativni uticaj na tržište rada. Mnogi poslovi, pogotovo oni koji zahtevaju repetitivne radnje i precizan ručni rad, jesu već automatizovani. Preptostavlja se da automatizaciji tu nije kraj, pogotovo sa eksponencijalnim razvojem računara. U Tabeli 2 prikazani su poslovi sa najvećim i najmanjim stepenom rizika od automatizacije. [10]

Most Prone to Automation	
Probability	Occupation
0.99	Telemarketers
0.99	Tax preparers
0.98	Insurance Appraisers, Auto Damage
0.98	Umpires, Referees, and Other Sports Officials
0.98	Legal Secretaries
0.97	Hosts and Hostesses, Restaurant, Lounge, and Coffee Shop
0.97	Real Estate Brokers
0.97	Farm Labour Contractors
0.96	Secretaries and Administrative Assistants, Except Legal, Medical & Executive
0.94	Couriers and Messengers

Least Prone to Automation	
Probability	Occupation
0.0031	Mental Health and Substance Abuse Social Workers
0.0040	Choreographers
0.0042	Physicians and Surgeons
0.0043	Psychologists
0.0055	Human Resources Managers
0.0065	Computer Systems Analysts
0.0077	Anthropologists and Archeologists
0.0100	Marine Engineers and Naval Architects
0.0130	Sales Managers
0.0150	Chief Executives

Tabela 2: Poslovi sa najvećim i najmanjim rizikom od automatizacije [10]

Za sada, Industrija 4.0 stvara mnogo manje novih poslova nego bilo koja od prethodnih revolucija. Prema istraživanjima stručnjaka, samo 0,5 % radne snage u SAD – u radi u industrijama koje nisu postojale krajem prošlog veka, što je poprilično malo kada se uporedi sa 8% i 4,5% novih poslova kreiranih osamdesetih i devedesetih godina prošlog veka, respektivno. [10]

Međutim, postoje optimističnije procene za budućnost. Tumačeći analize kompanije Hays Global Skills Index, koja je proučavala uloge 15 miliona radnika u 20 različitih država, zaključak je da bi digitalna revolucija trebalo da stvori minimum 133 miliona novih radnih mesta, dok će oko 75 miliona postojećih biti ugašeno. Većina novih radnih mesta zahtevaće poslove za koje ljudi

još uvek nisu obučeni. Prema istraživanju kompanije Deloitte, 2 miliona radnih mesta u narednih 10 godina ostaće nepopunjeno zbog nedovoljne stručnosti i obučenosti radnika, dok institut MekKinzi smatra da će između 75 i 375 miliona ljudi morati da promeni zanimanje i ovlada novim veštinama do 2030. godine. [32]

Oblasti koje će tražiti najviše radne snage u budućnosti jesu VI, Robotika i Blockchain tehnologije. Takođe, tehnička podrška, prodaja, marketing i obuke veština su delatnosti koje će biti popularne. Što se industrije tiče, veštine koje će biti najtraženije u budućnosti su brojne: [32]

- Fizički rad na terenu, uključujući montažu;
- Radno znanje u oblastima hidraulike, pneumatike i elektronskih senzora;
- Sposobnost čitanja električne i mehaničke štampe;
- Znanje iz programiranja, pogotovo ono povezano sa programabilnim logičkim kontrolerima (PLC), interfejsima čovek – mašina (eng. *human-machine interface – HMI*) i ostalim softverima povezanim sa pametnim sensorima i programabilnim kontrolerima;
- Napredne IT veštine, kao što je umrežavanje (povezivanje digitalnih uređaja) i mrežna bezbednost;
- Osnovno znanje o robotima, uključujući osnovne operacije robota i njihovo programiranje;
- Znanje i veštine iz oblasti održavanja i rešavanja problema sastavnih komponenti automatizovanih sistema. [32]

Naravno, poslovi neće zahtevati isključivo tehnološke veštine. Poslodavci će, kao i do sada, posebno vrednovati ljudske veštine, one koje su sačinjene od osobina ličnosti, stavova, navika, manira, sposobnosti komunikacije, radne etike i interpersonalnih veština koje karakterišu odnose sa drugim ljudima. [32]

Pametna automatizacija dolazi, to je gotovo izvesno. Štaviše, u mnogim sektorima, korenite promene se već uveliko odvijaju. Na koji način se to dešava, u kojoj meri, kao i koje su posledice, analiziraćemo u nastavku rada na primeru implementacije pametne proizvodnje u kineskim preduzećima.

5. Industrija 4.0 u praksi

Talas pametne automatizacije počeo je da prekriva čitav svet, a pogotovo područje Azije. Studija International Labor Organisation – a pokazuje da najveći rizik od gubitka posla imaju radnici u Vijetnamu, Kambodži, Filipinima i Indoneziji, što je posledica pretpostavke da će mašine zameniti 50% radne snage u narednih 20 godina. Jedno od glavnih pitanja je u kojoj meri će Azija, kao trenutni industrijski gigant, ispratiti brojne inovacije u proizvodnoj automatizaciji, inteligenciji i digitalizaciji. [5]

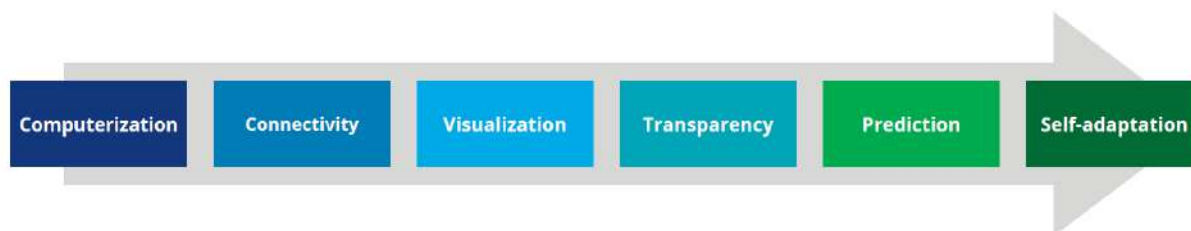
Trenutno, nema sumnje da azijski kontinent odlikuje najaktivnija potraga za inovacijama i patentima. Dobar primer za spomenuti je veštačka inteligencija. Državne vlade u Aziji pružaju veliku podršku kompanijama da implementiraju tehnike VI-a u svoj svakodnevni rad. U 2017. godini, vlada Južne Koreje je objavila ulaganje u razvoj VI-a u iznosu od milijardu dolara. Slična situacija desila se u Singapuru, gde je objavljen projekat razvoja i implementiranja VI-a čije će sprovođenje koštati 110 miliona dolara u narednih 5 godina. [5]

Najsnažnija azijska industrijska sila, a verovatno i svetska, jeste svakako Kina. Kineska vlada je unapredila svoj projekat pametne proizvodnje dovodeći njen projektantski deo do najvišeg nivoa. Takođe, sama preduzeća su ubrzala tempo digitalne transformacije i povećala sistemski kapacitet rešavanja problema. Pametna proizvodnja je postigla imponantne rezultate u Kini, uvodeći industriju u period eksponencijalnog razvoja. [5]

Razvoj pametne proizvodnje u Kini sadrži tri osnovna aspekta. Prvo, viši nivo digitalnog kapaciteta i kvaliteta je kineskim industrijskim preduzećima doneo iznimne beneficije postavljajući jak temelj za buduću analizu, predikcije i samostalno prilagođavanje proizvodnih sistema. Drugo, sa finansijskog aspekta, pametna proizvodnja donosi daleko veću korporativnu profitabilnost, tj. sposobnost kompanije da ostvari profit. Treće, sa aspekta samog proizvodnog procesa, Kina je postala država sa najvećim brojem industrijskih robota u proizvodnji, što je praćeno eksponencijalnim rastom potražnje. [5]

