

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Пројектовање технолошких процеса

Број индекса: 351/2018

Марко Љ. Златић
Паметне фабрике – систем,
дефиниције и предности
Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Милан Ерић - ментор

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

Изјава о самосталној изради рада

Изјављујем да сам овај мастер рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

Златић Марко 351/2018



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастер студије: Машинско инжењерство

Име и презиме: Марко Златић

Број индекса: 351/2018

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: *Паметне фабрике – систем, дефиниције и предности*

Задатак: У оквиру мастер рада описати функционисања паметних фабрика као и њихове предности. Поред тога потребно је кроз објашњење система паметних фабрика описати и модерне софтвере који се користе у оваквим фабрикама и начин одржавања оваквих повезаних система. Један од задатака је и опис класичних система фабрика које су уобичајене и начин преласка са класичног система функционисања на повезан начин паметних система фабрика, такође је потребно кроз постојеће примере објаснити појам паметних фабрика.

Препоручена литература:

1. Мајсторовић В., Живковић С.: Интеграција производних и информационих технологија у дигиталном окружењу, JUSK, Београд, 2015.
2. Oztemel, E., Intelligent Manufacturing Systems, Smart Factories and Industry 4.0: A General Overview, 2010.
3. Kusiak, A., Computational Intelligence in Design and Manufacturing, 2000.

Ментор:

Крагујевац, 11.03.2020

Проф. Др Милан Д. Ерић

Садржај

1. Увод	8
2. Систем паметних фабрика.....	10
2.1 Карактеристике паметне фабрике	13
2.2 Прелазак на паметне фабрике: Области за разматрање	16
2.3 Сензори – покретачи паметне фабрике.....	19
2.4 Паметне машине у паметним фабрикама	23
2.5 Предности паметне фабрике	24
3. Паметна производња.....	28
3.1. Индустрија 4.0	28
3.1.1. Internet of Things – Интернет ствари	29
3.1.2. „Big data“.....	31
3.1.3. Рачунарство у облаку	31
3.1.4. Вештачка интелигенција у Индустрији 4.0	33
3.2 Паметна фабрика – будућност аутоматизоване производње.....	35
3.3 Кључне компоненте процеса паметне производње	36
3.4 Да ли је компанија спремна за Паметну производњу?.....	39
4. Дигитална платформа паметне фабрике	41
4.1 Фактори покретања дигиталних пословних модела у индустрији.....	44
4.2 Доступност основне технологије	45
4.3 Дигитални елементи за постизање оперативне изврности	45
4.4 Подаци.....	45
4.5 Фокусирање на искуство купаца	46
4.6 Маркетинг.....	46
5. Софтвери у паметним фабрикама.....	47
5.1 CAD/CAM и Паметна фабрика.....	48
5.2 Софтвер за планирање производа – веза између паметног производа и главног система (ERP).....	50
5.3 MES у Паметној производњи.....	52
5.4 CMMS у Индустрији 4.0.....	54
5.5 Дигитални систем управљања квалитетом.....	55
6. Паметно одржавање	58

6.1 Утицај предиктивног одржавања на паметну фабрику	61
6.2 Технологије које омогућавају PdM	63
7. Примери паметних фабрика.....	64
7.1 Haier: Оптимизација производних перформанси кроз 5G, Edge рачунарство и машинску визију	64
7.2 Siemens AG EWA, као паметна фабрика	66
7.3 GE виртуелна слика обраде у производним паметним фабрикама	67
7.4 FIELD, паметан фабрички систем из Fanuc-а (Јапан)	68
8. Закључак	70
Литература	71

Резиме

У овом раду су описани системи паметних фабрика, њихове предности, појмови и дефиниције које се развијају дуги низ година. Акценат је стављен на битним појмовима како паметних фабрика тако и паметне производње и Индустрије 4.0 који заједно представљају једну модерну целину која чини паметну фабричку конфигурацију. Описане су паметне машине као неизоставни део паметних фабрика као и софтвери који се користе у паметним системима и сензори који покрећу паметне фабричке системе и користе се за веома битну ставку а то је прикупљање информација и података са машина. Такође, је описан и систем паметног одржавања без којег нема правилног функционисања паметних фабрика, на крају се рад бави и постојећим паметним фабрикама у свету и њивом различитим погледима на паметне системе и паметан начин производње.

Кључне речи: фабрика, производња, паметно, систем

Abstract

This paper describes systems of smart factories, their advantages, concepts and definitions, which have been developing for many years. Emphasis is placed on the essential concepts of smart factories and smart manufacturing and Industry 4.0, which together represent one modern unit that makes a smart factory configuration. Smart machines are described as an indispensable part of smart factories as well as software used in smart factories and sensors that run smart factory systems and are used for a very important item, which is to gather information and data of machines. Also, the system of smart maintenance without which there is no proper functioning of smart factories is described, in the end the work deals with the existing smart factories in the world and their different views on smart systems and smart way of production.

Key words: factory, production, smart, system

1. Увод

Фабрички систем, систем производње је започео у 18. веку и заснован је на концентрацији индустрије у специјализоване и врло често веома велике организације. Овакав систем је настао током индустријске револуције.

Систем фабрика је заменио домаће методе, у којима су поједини радници користили ручне алате или једноставније машине за израду било каквих врста производа у сопственим домовима или радионицама прикљученим у својим домовима. Коришћење водене снаге, а онда и парних машина за механизацију процеса као нпр. ткања тканина у Енглеској у другој половини 18. века, представљају почетак система фабрика. Овакав систем је унапређен крајем 18. века увођењем заменљивих делова у производњи мушкета, а након тога и других врста производа. Овакав напредак наговештавао је почетак масовне производње, у којој би релативно неквалификовани радници могли да саставе стандардизоване делове у комплетне готове производе[20].

Резултујући систем, у коме је организован рад на употреби машинских погона и производње робе у великој мери, имао је важне социјалне последице: раније су радници који су имали своје алате и сами одређивали своје радно време, али у фабричком систему послодавци су поседовали алатке и сировине и одређивали су сате и друге услове под којима су радници обављали послове. Помак ка индустријализацији често је доводио до гужве, нестандартног становања и лошијих санитарних услова за раднике. Фабрике су обично биле слабо осветљене, нередовне и такође су биле несигурна места, где су радници дуго радили уз малу плату. Два велика напретка у фабричком систему догодила су се почетком 20. века увођењем науке о управљању и монтажне линије. Научно управљање попут студија времена и покрета, помогло је рационализацији производних процеса смањујући или чак елиминишући непотребне понављајуће задатке које обављају поједини радници[20]. Стари систем у којем су радници преносили и превозили своје делове до стационарног монтажног места замењен је монтажном линијом, у којој ће производ који се склапа прећи на механизован транспортни пут од једне станице до друге све док се потпуно не састави.