5.1. Put razvoja

Sposobnost da se upotrebom podataka vrši upravljanje proizvodnih procesa i sposobnost sistema da se samostalno dovede u optimalan režim rada ogleda se u kapacitetu i kvalitetu digitalizacije. Zvanično prihvaćen put razvoja Industrije 4.0 u Kini sastoji se iz šest etapa: (Slika 6) [5]



Slika 6: Faze razvoja Industrije 4.0 [5]

- *Kompijuterizacija*

Repetitivne radnje se mogu izvoditi mnogo efikasnije sprovođenjem kompijuterizacije preduzeća. Time se postiže i veća preciznost izrade, kao i sniženje troškova proizvodnje. Ipak, neretka pojava u današnjim preduzećima je neadekvatna povezanost elektronskih uređaja ukoliko postoji više različitih informacionih sistema koji rade nezavisno. [5]

- *Povezanost*

Aktivan rad na implementiranju savremenih koncepata poput Interneta Stvari vodi ka međusobnoj povezanosti svih sistema, te samim tim i većoj dostupnosti informacija i većoj efikasnosti, usklađenosti i kvalitetu obavljenih zadataka. [5]

- *Vizuelizacija*

Upotreba VR tehnologija pruža mnoštvo mogućnosti. Npr. upotreba ogromne količine podataka u realnom vremenu i formiranje tzv. digitalnih blizanaca prebacuje samo odlučivanje sa konvencionalnog pristupa, zasnovanog na ljudskom iskustvu, na digitalni pristup, tj. mašinu koja simulacijom dolazi do optimalnog rešenja. [5]

- *Transparentnost*

Formiranje znanja zasnovano na analizi uzroka i razumevanju uzroka nepogode. [5]

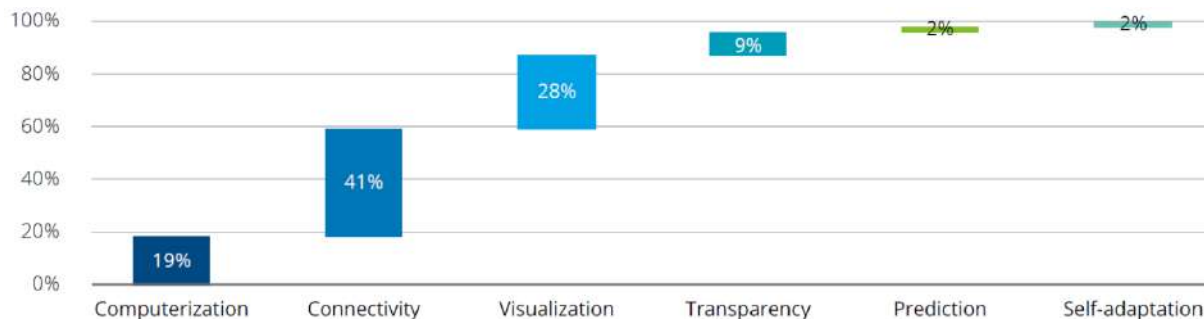
- *Predikcija*

Prediktivno održavanje i projektovanje digitalnih blizanaca predstavlja procenu budućnosti simuliranjem različitih scenarija i donošenje optimalnih rešenja brzo i efikasno. [5]

- *Samostalno prilagođavanje*

Sposobnost predviđanja je jedan od osnovnih uslova za automatizovano ponašanje i donošenje odluka. Kontinualno samostalno donošenje odluka omogućava preduzeću da reaguje nezavisno i prilagodi se na bilo kakve promene u poslovnoj sredini. [5]

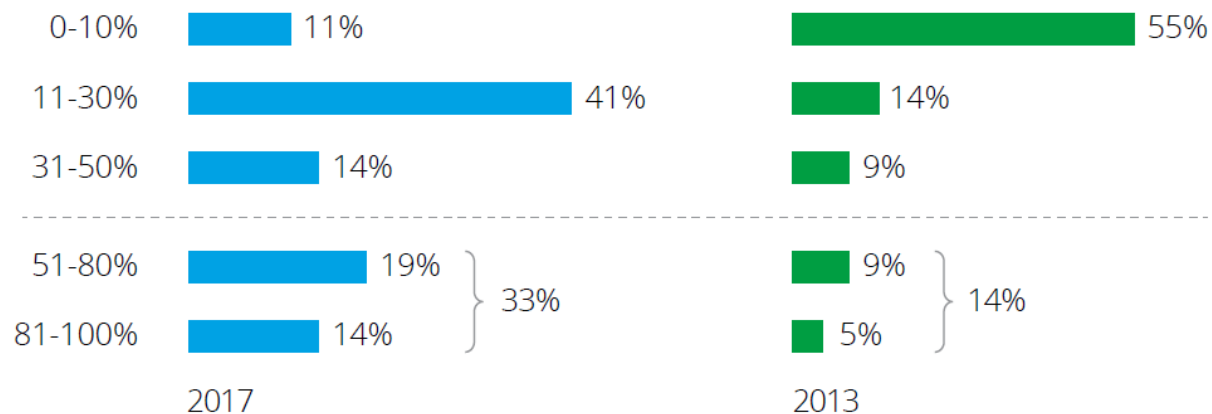
Prema anketi koju je sproveda kompanija Deloitte 2018. godine, 81% preduzeća je kompletiralo fazu kompijuterizacije. Među ovim preduzećima, 41% je u fazi povezivanja, 28% u fazi vizuelizacije, a 9% radi na transparentnosti. Onih preduzeća koja su u fazi predikcije i samostalnog prilagođavanja ima svega 2%. [5] (Dijagram 1)



Dijagram 1: Stepen implementacije Industrije 4.0 među preduzećima [5]

5.2. Profit

U anketi iz 2013. godine, od strane već pomenute kompanije, pametna proizvodnja u Kini je bila na samom početku razvoja, te sa finansijske strane nije pravila zapaženiju razliku. Međutim, stvari su počele da se menjaju velikom brzinom i finansijske beneficije su postale očigledne četiri godine kasnije. U prvom istraživanju, neto dobit (profit) ostvaren direktno od uvođenja pametne proizvodnje iznosio je svega do 10% za 55% ispitanih kompanija. Četiri godine kasnije procenat kompanija koje imaju slične finansijske rezultate iznosio je 11%, dok je trećina kompanija ostvarila neto dobit preko 50%. (Dijagram 2) Uopšteno govoreći, s vremenom je sve veći broj preduzeća koja ostvaruju sve veću dobit uvođenjem pametne proizvodnje. [5]

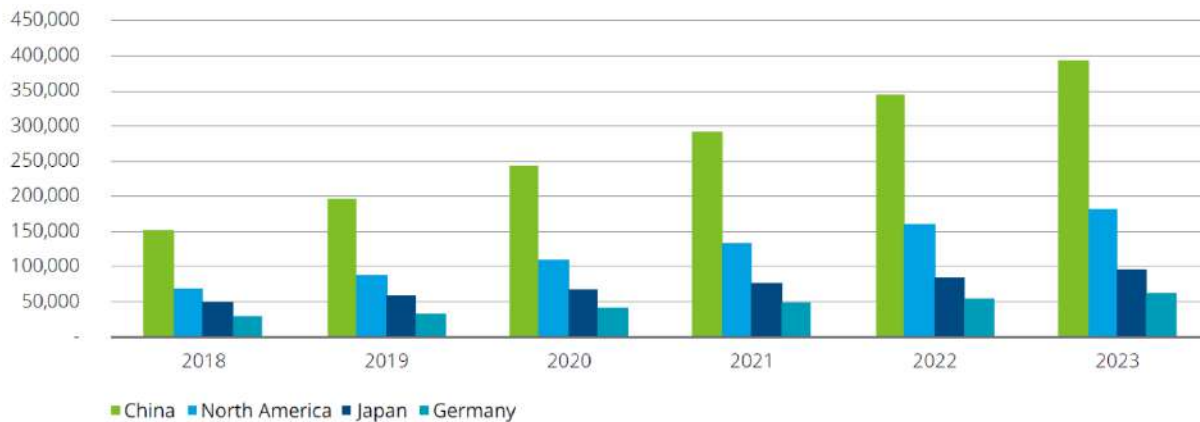


Dijagram 2: Raspodela neto dobiti pod uticajem pametne proizvodnje [5]

5.3. Potencijal tržišta

Šest godina zaredom Kina je najveći svetski konzument industrijskih robota. Kinesko tržište industrijskih robota 2017. godine vredelo je 4.2 milijarde američkih dolara, što je jednako 27% ukupne vrednosti svetskog tržišta industrijskih robota. Prema izveštaju IFR-a (International Federation of Robotics) očekuje se da vrednost tržišta dostigne 6 milijardi do kraja 2020. godine, sa 240 hiljada prodatih robota u godinu dana. (Dijagram 3) Najveći konzumenti jesu automobilska industrija i industrija napredne proizvodne opreme, kao i industrija elektronike i električnih uređaja. [5]

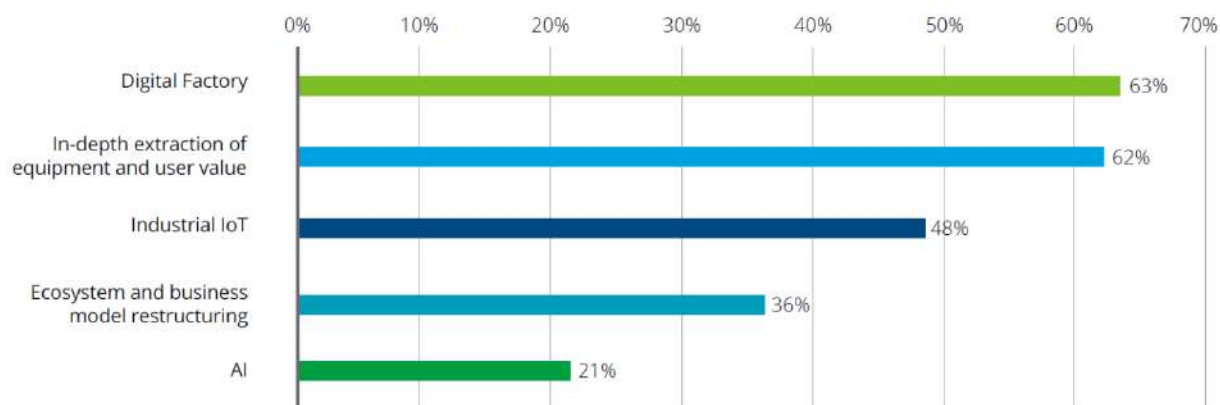
Glavna prednost kineske industrije u odnosu na ostale jeste ogromna količina podataka kojoj ima pristup, te samim tim tehnologije mašinskog učenja mogu da iskažu svoj pun potencijal. Bilo da je u pitanju prepoznavanje lica, prevod jezika ili autonomna vozila, potrebna je velika količina tzv. „trening podataka“, podataka na osnovu kojih mašina kreira algoritme preko kojih vrši različita izračunavanja. Uzimajući u obzir kinesku ogromnu populaciju i masivne izvore potrebne opreme, kineske kompanije imaju po prirodi stvari prednost u pristupu podacima. Drugo, tehnologija koja se koristi u većini kineskih industrijskih preduzeća je novije generacije u odnosu na onu u evropskim, te je povezivanje opreme mnogo jednostavnije. [5]



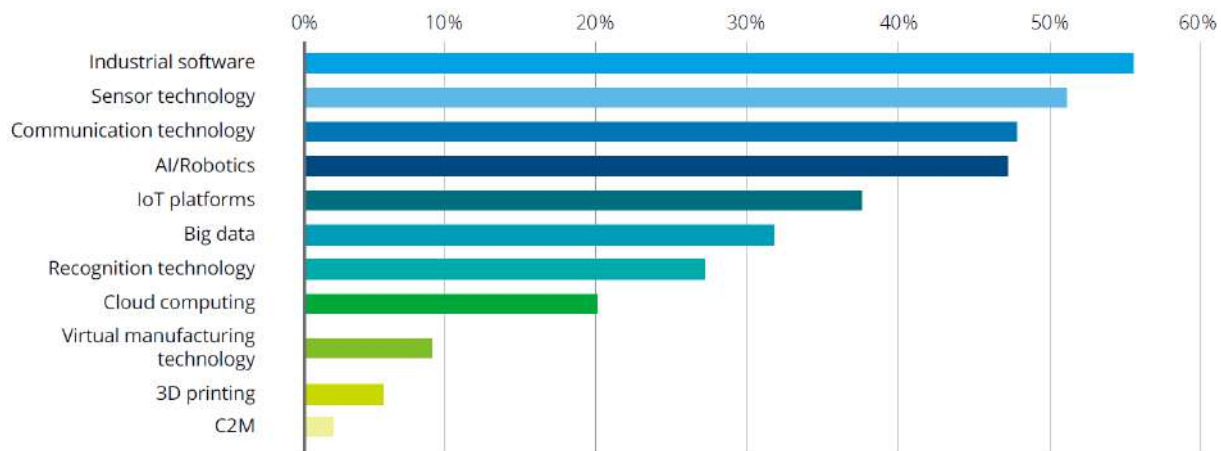
Dijagram 3: Prodaja industrijskih robota na glavnim svetskim tržištima [5]

5.4. Razvoj pametne proizvodnje

Prema istraživanju Deloitte – a, razvoj pametne proizvodnje u kineskim industrijskim preduzećima je raspodeljen u pet ključnih oblasti: Digitalna Fabrika (63%), temeljno izvlačenje vrednosti opreme i korisnika (62%), industrijski Internet Stvari (48%), restrukturiranje poslovnih modela (36%) i Veštačka Inteligencija (21%). (Dijagram 4) Što je tiče najpopularnijih tehnologija, tj. tehnologija koje se najviše koriste u preduzećima, na prvom mestu jesu industrijski softveri, odmah zatim komunikacione tehnologije i senzori, VI, IoT i Big Data analitika. (Dijagram 5) Naravno, nije nužno da će korišćenje ovih tehnologija direktno dovesti do implementiranja pametne proizvodnje, obzirom da je menjanje proizvodne kulture kompleksan, spor proces koji zahteva korenite promene u svim industrije segmentima industrije. [5]



Dijagram 4: Oblasti razvoja pametne proizvodnje [5]



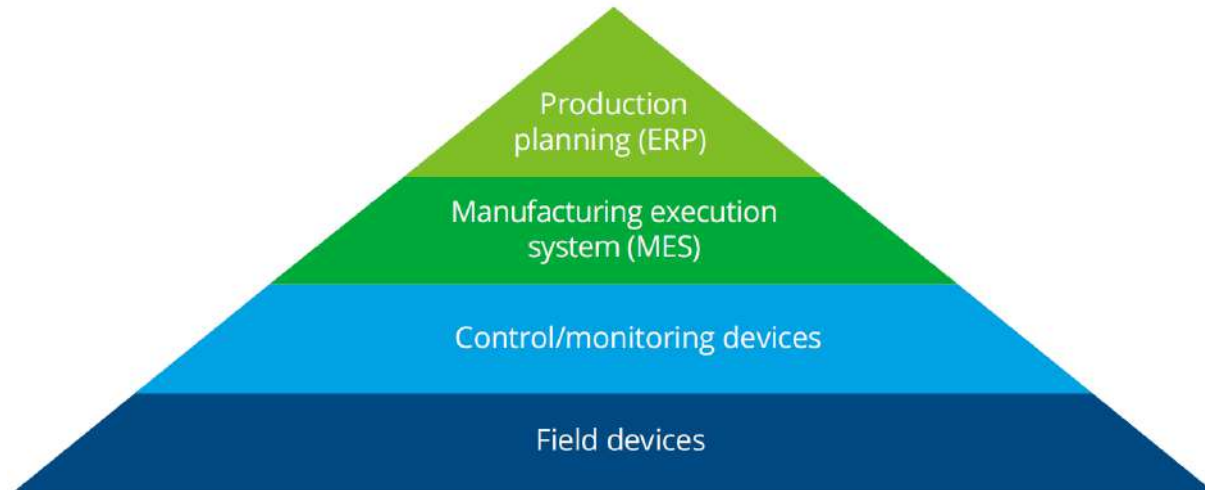
Dijagram 5: Tehnologije koje privlače najviše interesovanja [5]