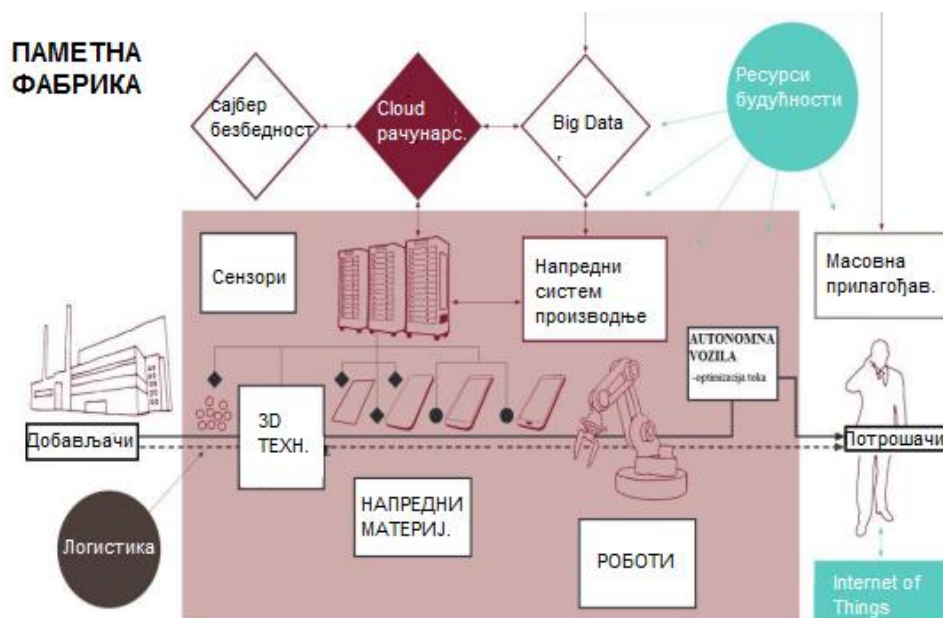
До друге половине 20. века, огромна повећања продуктивности радника – подстакнута механизацијом и фабричким системима, омогућила су невидљиво високе животне стандарде у индустријализованим земљама. У идеалном случају, модерна фабрика је била добро осветљена, добро прозрачена зграда која је пројектована да обезбеди сигурне и здраве радне услове прописане валидним стандардима. Основни напредак фабричког система у последњем делу века био је аутоматизација, у којој су машине интегрисане у систем, којима управљају аутоматске команде, чиме је елиминисана потреба за ручним радом, постижући тако већу конзистентност и квалитет готових производа.

Фабричка производња постала је све глобализованија, а делови за производе који потичу из различитих земаља и испоручују се до места где се склапају.

Данас, фабрике и системи фабрика се фокусирају на то да сам процес функционисања буде што више повезан и аутоматизован уз сталну контролу људи, главни циљ јесте направити тзв. паметне фабрике које ће се заснивати на потпуној повезаности. Повезаност у процесу производње није нова, ипак недавни трендови као што су пораст четврте индустријске револуције, Индустрије 4.0 и конвергенције дигиталног и физичког света – укључујући и информациону технологију и оперативну технологију, учинили су трансформацију ланаца снабдевања све више могућом и олакшаном. Преласком са линеарних операција ланаца снабдевања на међусобно повезане отворене системе операција снабдевања постављају се темељи будућих компанија као и будући изглед такмичења међу компанијама[21]. Паметне фабрике представљају искорак од традиционалније аутоматизације до потпуно повезаног и флексибилног система(систем код којег се може користити константни ток података повезаних оперативних и производних система). Једна права паметна фабрика може да integriше податке од физичких, оперативних и људских ресурса на нивоу система до покретања производног процеса, праћења залиха, дигитализације пословања и других врста активности широм целе производне мреже. Резултати оваквог функционисања могу бити пре свега ефикаснији и окретнији систем, мањи број застоја и већа способност предвиђања и прилагођавања променама у погону или широј мрежи, што лако може довести до доста бољег позиционирања фабрике или организације на конкурентном тржишту[21].

2. Систем паметних фабрика

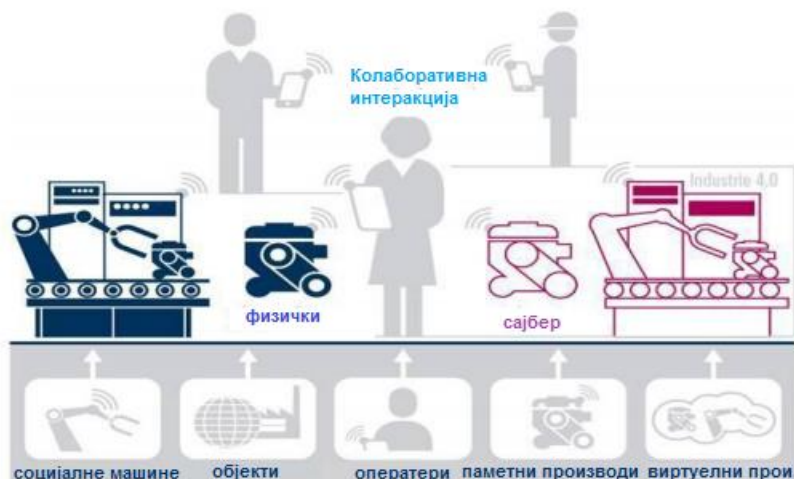
Главна карактеристика паметне фабрике је интегрисање различитих система на више нивоа. У систему производних технологија, аутоматизације и ИТ-а постоје хоризонтална и вертикална интеграција која углавном води до решења са што мање посредних слојева. Хоризонтална интеграција означава интеграцију различитих подсистема, као што су логистика, маркетинг или производња у различитим фазама планирања производње било да је то унутар организације или између фирми или објеката. Вертикална интеграција омогућава висок ниво интеграције ICT-а како би се омогућио интегрисани развој производа, управљање производњом и производња. Тако, паметна фабрика може да се дефинише као умрежени колективни систем на микронивоу са новим производним технологијама, модерним материјалима и системима за обрађивање и складиштење података[1]. Идеја иновативне паметне фабрике за нову генерацију производње може да се представи у неким следећим аспектима: флексибилност, агилност, коришћење информација, предвиђања и безбедност што се види на слици 1. Све ове карактеристике паметне фабрике резултују дугорочном одрживошћу.



Слика 1. Паметна фабрика[1]

Када се Индустрија 4.0 сведе на ниво једног производног погона, она омогућава целокупно умрежавање свих елемената, почевши од врата, осветљења, вентилације, повезивања машина па све до сложених система као што је на пример зона складиштења. Систем паметне фабрике омогућава да у сваком тренутку радници имају увид у било који од аспеката тог система који је умрежен.

Такође, дате су могућности много квалитетнијих извештаја на основу којих могу да се поднесу и обављају даље производне активности. Овакав систем не служи да би се из погона избацио радник односно човек већ служи као веома сложена информациона подршка која води и прати производне активности као што је приказано на слици 2.



Слика 2. Систем паметне фабрике[6]

Главни део паметне фабрике су и наравно паметни производи. Ово су производи који имају увид у своју историју, тренутни статус, као и алтернативне правце за долазак до свог одредишта, тј. знају како су произведени и како требају да буду коришћени. Паметни производи могу да комуницирају са својим окружењем, са роботима који могу да читају како треба да буду обрађени, са транспортним аутономним возилима па и објектима за складиштење. Паметне машине и роботи су веома високо аутономни, програмирани у реалном времену. Имају већи степен интегрисања што значи адаптирање, комуникацију и интеракцију са окружењем. Такође, имају могућност да раде заједно са људима на одређеним задацима и активностима.

Израз паметна фабрика практично се користи у индустрији и науци, иако не постоји конзистентна дефиниција. У ове сврхе користи се још и неколико израза: „Свеприсутна фабрика“, „Фабрика ствари“, фабрика у реалном временском оквиру, или интелигентна фабрика будућности. Научници углавном користе израз паметна технологија производње. Сви наведени појмови односе се на перспективу за будући технолошки развој. На основу анализе будуће производне литературе карактеристике које су пожељне за паметну фабрику односиле би се на флексибилност и поновну конфигурацију, ниске трошкове и променљивост и агилност. Један од начина постизања неких од ових врста функционалности је примена модуларности у виду имплементације технологија и организовања производа и процеса.