5.4.1. Digitalna Fabrika

Digitalna fabrika poseduje sve potrebne alate za formiranje simulacija i modela u virtuelnom svetu, međutim, još uvek nema sposobnost upravljanja i optimizacije procesa u realnom vremenu kao pametna fabrika. Stoga, digitalna fabrika predstavlja jedno međustanje u procesu implementiranja pametne fabrike. [33]

Inteligentni sistemi predstavljaju koren pametne proizvodnje sa digitalizacijom kao glavnim pokretačem. Sa ovim na umu, današnja preduzeća stavljaju digitalnu fabriku na prvo mesto prioriteta fokusirajući se prvenstveno na neprekidne tokove podataka od njihovog nastanka do upotrebe. Uz najnovije generacije informacionih tehnologija, digitalna fabrika svojim dizajnom, logistikom, uslugama i drugim procesima povezuje sve podatke u funkcionalnu celinu i omogućava efikasnije i egzaktnije donošenje odluka. Jedini način da proizvodni procesi budu optimizovani u realnom vremenu jeste pristupom i analizom kontinualnog, neprekidnog toka podataka (eng. seamless data flow). Uvođenje neprekidnog toka podataka je preduslov za kreiranje digitalnog blizanca fabrike, tj. za rešavanje problema digitalnim putem. [5]

Automatizovani sistemi unutar fabrika su najčešće veoma kompleksne infrastrukture, obzirom da postoji ogroman broj uređaja koji rade sinhronizovano. Kada je reč o industrijskoj automatizaciji, inženjeri su je podelili u četiri nivoa: nivo polja (senzori i aktuatori), nivo kontrole (kontrolni uređaji, npr. CNC mašine i PLC), nivo supervizora (npr. MES – Manufacturing Execution Systems) i nivo preduzeća (softverske aplikacije za podršku upravljanju, npr. ERP - Enterprise Resource Planning). Neprekidni tokovi podataka obuhvataju razmene podataka između sva četiri nivoa. (Slika 6) [24]



Slika 6: Nivoi neprekidnog toka podataka [5]

5.4.2. Temeljno izvlačenje vrednosti opreme i korisnika

Ova oblast razvoja pametne proizvodnje je među najkontroverznijim zbog svog uticaja na globalnu ekonomiju. Definicija vrednosti u ekonomiji je od ključnog značaja, jer ona je srž ekonomske analize. Međutim, teorija vrednosti se u poslednjih četiri stotine godina se menjala. Najkorenitija promena se odigrala se pojavom neoklasične ekonomske teorije. Do tog trenutka, vrednost je bila objektivna, temeljila se na količini rada koja je neophodna da bi se neka stvar proizvela, na načinu upotrebe tehnologije, na odnosima kapital-rad, a cenu su uslovljavali troškovi proizvodnje. Neoklasična ekonomija, koja nastaje tokom poslednjih decenija XIX veka, uklanja razliku između proizvodnih i neproizvodnih delatnosti i omogućava dominaciju subjektivne teorije vrednosti, prema kojoj je vrednost određena samo dinamikom cena usled oskudnosti dobara i preferencija potrošača. [27]

Primera radi, sve do šezdesetih godina dvadesetog veka nacionalno knjigovodstvo počivalo je na stavu da finansije ne stvaraju vrednost, nego samo obrću postojeću, smatralo se da je finansijski sektor izvan oblasti proizvodnog. Danas je drukčije, većina ekonomista smatra da finansijeri zarađaju profit pružanjem usluga koje se smatraju proizvodnim. Finansijski sistem danas je tretiran kao da stvara vrednost u realnoj ekonomiji. [27]

Izvlačenje vrednosti je delatnost kojom se manipuliše postojećim resursima. Definiše se kao uzimanje vrednosti od ostalih zainteresovanih strana (eng. *stakeholder*), tj. to je pojava kada jedna kompanija umesto da stvara vrednost, ona je oduzima ostalim pojedincima ili organizacijama koje su aktivno uključene u određeni zajednički projekat. Izvlačenje se izvodi manipulacijom procesa na konkurentnom tržištu u korist kompanije. Metaforički govoreći, ukoliko kreiranje vrednosti povećava veličinu „kolača“, izvlačenje podrazumeva podelu „kolača“ na delove, a zatim oduzimanje pozamašnog parčeta. [28]

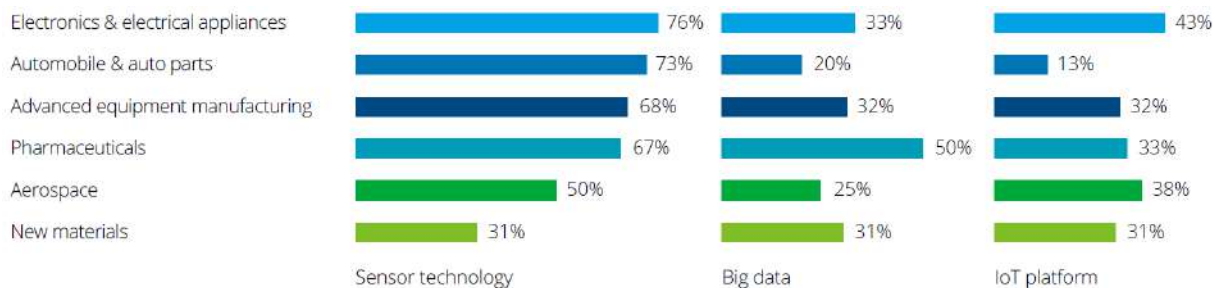
Iako izvlačenje vrednosti izlaže kompaniju pravnim rizicima, kao i rizicima gubitka reputacije, obzirom da je ovaj proces podoban za nelegalne radnje, on predstavlja poprilično laku zaradu u poređenju sa napornim radom koji je potreban kako bi se ostao konkurentan na tržištu kreirajući vrednost. Ova pojava se odnosi isključivo na finansijski aspekt kompanija, te iz tog razloga nećemo ulaziti u prevelike detalje. Rezime jeste da je cilj isključivo i samo zarada, da se na ovaj način povećava profit kompanija bez stvaranja vrednosti u realnom obliku. Ovo je naravno izuzetno za same korporacije, ali otvara dosta prostora za diskusiju kako utiče na globalnu ekonomiju. [28]

Savremeni kritičari neoklasične teorije smatraju da neoklasični pogled na ekonomiju generiše, pre svega, problem reinvestiranja. Kako bi ekonomija funkcionisala, cilj jeste da se što veći procenat generisane vrednosti reinvestira nazad u nju. Međutim, ono što filozofija izvlačenja vrednosti povlači sa sobom jeste da kompanije sve veći deo svog profita ne vraćaju natrag u proizvodnju, istraživanje i razvoj, već ga izvlače kupovinom sopstvenih deonica. Statistike govore da stvari vrlo lako mogu izmaći kontroli, obzirom da postoji pad nivoa poslovnog ulaganja u poslednjih nekoliko godina. [26]

Ovaj fenomen jeste zapravo koren potencijalnog problema na koji ljudi misle kada se pitaju: „Hoće li mašine preuzeti sve naše poslove?“. U suštini, mehanizacija već vekovima preuzima poslove čoveka, no sve dok su se profiti reinvestirali natrag u proizvodnju to nije bilo previše bitno iz prostog razloga. Pojavljivali su se novi poslovi. Međutim, odsustvo reinvestiranja može da stvori vrlo ozbiljne probleme. [26]

5.4.3. Industrijski IoT

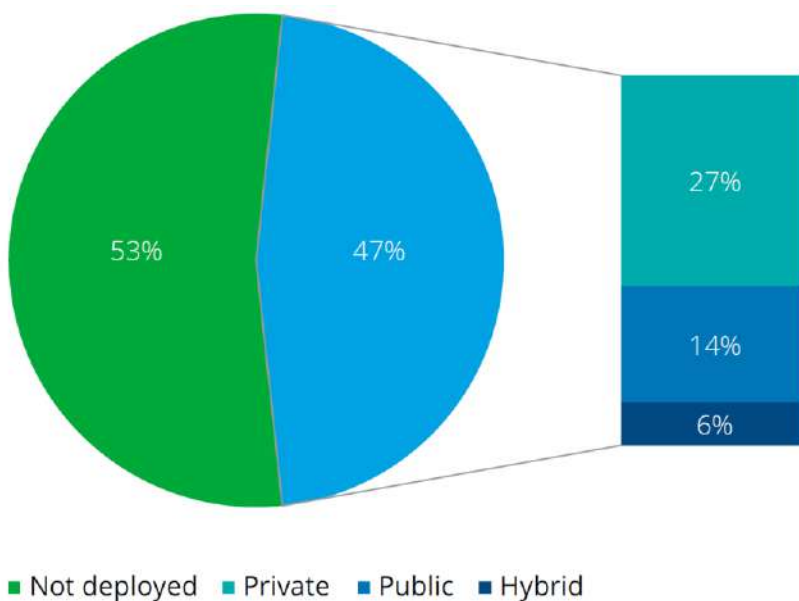
Pametna proizvodnja obuhvata inteligentne proizvodne sisteme koji uz pomoć senzora i analitike sami donose optimalna rešenja. Da bi to bilo moguće, neophodno je prisustvo tehnologija Industrijskog Interneta Stvari. Prema istraživanjima iz 2018. godine kineska preduzeća se trenutno najviše fokusiraju na razvoj i korišćenje senzora u okviru tehnologija IoT - a, dok se u budućnosti planira da akcenat bude na analitičkom i uslužnom delu. Uopšteno govoreći, prikupljanje podataka u realnom vremenu je doseglo zavidan nivo, dok sama obrada, analitika i skladištenje istih još uvek imaju dosta prostora za razvoj. Primena tipičnih IoT tehnologija u najrazvijenijim kineskim industrijama prikazana je u Dijagramu 6. [5]



Dijagram 6: Primena tipičnih IoT tehnologija [5]

Senzorski kapacitet predstavlja samo inicijalnu fazu primene IoT-a. Jezgro ovog koncepta jeste samostalno delanje mašina na osnovu prikupljenih podataka u realnom vremenu. Platforma u oblaku (eng. *cloud platform*) omogućava transmisiju, skladištenje i obradu podataka što omogućava proizvođačima da priklupljaju i obrađuju enormne količine podataka. Industrijska platforma u oblaku pored toga što omogućava preduzećima projektovanje, obradu, proizvodnju, kupovinu i plasiranje proizvoda na tržište, ona takođe iz korena menja tradicionalni ekosistem proizvodnje kreirajući nove izvore prihoda i poslovne modele. [5]

Kineska preduzeća i nisu toliko aktivna u primeni tehnologija u oblaku. Prema sprovedenoj anketi, samo 47% preduzeća koristi usluge industrijskog oblaka. Od oblaka koji su u upotrebi, 27% je privatno, 14% javno, dok je 6% hibridnih oblaka. (Dijagram 7) [5]



Dijagram 7: Primena industrijske platforme oblaka [5]

Prelazak na tehnologiju u oblaku može umanjiti troškove skladištenja i računanja po poslovnoj jedinici ili čak i kreirati nove poslovne modele, ali će takođe stvoriti veću kompleksnost sistema. Jedina stvar koja izaziva skeptičnost kompanija prema ovoj tehnologiji jeste pitanje sajber bezbednosti i prava intelektualne svojine. U ovom trenutku, bezbednosni segment oblaka nije na

najvišem nivou, te uvek postoji rizik „curenja“ informacija. Takođe, nedostatak svesti o komercijalnoj primeni oblaka doprinosi mlakom interesovanju. [5]

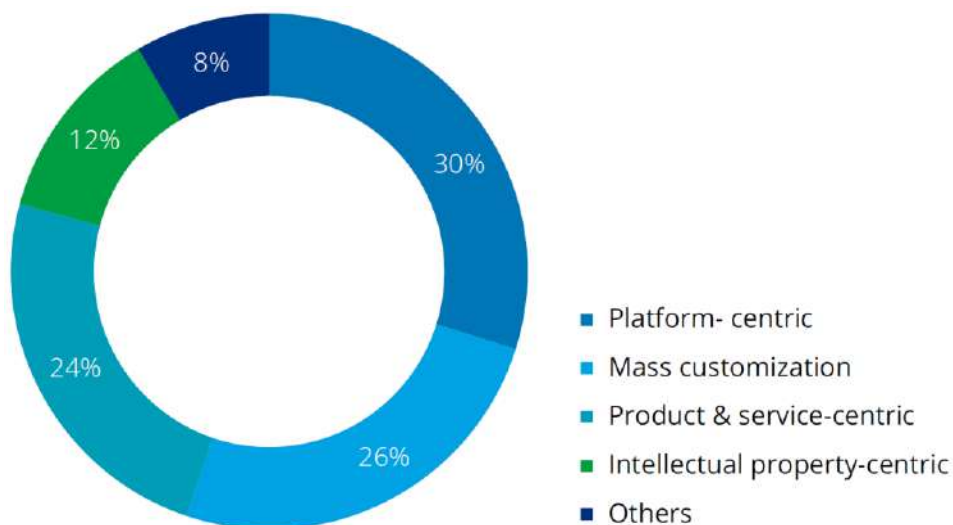
Izbor tipa oblaka od strane preduzeća zavisi od njihovih prioriteta. Javni oblak se ne bira ukoliko je fokus na samoj proizvodnji, kao i smanjivanju troškova i povećanju efikasnosti. Međutim, ukoliko je prioritet inovacija poslovnih modela i transformacija proizvoda, javni i hibridni oblak su najčešći izbori. Broj preduzeća koje donose ovakve strateške odluke je trenutno u manjini i predviđa se da će tako i ostati. [5]

5.4.4. Restruktuiranje budućih poslovnih modela

Osim što omogućava smanjenje troškova i veću efikasnost, pametna proizvodnja daje proizvođačima mogućnost razmatranja svojih predloga vrednosti i restrukturiranja svojih poslovnih modela. [5]

Ovo je izuzetno važno da bi se ostao konkurentan na tržištu gde je iz godine u godinu konkurencija sve veća. Sve veći broj tehnoloških kompanija se uključuje u trku, te su proizvođači prinuđeni da istražuju nove poslovne modele. [5]

Prema sprovedenom istraživanju, ustanovljeno su četiri glavna pristupa planiranju budućih poslovnih modela. Od ispitanih preduzeća, 30% planira da usvoji poslovni model centralne platforme (eng. *platform-centric business model*), 26% masovno prilagođavanje, 24% želi da donese rešenje bazirano na proizvodima i uslugama (eng. *"products & services"*), dok će 12% preduzeća usvojiti poslovni model koji fokus stavlja na IPR (Intellectual Property Rights – Prava intelektualne svojine). (Dijagram 8) [5]