Брзим развојем Интернет технологије као и мрежних система могуће је бавити се, али је такође и отворен пут за развој интелигентних машина које ће за неко време имати могућност учења, меморисања и у одређеним тренуцима коришћења те количине знања као и реаговања у одређеним ситуацијама. Упркос томе што у овом тренутку то звучи апстрактно, очекивања су да ће паметне машине у блиској будућности обликовати радна места, производне процесе а такође и производне системе[6].

Паметна фабрика дефинише и одређује нов приступ у производњи користећи најмодерније IoT (Internet of Things) и индустријске интернет технологије, које се састоје од паметних сензора, компјутерске и предиктивне аналитике и сложених технологија управљања. Овакве технологије морају бити повезане због стицања, преношења, интерпретације и анализе информација као и контроле производних процеса према намени. И Индустрија 4.0 и CPS(Cyber-physical system) су у повојима и као такви захтевају детаљна истраживања како би се утврдила њихова практична употреба у различитим секторима. Паметна фабрика као симбол коришћења CPS-а у производном систему није изузета од критеријума. У почетној фази потребно је успоставити одговарајуће оквире за имплементацију.

Структура CPS-а која се састоји из 5 нивоа (слика 1), даје смернице за коришћење сајбер физичког система једне паметне фабрике.



Слика 3. Архитектура имплементације сајбер-физичког система[6]

Ниво 1: Повезаност захтева поуздане податке са машина и њихових компоненти. Извор података може да буде из IoT-ових машинских контролера, додатних сензора, инспекције квалитета, евиденција одржавања и система управљања предузећем као што су ERP, MES и CMM. Бешавна и слободна метода за управљање и комуникацију, правилан одабир типа сензора и проток података су веома важни аспекти за овај ниво[1]. На овом нивоу, систем мониторинга се користи са праћење и надгледање стања машина.

Ниво 2: Ниво конверзије је локални систем интелигенције, овде се подаци обрађују и претварају у значајне информације(као што су информације о деградацији машине). Обрада сигнала, екстракција функција и алгоритми прогностике и управљања здрављем (PHM) алгоритми (као што су мапе за самоорганизацију, логистичка регресија, векторске машине за подршку итд.) и предиктивна аналитика је такође интегрисана у овај ниво. Резултати овог нивоа укључују, али нису ограничени на стање машина и режиме рада. Циљ овог нивоа је омогућавање самосвести за ниво компоненти и машина.

Ниво 3: На сајбер нивоу се налазе све информације које се обрађују. Анализирају се упоредна поређења, размена информација, колаборативно моделирање и евиденција временске употребе машине и историја здравља машина. Ове анализе пружају машинама способност самоупоређивања, где се перформансе једне машине могу упоредити са перформансама и понашањем друге или других машина. На овом нивоу, приступ сајбер физичком систему се обично користи за процену здравља машина у различитим циклусима или режимима и даље упоредити са машинама истих карактеристика.

Ниво 4: Когнитивни ниво генерише темељно знање о систему који се надгледа и пружа информације за корелацију утицаја различитих компоненти у систему[1].

Ниво 5: Ниво конфигурације је повратна информација од сајбер простора до физичког простора, где се одређене радње предузимају или као „човек у систему“ или као надзорна контрола како би се машине само-конфигурисале и постале самоприлагодљиве и самоодржавајуће. Ова фаза делује као систем контроле која се односи на примену корективних и превентивних одлука које су донете на нивоу сазнања.

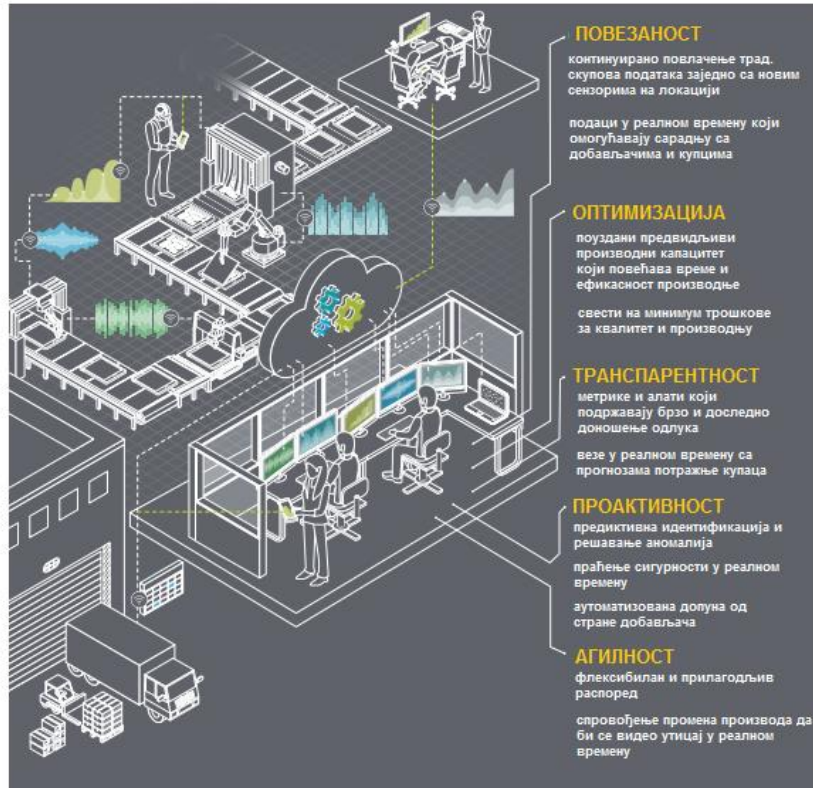
2.1 Карактеристике паметне фабрике

Како се многе компаније и произвођачи суочавају са мноштвом организационих и екосистемских промена које извршавају притисак на пословање, паметна фабрика нуди флексибилан систем који може само-оптимизовати перформансе преко широких мрежа, самоприлагођавање нових услова у реалном или скоро реалном времену и њихово учење а такође и аутономно покреће комплетне производне процесе. Реактивне, адаптивне и повезане методе производње које могу решити већину проблема. Могућност прилагођавања и учења у стварном реалном времену може паметну фабрику да учини,

одговорнијом, проактивнијом и предиктивнијом а такође и омогућава организацији или компанији да избегне застоје и друге изазове везане за продуктивност.

Као део напора да имплементира паметну фабрику током производње клима уређаја, водећа компанија за електронику користила је апсолутно аутоматизовани производни систем, тродимензионалне скенере, Internet of Things технологију, и интегрисану контролу машина. Предности ове аутоматизације обухватале су ниже време испоруке за купце и ниже укупно заједно са побољшањем производних капацитета за 25 до 50 одсто мање неисправних производа[7].

Слика 2 показује паметну фабрику и неке од њених главних карактеристика, као што су: повезаност, оптимизација, транспарентност, проактивност и агилност. Свака од ових карактеристика може да игра битну улогу у доношењу боље информисаних одлука и може да помогне организацији да побољша производни процес. Важно је напоменути да ниједна паметна фабрика углавном неће да изгледа исто, а сами произвођачи могу да одреде приоритете у различитим областима и особинама најбитнијим за њихове специфичне потребе. На слици 4 представљене су кључне карактеристике паметне фабричке конфигурације.