Dijagram 8: Raspodela budućih poslovnih modela [5]

Centralna platforma

Glavna karakteristika ovog poslovnog modela je prisustvo višestrukih softverskih usluga i preduzetničkog ekosistema. Konkurentnost sama po sebi ne leži u platformi, već u njenoj sposobnosti da pruži softverske usluge. Tipično za preduzeća koja koriste ovaj model jeste veća inovativnost u radu sa fizičkim proizvodima nego softverskim. [5]

Neke od kompanija čiji se poslovni plan bazira na centralnoj platformi jesu GE Predix, Sany Heavy Industry i iRootech. [5]

Masovno prilagođavanje

Model masovnog prilagođavanja je orijentisan direktno prema kupcima i fokusira se na višedimenzionu unakrsnu analizu, razumevajući ponašanje potrošača i razvoj modela podataka. Često se koristi metoda modularnog dizajna, tj. proizvodi se kreiraju od više podistema koji se nazivaju moduli i pojedinačno ih je moguće menjati. Potrošači, proizvođači i dobavljači su povezani nizovima podataka. Očekuje se da mnoge industrije poput tekstilne, automobilske, elektronske i industrije proizvodne opreme krenu putem masovnog prilagođavanja. Glavni predstavnici ovog modela jesu kompanije Red Collar Group, Haier i Changan Automobile. [5]

Proizvodi i usluge

“Product & service-centric” poslovni model formira rešenje na osnovu svoje dve glavne komponente, proizvoda i usluge. Inoviranje proizvoda i usluga se radi paralelno. Karakteriše ga prelazak sa klasičnog pristupa gde se potrebe potrošača zadovoljavaju postojećim proizvodima na pristup formiranja proizvoda na osnovu želja potrošača. U budućnosti je potrebno poboljšati sposobnost integracije sistema i promeniti model za proračun prihoda. Najpoznatiji korisnici ovog modela jesu kompanije Rolls-Royce i XCMG. [5]

Prava intelektualne svojine

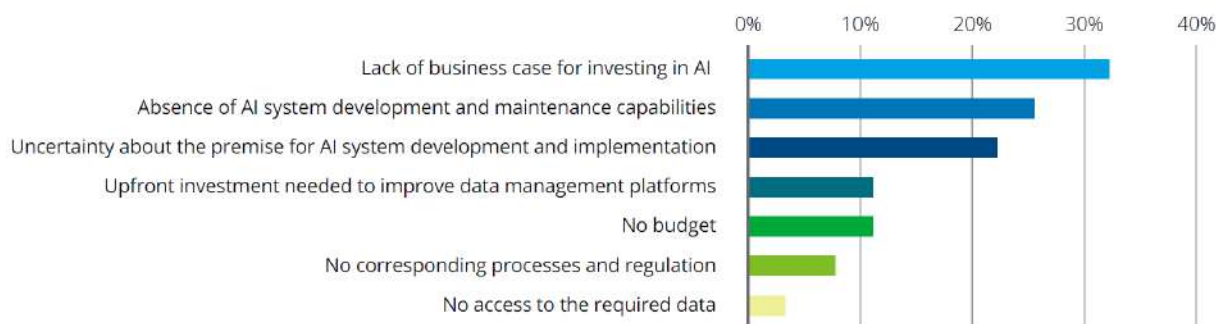
Preduzeća koja koriste ovaj model pokušavaju da dominiraju tržištem čuvajući svoje patente isključivo za sebe. Izvor prihoda se najčešće sastoji od prodaje autorskih prava na patente, proizvoda, poslovnih rešenja, kao i od transfera tehnologija. Model karakterišu velika ulaganja u tehnološka istraživanja i potreban razvoj. Takođe, možemo reći da je vreme komercijalizacije tehnoloških proizvoda gotovo uvek neizvesno i da je potrebno uložiti velika sredstva kako bi se očuvalo pravo na intelektualnu svojinu. Glavni konzumenti ovog modela su moderni industrijski giganti Qualcomm, Huawei i Netac. [5]

5.4.5. VI

Nešto više od polovine, tačnije 51% preduzeća u Kini aktivno koristi VI u proizvodnji, dok 46% razvija koncept ili planira upotrebu VI tehnologija kako bi unapredili svoje proizvode i usluge. Njena primena u proizvodnji i menadžmentu je više orijentisana ka automatizaciji sistema i „lean“ konceptu proizvodnje (podrazumeva manje: rada na radnom mestu, proizvodnog prostora,

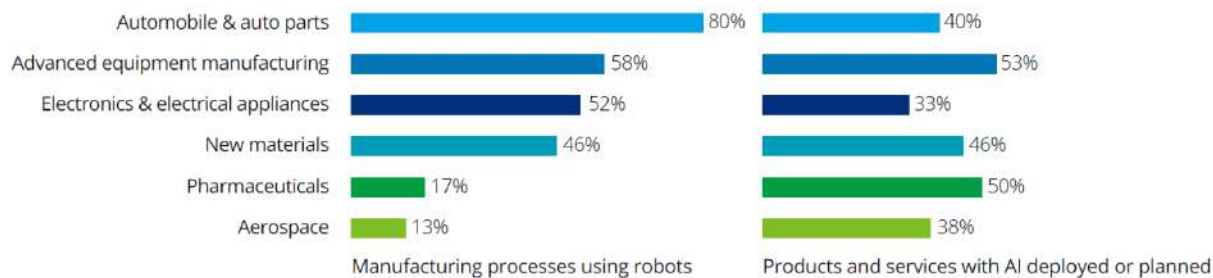
investicija, vremena alata i zaliha), sa ciljem da se poboljša efikasnost i kvalitet proizvodnih procesa, kao i da bi se sav čovekov potencijal usmerio ka kompleksnijim problemima. [5]

Kako je VI još uvek u ranoj fazi razvoja, za njenu potpunu implementaciju će trebati još vremena. Faktori koji najčešće ometaju preduzeća u implementiranju tehnologija VI - a jesu nedostatak poslovnih projekata za ulaganje u VI, odsustvo sistematskog kapaciteta koji može da podrži razvoj VI - a i nesigurnost u pozitivan ishod. (Dijagram 9) [5]



Dijagram 9: Glavni razlozi nekorišćenja VI – a unutar preduzeća [5]

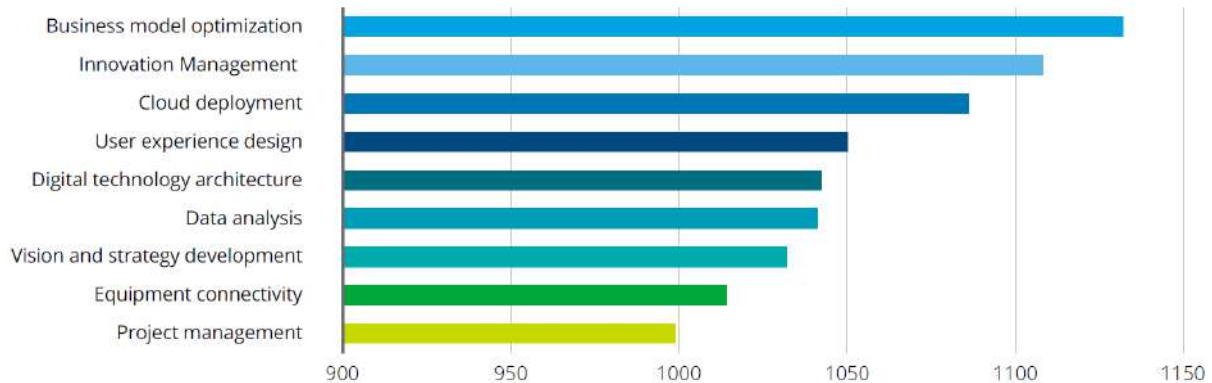
Veštačka Inteligencija velikom brzinom prodire u sve grane industrije. Upotreba robota u industriji auto delova, napredne proizvodne opreme i elektronike je već premašila 50%, pri čemu je u automobilskoj industriji čak na velikih 80%. Primena VI - a u okviru generisanja proizvoda i usluga je relativno jednako zastupljena širom industrija. Najveća zastupljenost je u industriji napredne proizvodne opreme sa 53%. (Dijagram 10) [5]



Dijagram 10: Primena robota, proizvoda i usluga sa integrisanom VI po industrijama [5]

5.5. Prevazilaženje nedostataka stručnosti

Restruktuiranje poslovnog modela je veoma kompleksan i obeshrabrujući posao. U sprovedenoj anketi kompanije Deloitte, od preduzeća je traženo da ocene svoje sposobnosti koje su im potrebne za implementiranje novog, željenog poslovnog modela. Segmenti na kojima je potrebno najviše raditi u opštem slučaju jesu optimizacija poslovnih modela, upravljanje inovacijama i razvoj tehnologija u oblaku. (Dijagram 11) [5]



Dijagram 11: Veštine koje je potrebno dodatno usavršiti u budućnosti (veći rezultat na skali označava veću nužnost za usavršavanjem) [5]

Optimizacija poslovnog modela može predstavljati samo promenu već postojećih elemenata, ali takođe može i izazvati transformaciju koja menja čitav *modus operandi*, tj. način ponašanja i funkcionisanja u celini. U prethodnih petnaest godina, nagli skok u razvoju tehnologija, komunikacije, logistike i transporta je doprineo tome da se drastične promene više ne smatraju retkom pojavom. Da bi jedno preduzeće optimizovalo svoj poslovni model, potrebno je da ovlada metodama i alatima koje omogućavaju sledeće procese: korporativna transformacija i reorganizacija, rekonfiguracija IT sistema, promena stručnog kadra i obnavljanje pravne, finansijske i poreske strukture. [5]

Kada je reč o pojmu upravljanja inovacijama, jednostavno rečeno, on se odnosi na sve potrebne aktivnosti za uvođenje nečeg novog. Upravljanje inovacijama nastaje kao rezultat fokusiranosti na postojanje problema i izazova, tj. fokusiranosti na njihovo prepoznavanje i pronalaženje novih pristupa njihovom rešavanju. [25]

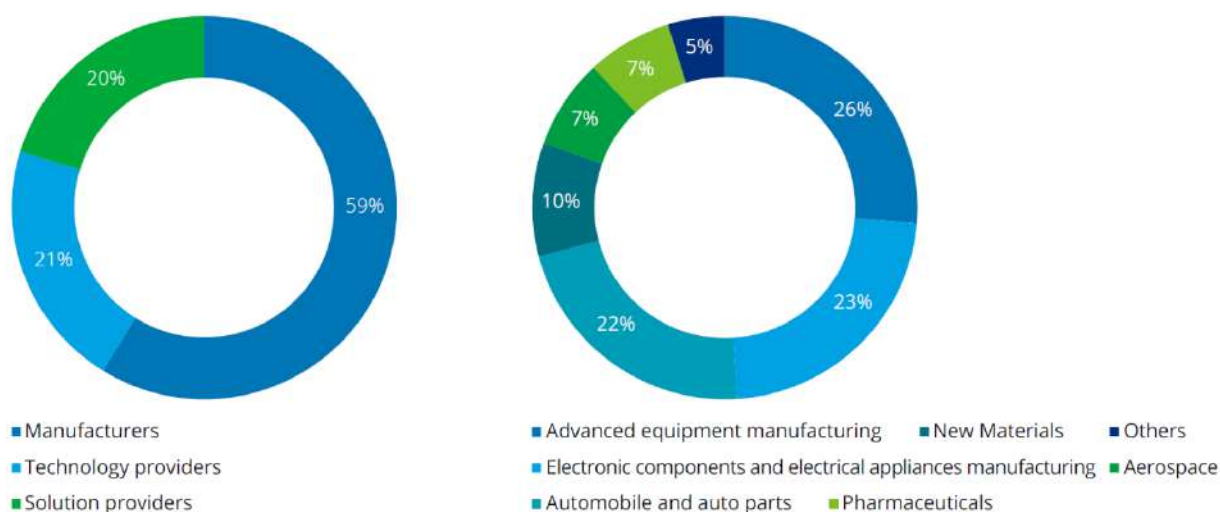
Sve počinje sa idejom, ali nije dovoljna samo njena originalnost ili kreativnost, već je neophodno odrediti koje su šanse da ona isporuči neku vrednost, jer samo ideje koje imaju potencijala da u procesu svoje primene i realizacije donesu neku značajnu vrednost, postaju prava inovacija. [25]

Što se tiče tehnologije oblaka, sam prenos podataka i aplikacija na server nije njegova jedina funkcija. Njegova upotreba se često odnosi i na višestruke poslovne funkcije koje obuhvataju kontakt sa dobavljačima i klijentima, kao i finansijske izveštaje. Dugoročne planove, u koje spada i sam razvoj i implementacija oblaka, potrebno je razvijati i sprovesti korak po korak, kako bi preduzeća pažljivo uklopila sve nove segmente u funkcionalnu celinu koja odgovara optimalnom rešenju. [5]

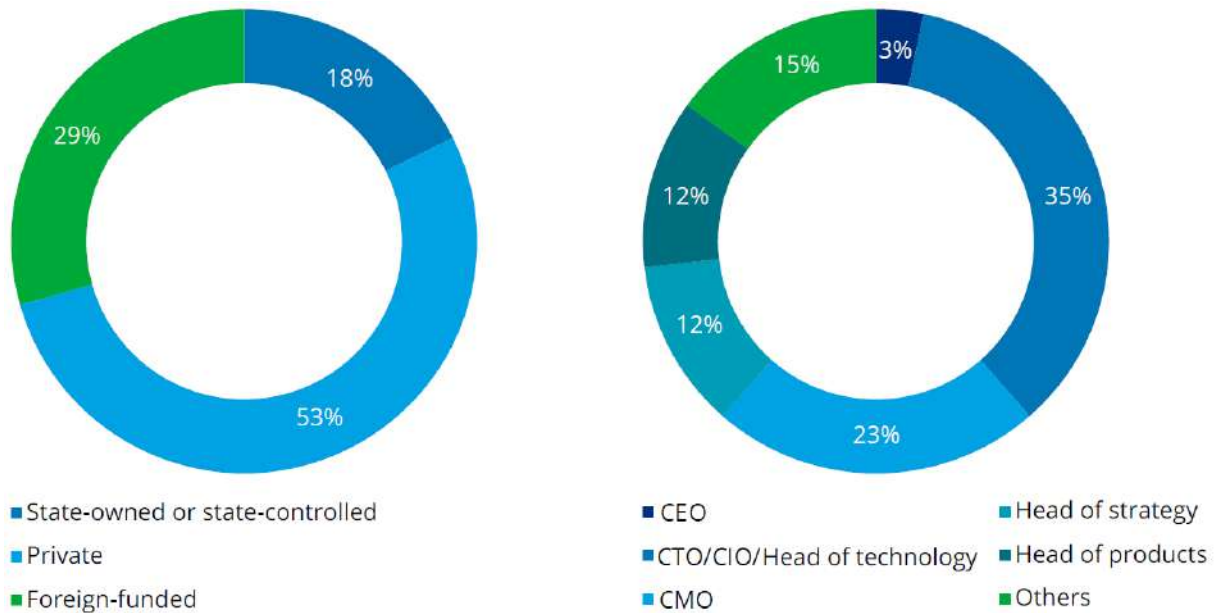
5.6. O istraživanju

Svi empirijski podaci, prikazani u ovom radu, preuzeti su iz izveštaja britanske kompanije Deloitte, pod nazivom „China’s smart manufacturing: a steady push for the long term - 2018 China smart manufacturing report“. Sprovedena anketa je pokrila 153 velikih i srednjih

preduzeća širom Kine, koja se bave proizvodnjom ili tehničkom podrškom. Grane industrijske proizvodnje koje su obuhvaćene ispitanim preduzećima jesu industrija napredne proizvodne opreme, elektronika i električni uređaji, novi materijali, kao i automobilska, avio i farmaceutska industrija. (Dijagrami 12 i 13) Tehnička podrška se deli na dobavljače tehnologija i dobavljače rešenja. Dobavljači tehnologija dopremaju proizvođačima tehnologije kao što su industrijski IoT, Big Data i VI, dok dobavljači rešenja nude klijentima potpuna rešenja koja integrišu hardver, softver i usluge. Više od polovine ispitanih preduzeća je državno, a sami ispitanici su najčešće obavljali funkciju tehničkog direktora ili direktora informacionih tehnologija. (Dijagrami 14 i 15) [5]