Слика 4. Пет кључних карактеристика паметне фабрике[7]

Вероватно најважнија карактеристика паметне фабрике је њена повезана природа, такође, она представља један од њених најбитнијих извора вредности. Паметне фабрике захтевају да се процеси који су повезани и материјалу повежу како би се генерисали подаци који су неопходни за доношење битних одлука у реалном времену. У паметној фабрици средства су опремљена паметним сензорима да би систем могао да континуирано извлачи скупове одређених података из нових и традиционалних извора, осигуравајући тако да се подаци константно ажурирају и одржавају постојеће услове[6]. Интегрисање података из оперативних и пословних система, као и од добављача а и од купаца, омогућава поглед на процесе ланца снабдевања узводно и низводно као у целини, повећавајући укупну ефикасност мреже снабдевања.

У паметним фабрикама, прикупљени подаци су транспарентни: визуелизација у реалном времену може да трансформише податке снимљене процесима и пољем или производима који су и даље у производњи и претворити их у делотворне извештаје, било за раднике (људе) или за самостално доношење одлука. Транспарентна мрежа може да омогући велику видљивост кроз објекат и да осигура да организација може да доноси тачније и прецизније одлуке пружањем алата као што су извештаји, упозорења и обавештења у стварном времену и мониторинг и надгледање у реалном времену.

У проактивном систему, запослени и системи могу да предвиде и делују пре него што дође до појаве проблема или изазова, а не да једноставно реагују на њих након што се појаве. Ова карактеристика може да укључи одређивање аномалија, поновно пуњење и надопуњавање инвентара, идентификацију и предиктивно решавање питања квалитета и мониторинга сигурности у одржавању[6]. Способност паметне фабрике да предвиђа будуће резултате на основу историјских података у реалном времену може да побољша радни век и квалитет и спречи појаву проблема безбедности. У оквиру паметних фабрика, произвођачи могу да донесу процесе попут дигиталних блиизанаца, омогућавајући тако да дигитализују операције и саму аутоматизацију интегришу у могућност предвиђања.

Агилна флексибилност може да омогући да се паметна фабрика прилагоди распореду и променама производа уз минималне потребне интервенције. Напредне паметне фабрике такође могу само да конфигуришу проток опреме и материјала у зависности од производа који се израђује и тако заказати промене, а затим у реалном времену видети утицај тих промена. Поред тога, агилност може да повећа фабрички рад и продуктивност смањујући промену због заказивања или промене производа и омогућујући флексибилно заказивање односно распоред.

Ове карактеристике омогућавају произвођачима већу видљивост кроз њихову имовину и системе и омогућавају им да се сналазе у одређеним изазовима са којима се више суочавају традиционалне фабричке структуре, што доводи до побољшања продуктивности и већег одзива на флуктуације у условима повезаности добављача и купаца[7].

2.2 Прелазак на паметне фабрике: Области за разматрање

Како не постоји ниједно паметна фабричка конфигурација, тако вероватно не постоји ни један пут ка успешном постизању паметних фабричких решења. Свака паметна фабрика могла би да изгледа другачије и јединствено због варијација у распореду линија, производа, опреме за аутоматизацију и других фактора. Међутим, истовремено, за све потенцијалне разлике између самих постројења, компоненте потребне за омогућавање успешног паметног корисника фабрике су у великој мери универзалне, и свака је веома битна: подаци, технологија, процес, људи и безбедност. Произвођачи могу размотрити коме дати приоритет за улагање на основу сопствених специфичних циљева.

Подаци су главна и животна снага паметних фабрика. Снагом алгоритмичких анализа базе података покрећу све процесе, откривају оперативне грешке, дају повратне информације корисника и ако се скупе у довољно великом обиму, могу да се користе за предвиђање оперативне и имовинске ефикасности или флуктуације у изворима и потражњи. Подаци могу да потрају и њихови различити облици могу да служе многим сврхама у паметном фабричком окружењу, попут дискретних информација о окружењу, укључујући влагу, температуру или загађиваче. Да би напајали паметну фабрику, произвођачи би требало да имају средства за стварању и прикупљање текућих токова

података, управљање и складиштење великог броја генерисаних информација и анализирати и деловати на њих на потенцијално софистициране начине[14]. Да би се прешло на ниво паметне фабричке зрелости, прикупљени скупови података вероватно ће се временом проширити и обухватити све више и више процеса. На пример, примена једног случаја употребе може захтевати снимање и анализирање одређеног скупа података. Примена даљих случајева примене или скалирање операције на индустријски ниво обично ће да захтева проширење анализа већих скупов података и типова, при чему би требало водити рачуна о аналитичким, складишним и управљачким могућностима.

Подаци могу такође представљати дигиталне близанце, карактеристику посебно софистициране паметне организације. На високом нивоу, дигитални близанци пружају дигитални приказ прошлости и тренутног понашања објекта или процеса. Дигитални близанци захтевају кумулативна мерења података у реалном укључујући широк спектар димензија, производњу, животну средину и перформансе производа. Снажне могућности обраде дигиталног близанца могу открити увид у перформансе производа или система који би могли сугерисати дизајн и обраду промена у физичком свету[14].

Да би систем паметне фабрике функционисао, средства – дефинисана као опрема постројења као што су системи за руковање материјалима, алат, пумпе и вентили – требало би да буду у могућности да комуницирају једни са другима и са централним управљачким системима. Ове врсте контролних система могу да буду у облику система који извршавају производњу или у облику скупа дигиталних мрежа. Организације ће морати да размотре и друге одговарајуће, адаптивне, повезане производне технологије, укључујући системе за планирање трансакција и предузећа. Ово би могло захтевати примену различитих дигиталних и физичких технологија својствених индустрији 4.0 – укључујући аналитику, производњу адитива, роботiku, рачунању високих перформанси, когнитивне технологије, напредни материјали и проширена реалност – за повезивање имовине и објекта, смисла података и дигитализацију пословања.

Једна од најважнијих карактеристика паметне фабрике је њена способност да се оптимизује, самоприлагођава и аутономно покреће своје мрежне и производне процесе – у основи може да замени традиционалне процесе и моделе управљања. Аутономни систем може да доноси и извршава многе одлуке без људске интервенције, пребацивање одговорности за доношење одлука са људског на машинско у многим случајевима или концентрисање одлука у рукама мање појединаца. Поред тога, повезивање паметне фабрике може се проширити и изван њена четири зида, укључујући и повећану интеграцију са добављачима, купцима и другим сродним фабрикама.

Што се тиче људства, паметна фабрика не значи нужно и „мрачну“ фабрику. Очекивања су да ће људи и даље бити кључни за операције. Међутим, паметна фабрика може проузроковати дубоке промене у раду у ИТ/ОТ организацијама, што ће резултирати преусмеравањем улога за подршку новим процесима и могућностима[14]. Неке улоге више неће бити потребне јер их лако може заменити роботика (физичка и логичка), и аутоматизација процеса. Неке друге улоге би се могле допунити новим могућностима као што су виртуелна или проширена стварност и визуелизација података. Велика је могућност да ће се појавити нове, не толико познате улоге. Управљање променама, људи и

процеса захтеваће агилни, адаптивни план управљања променама. Управљање организационим промена може да игра важну улогу у усвајању било каквог паметног фабричког решења. За успешно путовање паметном фабриком биће потребна мотивисана радна снага која прихвата велики утицај својих улога.

По својој природи, паметна фабрика је повезана, Стога ризик од сајбер сигурности представља већу забринутост у паметној фабрици него у традиционалном производном погону и требало би се решити као део целокупне паметне фабричке архитектуре. У потпуно повезаном окружењу, сајбер напади могу да имају шири утицај и могу бити теже заштитени, са обзиром на мноштво тачака повезаности[14]. Ризик за сајбер сигурност изгледа да постаје све израженији како паметне фабричке скале и потенцијално прелазе преко четири зида фабрике, како би се укључили добављачи, купци и други производни погони. Произвођачи би требало да од самог почетка увођења сајбер сигурности дају приоритет овој области у њиховој паметној фабрици.

Имплементација паметних фабрика је изазован посао који захтева сталну посвећеност унапређењу организационе зрелости и способности. Ова посвећеност може да донесе важне користи и унапређења које се могу видети на слици 3.



Слика 5. Кључни принципи имплементације паметне фабрике[14]

- *Повећана ефикасност* процеса може да се постигне сталном анализом оперативних података, олакшавајући идентификацију уских грла и перформанси процеса која се могу елиминисати. Како је описао супервизор производње у Cugie-у „Много обавештења у производњи која је раније била невидљива откривају се тако да се на површину избацују мања уска грла“. Таква врста поправке повећава ефикасност процеса и разликује паметну фабрику од традиционалне фабричке конфигурације, и ефикасност самог процеса претвара у краће време застоја опреме.

- *Нижи оперативни трошкови* се могу постићи оптимизацијом процеса која такође омогућава економично коришћење ресурса. Како је Franklin, инжењер аутоматизације описао: „Расположиви материјал се може паметније распоредити и на основу чињеница док се сакупљају кључни индикатори перформанси“. У том контексту, стручњаци су одредили предвидљивије захтеве за залихама и управљање добављачима, ефикасније одлуке о запосленима и смањењу варијабилности процеса као изворе уштеде трошкова[14].
- *Повећани квалитет производа* постиже се надгледањем у реалном времену и континуираном оптимизацијом која је карактеристична за паметну фабрику. Побољшани предиктивни приступи омогућавају да се недостаци квалитета уоче раније. Систем може олакшати идентификацију узрока оштећења, било да су људски, машински или еколошки.
- *Повећана сигурност и одрживост* постижу се оперативном ефикасношћу која умањује негативан утицај паметне фабрике на животну средину у поређењу са конвенционалним производним процесима. Поред тога, већа аутономија процеса може умањити потенцијал за људске грешке, укључујући индустријске несреће – на пример, сензори могу да детектују оператера или састављача у машинској ћелији или другом забрањеном подручју и зауставити рад. Коначно, понављајуће и заморне активност рада могу да се замене неким бољим задацима који пружају веће задовољство послом, смањујући повреде и флукуацију особља[14].

Ови извештаји се односе на прелиминарне користи, али имплементацију паметних фабрика је у широком распону. Коришћење дигитализације током целог процеса производње ће потпуно револуционарно утицати на производњу, неки аналитичари предвиђају седмоструко повећање укупне продуктивности до 2022. године.

2.3 Сензори – покретачи паметне фабрикe

Паметни сензори су битни делови паметних фабрика, који служе као интерфејс између дигиталног и физичког света. Ова функција сензоре чини покретачима Индустрије 4.0[22].

Поред боље способности откривања унутар сензора, још два фактора чине ове врсте сензора паметним. Први је, у којој мери могу да се повежу преко бежичних мрежа и све више, путем 5G мрежа које могу да носе много веће количине података уз значајно бољу поузданост. 5G такође нуди смањену латенцију – одлагање секунди може да има велике последице по индустријске процесе. На пример, аутономна возња захтева употребу паметних сензора и 5G повезивање како би све оптимално функционисало.

Други фактор који паметне сензоре чини паметним је однос између све већег броја мерења које сензори производе и развоја алгоритама који могу брзо да процене њихове импликације, повезујући, тако уређаје са радницима за имплементацију задатака и

производњу робе. Резултат анализе мерења из свих аспеката производње може да резултира побољшаном опремом и процесима, идеално пружајући тако конкурентну мерну предност.

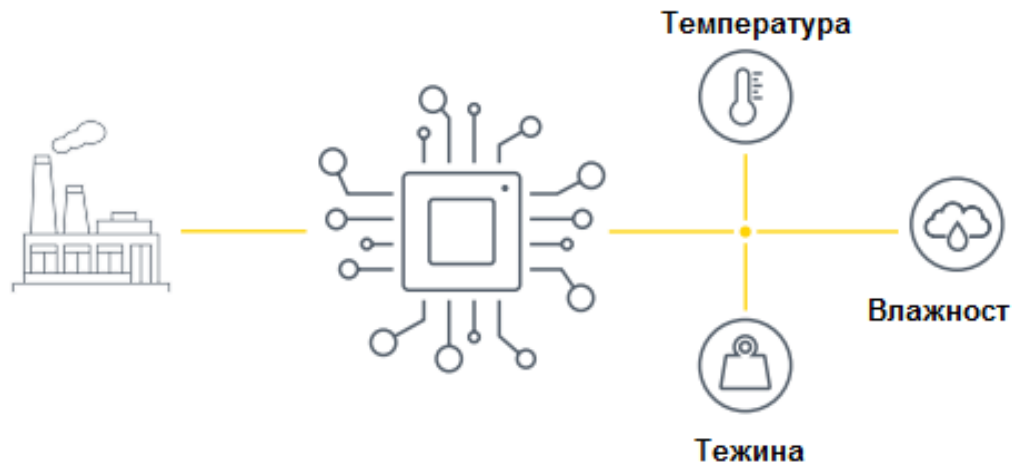
Шта су паметни сензори?

Паметни сензори могу да се дефинишу као комбинација сензора, микропроцесора и комуникациона технологија која се користи за претварање улаза из окружења (нпр. влага, тежина, течност, температура) у читљиве податке и даље слање тих података у централизовано складиште. Паметни сензори омогућавају пренос података са мање грешака, јер се обрада дешава ближе извору и може да остане унутар мреже организације или компаније. Поред тога, паметни сензори се могу лакше прилагођавати за посебне случајеве употребе, док се традиционални сензори углавном масовно производе[22].

Физички подаци имају круцијалну важност за побољшање процеса и на тај начин чине производњу ефикаснију, а самим тим и профитабилнију. Данас се паметни сензори већ увелико користе у сектору производње, хемијском сектору и технологијама које користе водени млаз, али се такође користе у широком распону у другим секторима, као што су аутомобилска индустрија, роба широке потрошње и електроника, логистика, електрична енергија и пољопривреда.

Основне предности које паметни сензори нуде Индустрији 4.0, везане су за уштеде трошкова, а у мањој мери и раст прихода. На егзистенцијалном нивоу, Индустрија 4.0 нуди фирмама конкурентску предност у време кад многе традиционалне компаније, које послују у областима које су дуго биле главна снага, као што је инжењеринг и аутоиндустрија, само реагују на изазов конкурентских индустрија.

Компаније ће морати да постану флексибилније, посебно са способношћу да прилагоде своје пословне праксе променљивој технологији и пословном окружењу. Данас, ако је потрошач променио потражњу и потребне су нове врсте производа, тада је потребно изградити нову фабрику или је потребно бар модификовати постојећу уз велике напоре. У будућности ће фабрика коју покреће технологија паметних сензора моћи брзо да прилагоди производњу у зависности од потражње јер ће то подразумевати „само“ промену софтвера који контролише фабрику. У симбиозном односу, подаци које шаљу паметни сензори помоћи ће да се омогуће побољшања било којих врста производа, док ће потрошачи потиснути овај процеса са стране потражње очекујући честа ажурирања производа. Потражња за ажурирањима може да се задовољи повратним информацијама које компанија добија преко сензора у самим производима, што значи да ће сензори бити уграђени у целокупни животни циклус производа[8]. У овом систему, улога софтверских инжењера биће да допринесу доследном раду програм побољшања процеса и производа како би се осигурало да компаније иде у корак са конкуренцијом.