Dijagrami 12 i 13: Oblast delatnosti i industrije ispitanih preduzeća [5]



Dijagrami 14 i 15: Vlasnici preduzeća i radna mesta ispitanika [5]

Literatura

- [1] Christoph Jan Bartodziej - The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics (2015, Springer Gabler)
- [2] Alp Ustundag, Emre Cevikcan - Industry 4.0: Managing The Digital Transformation (2018, Springer)
- [3] Jaap Bloem, Menno van Doorn, Sander Duivestijn, David Excoffier, René Maas, Erik van Ommeren - The Fourth Industrial Revolution: Things to Tighten the Link Between IT and OT (2014, Sogeti VINT)
- [4] Shiyong Wang, Jiafu Wan, Di Li, Chunhua Zhang - Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook (2016, Hindawi)
- [5] China's smart manufacturing: a steady push for the long term – 2018 China smart manufacturing report (2018, Deloitte)
- [6] Stuart J. Russell, Peter Norvig - Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd Edition (2016, Pearson Education)
- [7] Jay Lee - Smart Factory Systems (2015, Springer)
- [8] Orestis Terzidis, Daniel Oberle, Kay Kadner - The Internet of Services and USDL (SAP Research)

[9] Jacqueline Zonichenn Reis, Rodrigo Franco Gonçalves - The role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 (2018, ResearchGate)

[10] Klaus Schwab – The Fourth Industrial Revolution (2016, World Economic Forum)

[11] The smart factory responsive, adaptive, connected manufacturing - A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing enterprises, and digital supply networks (Deloitte University Press)

[12] Petar B. Petrović – Iskustva i mogućnosti primene robota u Srbiji (2015, Specijalizovani seminar za inoviranje znanja u domenu industrijskih tehnologija u saradnji sa Akademijom inženjerskih nauka Srbije AINS)

[13] Uglješa Bugarić – Upravljanje sistemom održavanja (pisana predavanja)

[14] Vladimir Vujović, Mirjana Maksimović, Goran Balotić, Predrag Mlinarević - Internet stvari – tehnički i ekonomski aspekti primene (2015, ResearchGate)

[15] Miroslav D. Stevanović, Dragan Đurđević – Internet stvari, lična i materijalna bezbednost (2017, Akademija za nacionalnu bezbednost Beograd)

[16] Predrag Dašić, Raul Turmanidze - Industrija 4.0: Stvarnost ili predviđanje (2017, Zbornik radova Internacionalnog univerziteta Travnik)

[17] Ratko Gatalo, Slobodan Navalušić, Milan Zeljković, Zoran Milojević, Ištvan Megađa, Aleksandar Košarac – Virtualna Realnost: Novi prilaz projektovanju u proizvodnji (2006, ResearchGate)

[18] Blockchain and Artificial Intelligence: Driving the Fourth Industrial Revolution <https://www.dataversity.net/blockchain-and-artificial-intelligence-driving-the-fourth-industrial-revolution/>

[19] Uspon industrijskih robota – ABB slavi 40 godina industrijske robotike <https://www.automatika.rs/vesti/robotika/uspon-industrijskih-robota-abb-slavi-40-godina-industrijske-robotike.html>

[20] Računarstvo u oblaku http://poincare.matf.bg.ac.rs/~vladaf/Courses/Matf%20MNSR/Prezentacije%20Individualne%20Stare/Petrovic_Racunarstvo_u_oblaku.pdf

[21] Šta je Big Data? <https://samoobrazovanje.rs/big-data/>

[22] Šta je to Big Data? Sve što treba znati <https://raf.edu.rs/citaliste/racunarske-mreze/4756-xa-sta-je-to-big-data-sve-sto-treba-znati-xa>

[23] Internet stvari (Internet of Things) menja svet, kakvog ga poznajemo
<https://www.cadcam-group.eu/rs/blog/internet-of-things-menja-svet-kakvog-poznajemo>

[24] Differences Between Field, Control, Supervisory, and Enterprise Levels of Automation
<https://www.machinedesign.com/automation-iiot/article/21835731/differences-between-field-control-supervisory-and-enterprise-levels-of-automation>

[25] Priručnik za inovacije
<https://ehub.rs/wp-content/uploads/2020/03/Prirucnik-za-inovacije.pdf>

[26] Mariana Mazzucato: What is economic value, and who creates it?
https://www.ted.com/talks/mariana_mazzucato_what_is_economic_value_and_who_creates_it/discussion

[27] Stvaranje i prisvajanje vrednosti u globalnoj ekonomiji - Da li se kapitalizam može popraviti?
<http://www.nspm.rs/prikazi/stvaranje-i-prisvajanje-vrednosti-u-globalnoj-ekonomiji-da-li-se-kapitalizam-moze-popraviti.html?alphabet=l>

[28] Is Your Company Addicted to Value Extraction?
<https://sloanreview.mit.edu/article/is-your-company-addicted-to-value-extraction/>

[29] IOST | Internet of Services | Proof of Believability
<https://www.youtube.com/watch?v=UX1NenMTbN8>

[30] Virtuelna realnost: Osnove i izrada igara
https://www.pmf.ni.ac.rs/download/master/master_radovi_racunarske_nauke/racunarske_nauke_master_radovi/2017/2017-10-16-sf.pdf

[31] Blockchain
<https://sh.wikipedia.org/wiki/Blockchain>

[32] How Does Industry 4.0 Affect My Job? The Truth Behind Smart Automation
<https://amatrol.com/how-does-industry-40-affect-my-job/>

[33] The digital factory as pioneer for the smart factory of the future
<https://www.lead-innovation.com/english-blog/digital-factory#:~:text=Digital%20factory%20as%20basis%20for%20industry%204.0%20and%20Smart%20Factory&text=The%20digital%20factory%20is%20the%20supplier%20of%20this%20data%20basis,the%20factory%20in%20real%20time>

[34] SEIML: Industry 4.0, China and Germany
<https://seiml.com/seiml-industry-4-0-china-and-germany/>

[35] Industrial Revolution
<https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>

[36] Volum-e Reduces Metal Support Removal by 50% Using Materialise e-Stage
<https://www.materialise.com/en/cases/volum-e-Reduces-Metal-Support-Removal-e-Stage>

[37] Design for additive manufacturing
http://fitnik.tech/de/services/design/design_for_additive_manufacturing

[38] Cyber-Physical Systems
[https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-35950-7_16790-1#:~:text=Cyber-Physical%20Systems%20\(CPS\),services%20available%20on%20the%20internet](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-35950-7_16790-1#:~:text=Cyber-Physical%20Systems%20(CPS),services%20available%20on%20the%20internet)

[39] Edge IoT Smart Manufacturing Solution
https://www.adlinktech.com/cn/Smart_Manufacturing