Слика 6. Паметни сензори конвертују улазе из окружења у читљиве податке[22]

Могућност паметних сензора да „повезују фабрички под и горњи спрат“ може да омогући производњу, кретање, учење и извештавање у стварном времену. Паметан сензор (зависно од своје функције) може да игра кључну улогу у предиктивном одржавању помажући да се препозна у којим ситуацијама је машини потребно сервисирање пре него што дође до отказа. Ово не само да може да спречи скупе и непланиране прекиде у производњи, већ може и да смањи застоје који су повезани са редовним рутинским активностима одржавања.

Сензори такође могу да помогну у логистици. На пример, Управа Луке у Хамбургу користи паметне сензоре за оптимизацију слагања контејнера. Остали примери укључују аутономну вожњу возила на фабричком моду која користе сензоре за одређивање локација возила и тако избегавају контакт са људима. Један од примера је и то да преко сензора може да се види колики обртни момент користити за затезање одређеног завртња итд.

Поред извршавања одређених задатака, сензори могу да омогуће реаговање на повратне информације потрошача као и на модификације наруџбина, помажући да компанији буде исплативије за производњу мањег броја прилагођених производа. Поред овога, комбинација паметних сензора са вештачком интелигенцијом која је централни аспект Индустрије 4.0 значи да сензори могу само-тестирати, надгледати и побољшавати сопствене перформансе и тако смањити количину оштећених података.

„Soft“ сензори

Кључне особине „soft“ сензора за паметне фабрике су њихова способност да процене податке у стварном времену, превазилазећи кашњења која су наметнута од стране споре динамике физичких сензора, радећи заједно са традиционалним хардвером на начине који повећавају поузданост и побољшавају перформансе контролних стратегија. Мекани сензори могу ублажити неке од проблема везаних за напајање електричном енергијом за батерије и друге различите покретаче[22].

„Soft“ сензори су посебно важни за паметне фабрике, јер могу да се користе у областима у којима реално окружење не дозвољава примену хардверских сензора, нпр. у хемијској преради или процесима сагоревања. Процес алгоритма „soft“ сензора приказан је на слици 7.



Слика 7. Процес алгоритма „soft“ сензора[22]

Објективан пример је машина стара 20 година која у себи има сензоре, али оне којима је за функционисање потребан човек да би ручно преузео податке и форматирао их за анализу. Ако машина функционише, компанија можда неће имати жељу да је мења. Међутим, произвођач машине можда неће хтети да уграђује нове сензоре у машину, они би раније продали организацији или компанији потпуно нову опрему. И у оваквим случајевима, меки сензори представљају потенцијално решење.

Меки сензори представљају начин да се избегне утицај оштећених података на процесе или анализе. На пример, унутар једне производне линије компаније може да има машину на којој је омогућена уградња сензора. Сензори би се потенцијално могли инсталирати на спољној страни машине[22]. Алтернативно, меки сензори би се могли користити за стицање неопходних увида. Научници који користе податке могли би да користе податке на начин који пружа компанији информације као да су нови сензори у машини, без ометања самог уређаја.

„Soft“ сензори ће вероватно бити направљени од стране специјализованих компанија, за разлику од сензора заснованих на хардверу који су стандардизовани и произведени у великом броју. Како сензорски системи постају све сложенији, чак и велике корпорације неће моћи саме да направе одговарајуће сензоре. Уместо тога, скоро све компаније ће куповати сензоре од неких добављача који представљају трећу страну.

2.4 Паметне машине у паметним фабрикама

Израз „паметна машина“ подразумева машину која је боље повезана, ефикаснија и сигурнија. На основу колекције паметних, повезаних производа, она повећава до максимума ефикасност интуитивном сарадњом са њеним корисницима. Паметна машина такође је способна да учествује у активностима предиктивног одржавања док истовремено смањује свој утицај на животну средину и укупне трошкове власништва. На развој паметних машина утичу три главна покретача: технологија, трендови на тржишту потрошача и захтеви крајњих корисника.

Са технолошког аспекта, ниски трошкови чине опрему којој је потребна миграција лако доступном компанијама. Неки битни аспекти су повезивање са Ethernet-ом који омогућава интеграцију мрежа и побољшани приступ подацима; бежични (нпр. RFID), за брз аутоматски унос података; мобилне технологије које омогућавају сигурнији и удаљенији рад опреме; повећање снаге CPU-а тако да је омогућена већа пропусност уз ниже трошкове; више Ethernet портова на уређајима за аутоматизацију; смањују се трошкови меморије на напредније управљање подацима и бољу подршку одлучивању; дигитализација за јефтин развој симулационих програма аутоматизације машина; смањење отиска компоненте и расипања топлоте; способност повезивања ширег аспекта паметних сензора за прикупљање тачнијих података и повећања реалност и биометријско препознавање који побољшавају интеракцију и сигурност машине и руководиоца[23].

Прелазак на нове технологије повећава очекивања оператера на машинама и машина. Већа мобилност повећава употребу мобилних и носивих уређаја за приступ информацијама на било којој локацији. Поред тога, руководиоци машина очекују да ће уређаји (и машине) бити „plug-and-play“ (нпр. једноставно за употребу као што су iPhone, USB или Bluetooth уређај). Захтеви крајњих корисника за крајњом флексибилношћу управљаће начином на који су дизајниране IoT апликације.

Карактеристике паметних машина

Четири кључне карактеристике паметних машина су ефикасност, сигурност, флексибилност и повезаност.

Ефикасност – Коришћењем сензора и унутрашњих знања о сопственим могућностима и карактеристикама, паметна машина ће моћи да надгледа своје кључне компоненте као и услове из окружења. Уграђена интелигенција ће корелацијом контролисати улазно и излазно понашање и прилагођавати сопствене параметре у оквиру одређених пословних правила. Пружајући битне и корисне информације оператерима, повезаним потрошачима података у OEM-у и крајњем кориснику, паметна машина омогућава производним линијама да се производе на поузданији, флексибилнији и

ефикаснији начин[23]. Машине на челу развоја ће све више користити сензоре, ожичене и бежичне, са уграђеном интелигенцијом која помаже дистрибуцији и аутоматизацији одлучивања у фабрици.

Безбедност и сигурност – Са заштитом која је уграђена у њихов темељ, паметне машине ће побољшати сигурност оператера и смањити сигурносни ризик од повећања умрежавања. Побољшања перформанси машине и смањења трошкова не могу се надокнадити смањењем сигурности или безбедности машине или производне линије. У погледу сигурности, произвођачи машина морају да понуде широк спектар флексибилних опција. То ће укључивати наменске безбедносне компоненте, као што су ласерски скенери и сигурносне камере, заједно са компонентама за аутоматизацију са уграђеном безбедношћу, као што су сигурносни PLC уређаји и сигурносни погони[9]. Способност коришћења комбинације безбедоносних компоненти и регулатора омогући ће произвођачима машина да уклопе решење са специфичним захтевима крајњег корисника, помажући у побољшању укупних перформанси и продуктивности.

Флексибилност – Све нове паметне машине морају бити компатибилне са већ постојећим инсталацијама или машинама из више OEM произвођача; крајњи корисници желе уређаје који се могу инсталирати у кратком временском року. Интеграција у остатак система мора да буде лака. Животни циклус данашњих машина не допушта једнонаменски дизајн. Брз развој вођен временским ограничењима тржишта присиљава OEM-ове да се преусмере на мехатронички дизајн и модуларност. Паметне машине ће имати користи од шаблона доказаног дизајна, од једноставних софтверских функција до потпуно функционалних модула који описује механику, електрику, кретање и интерфејсе, карактеристике и понашање.

Повезаност – Паметне машине ће се директно повезивати са широм мрежом. То омогућава размену података и планирање производње, што превазилази могућности традиционалних самосталних машина и аутоматизације. Паметне машине ће премостити јаз у информационој технологији и оперативној технологији, чинећи доступне производне податке који се могу користити у бројним подешавањима управљања. Руковаоци машина и инжењери у фабрикама, у све већем броју прихватају концепт коришћења мобилних уређаја на својим пословима[9]. Особље више не мора бити у непосредној близини машине како би се надгледало или управљало перформансама. Инжењери машина такође могу дијагностиковати проблеме и даљински нуде смернице, што такође убрзава имплементацију решења. Ово у највећем броју случајева умањује застој и губитке од кvara компоненте.

2.5 Предности паметне фабрике

Одлука о томе како започети или проширити се на систем паметне фабрике доноси се након усклађивања специфичних потреба организације. Разлози да се компаније крећу или шире пут ка преласку на паметан систем често су разноврсни, и не могу се лако генерализовати. Међутим, имплементација паметног фабричког система углавном се бави веома широким категоријама као што су ефикасност имовине, квалитет, трошкови, сигурност и одрживост. Ове категорије, између осталог, могу донети користи које на крају могу да резултују повећаном брзином кретања ка тржишту; побољшаном способношћу за

хватање удела на тржишту[10]; бољом профитабилношћу и квалитетом радне снаге као и стабилношћу исте. Без обзира на пословне покретаче, могућност доказивања како улагање у паметну фабрику даје вредност, важна је за усвајање и инкрементална улагања потребна за одржавање паметне фабрике.

Ефикасност имовине

Сваки аспект паметне фабрике генерише неке врсте копија података који, континуираном анализом откривају проблеме у погледу имовине који могу да захтевају неку врсту оптимизације. У ствари, таква оптимизација је оно што разликује паметну фабрику од традиционалне аутоматизације, што може да донесе већу укупну ефикасност имовине, једну од најистакнутијих предности паметне фабрике. Ефикасност имовине требало би да се претвори у мање време трајања имовине, оптимизовани капацитет и скраћено време преласка између осталих потенцијалних бенефита[19].

Квалитет

Самооптимизација које је карактеристична за паметну фабрику може да у великој мери предвиди и открије трендове кварова у пољу квалитета што такође и пре може помоћи у препознавању дискретних узрока лошег квалитета људи, машина или животне средине. То би могло да смањи и стопу отпада и време трајања, а такође и повећати и стопу допуњавања складишта. Оптимизованији процес могао би да доведе до квалитетнијег производа са мање оштећења и рекламација.

Нижи трошкови

Оптимизовани процеси воде ка економичнијим процесима – они са предвидим захтевима залиха, ефикаснијим одлукама о запошљавању и особљем, као и смањеном варијабилношћу процеса и операција. Процес бољег квалитета такође може да значи интегрисани поглед на мрежу снабдевача са брзим одговорима на потребе снабдевања. Квалитетнији процес такође може да значи и мање трошкове гаранције и одржавања.

Сигурност и одрживост

Паметна фабрика такође може пружити реалне користи у виду здравља и одрживости животне средине. Врсте оперативних ефикасности које паметна фабрика може да пружи могу да резултирају мањим трагом који ће се оставити на околину од класичних производних процеса, са укупно већом одрживошћу животне средине. Велика аутономија процеса може пружити мањи потенцијал за људске грешке, укључујући и индустријске отказе и несреће које узрокују повреде[19]. Релативна самодовољност паметне фабрике вероватно ће да замени одређене улоге које захтевају понављајуће и тешке активности. Без обзира на то, људска улога радника у паметном окружењу може да поприми веће процене на лицу места, што може да доведе до већег задовољства послом.

Утицај паметне фабрике на производне процесе

Произвођачи могу да имплементирају паметну фабрику на више различитих начина – унутар или изван четири зида фабрике, а такође је могу конфигурисати тако да се прилагођава по томе како се приоритети мењају или се пак уводе нови. У ствари, једна од најбитнијих карактеристика паметне фабрике – флексибилност- такође представља могућност за производњу са више опције у погледу коришћења дигиталних и физичких технологија у зависности од њихових специфичних потреба.

Специфични утицаји паметних фабрика на производне процесе вероватно ће бити различити за сваку организацију. Deloitte је идентификовао скуп напредних технологија које обично олакшавају проток информација и кретање између физичког и дигиталног света. Ове технологије напајају дигитална мрежа снабдевања, и проширено, паметна фабрика – стварајући нове могућности за дигитализацију производних процеса. Табела 1 приказује низ главних процеса паметне фабричке производње заједно са низом узорак могућности дигитализације омогућеним различитим дигиталним и физичким технологијама. Важно је напоменути да се те могућности међусобно не искључују[19]. Организације могу и вероватно ће тражити вишеструке могућности дигитализације у оквиру сваког производног процеса. По потреби могу да убацују и укидају могућности, у складу са флексибилном и кофигурабилном природом паметне фабричке конфигурације.

Табела 1. Процеси у паметној фабрици

Процес	Узорци за дигитализацију
Производне операције	• Адитивна производња брзих прототипова или резервних делова мале запремине • Напредно планирање и заказивање помоћу податка о производњи и залихама • Когнитивни ботови и аутономни роботи за ефикасно извршавање рутинских процеса • Дигитални близанац за дигитализовање операција
Операције складиштења	• Проширена реалност за помоћ особљу • Аутономни роботи за операције складиштења
Праћење залиха	• Сензори за праћење кретања и локација у реалном времену • Аналитика за оптимизацију складишта
Квалитет	• Редовно тестирање квалитета аналитиком заснованом на оптичким подацима • Мониторинг опреме у реалном времену
Одржавање	• Проширена реалност за помоћ особљу за одржавање • Сензори на опреми за предиктивне анализе одржавања
Окружење, здравље и безбедност	• Сензори да откривање необезбеђене опреме у току рада • Сензори за надгледање стања животне средине

Важно је да произвођачи разумеју како намеравају да се такмиче са конкуренцијом и у складу да тим да ускладе своју дигитализацију и инвестицију паметној фабрици. На пример, неки произвођачи могли би да се одлуче за надметање преко брзине, квалитета и трошкова и могу да уложе у паметне могућности фабрике како би подстакли бржи излазак нових производа (и промена и производа) на тржиште, повећали квалитет и смањили трошкове по јединици. Други могу да се одлуче на фокусирање на „величине серије једног“ модела прилагођавања и испуњавања производа и при томе да инвестирају у друге технологије како би дошли до испуњења својих приоритетних циљева[19].

3. Паметна производња

Паметна производња је дефинисана као потпуно интегрисани, колаборативни производни систем који се у стварном времену прилагођава променљивим захтевима и условима у паметној организацији. Паметна индустрија је синоним за Индустрију 4.0 или индустријску трансформацију у четвртој индустријској револуцији унутар које ће се „de facto“ уклопити паметна производња[24].

Индустрија, предузеће, компанија, па чак и производни процеси су у потпуним трансформацијама. Ово се дешава због све веће аутоматизације, дигиталне трансформације, премештавања дигиталног и физичког окружења (што омогућава IoT, еволуирајуће индустријске технологије, интензивно коришћење података и сл.).

Када се говори о четвртој индустријској револуцији такође се говори и о паметној фабрици, паметним ланцима снабдевања, паметној логистици итд. И на крају то је разлог због чега постоје појмови као што су Индустрија 4.0, Логистика 4.0, Енергија 4.0, Услуге 4.0 и сл.

4.0 је очигледно повезано са четвртом индустријском револуцијом и различитим технолошким олакшицама те револуције. Али шта је са свим паметним аспектима, паметне производње и паметне фабрике до паметне мреже, паметних услуга, паметних радних места, паметне мобилности, паметних градова и свих осталих паметних ствари као што је паметна кућа[24].

Данас, поврх свега, термин „паметан“ се практично повезује са IoT-ом, напредном аналитиком, вештачком интелигенцијом и машинским учењем, „Big Data“ и свим технологијама које представљају трећи платформу, као и све технологије које су типичне за четврту индустријску револуцију.

3.1. Индустрија 4.0

Појам Индустрија 4.0 представља синоним за четврту индустријску револуцију која је утемељена на кибернетско-физичком производном систему у ствари, на моделу паметне фабрике. Термин Индустрије 4.0 је објављен односно представљен 2011. године у склопу нове немачке индустријске стратегије на једно од индустријских сајмова у Немачкој, „Hannover Messe“.

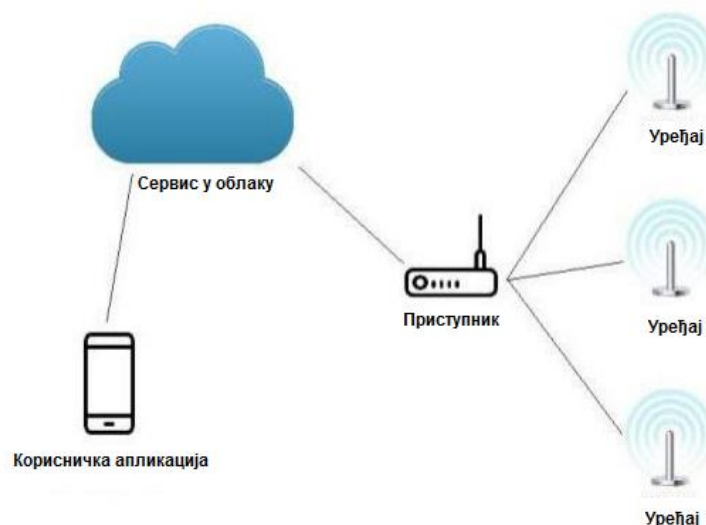
Индустрија 4.0 представља идеју да сви објекти у фабрици (машине, роботи, компоненте, производи) и радници међусобно комуницирају, најчешће бежичним путем. Један од главних циљева нове индустријске револуције је високо-флексибилна, индивидуална, масовна производња са веома мало шкарта. Идеја је да купци добијају производ које је израђен по њиховој мери за релативно ниску цену. Што се тиче производног процеса битно је да буде флексибилан јер увек мора да буде у стању да произведе што више различитих врсти производа и да буду у стању да направе промену на производима у последњем тренутку ако то захтева потражња на тржишту[25]. Од тима инжењера се очекује да буду укључени у цело животног века производа. Паметни производи који су резултат Индустрије 4.0 ће бити у стању да шаљу велики сет података својој организацији те да преко тих података сугеришу која су побољшања потребна у будућности.

Материјал који се налази у процесу производње у новом процесу путује од машине до машине и говори свакој машини на који начин жели да буде обрађен. Сваки део има јединствени чип у себи на којем се налазе информације за обраду. Овај чип и након производње и продаје скупља информације о производу које су видљиве на IoT-у (Internet of Things – Интернет ствари). Паметне машине смањују непотребно напрезање радника и омогућавају им концентрацију на креативнији део свог посла што доводи до повећања вредности самог производа. Интелигенција коју машине поседују значи да машине могу саме да доносе одлуке до једног одређеног нивоа, али су оне све време под надзором оператера који реагују на евентуалне грешке, како би Индустрија 4.0 постала стварност у будућности[12]. Глобална дигитализација становништва и процеса је један код кључних аспеката за успех Индустрије 4.0. Она ће, ако се посматра производња: смањити њене трошкове, смањити шкарт и оријентисати производњу ка купцима. Цивилизација је до сада иза себе оставила 3 индустријске револуције које могу да се опишу као скокови напретка у индустријским процесима који резултирају значајним повећањем продуктивности процеса.

3.1.1. Internet of Things – Интернет ствари

Термин Internet of Things поставио је Kevin Ashton 1999. године[26]. Британски научник који је у свом раду уочио ограничење интернета у којем већину података ствара човек. IoT сугерише да би и уређаји могли да врше међусобну комуникацију помоћу сопствених карактеристика. У великом броју данашњих су увелико уграђени сензори који имају могућност скупљања великог броја информација како и слања тих информација путем интернета. У свом темељу појам IoT односи се на повезивање свакодневних објеката или ствари на интернет или са другим уређајима са циљем пружања једноставнијег, прецизнијег и паметнијег искуства у коришћењу оваквих свакодневних уређаја.

Крајња сврха IoT-а је олакшавање свакодневних и напреднијих радњи током дана, на послу или код куће. Систем IoT-а је састављен од паметних уређаја којима корисник управља путем интернета. На тај начин, корисник треба да поседује неку врсту апликације, на пример, апликацију за паметни телефон. Оваква апликација не мора директно да комуницира са уређајима, већ са сервисом који управља уређајима, и складишти и обрађује податке са уређаја. Модел IoT-а је приказан на слици 6[26].



Слика 8. IoT Модел[25]

На слици су представљени сервису у облаку, модем (приступник) за управљање уређајима, три уређаја и корисничка апликација. Уређај је паметна машина којим се управља удаљено. Модем је уређај који служи да повеже уређаје са сервисом у облаку. Прикупља све поруке са локалне мреже уређаја па их прослеђује даље сервису у облаку. Такође, поруке из сервиса у облаку прослеђује у локалну мрежу уређаја. Сервис у облаку је врста сервиса који складишти и обрађује податке о уређајима и модемима. За сваки уређај сервис мора да зна са којим модемом уређај комуницира тренутно и да такве поруке уређај може послати а такође мора да зна и какве поруке уређај може да прими. Све поруке и податке који су послати са уређаја или који су послати уређају, сервис складишти у базу података. Сервис у облаку садржи и податке о корисницима и њиховим апликацијама. Корисничка апликација је апликација помоћу које корисник може да управља уређајима. Уређаји комуницирају са модемом, шаљу му поруке или примају исте од њега. Модем комуницира са сервисом у облаку. Апликација не комуницира директно са уређајима нити са модемом, него са сервисом у облаку. Данашњи европски програм „Horizon 2020“ наводи информациону и комуникациону технологију као кључ за развијање модерних врсти услуга и платформи[26]. Поље информационе и комуникационе технологије оријентише се на развијање нових компонената и система а такође и на развој Интернета будућности (Internet of the future). IoT ће у великој мери да допринесе развоју многих модерних услуга које су подржане од стране платформи Интернета ствари. Основни изазови програма „Horizon 2020“ које дефинише европска комисија су: одрживи развој, и оптимална потрошња енергије, дефинисање нових технологија у промету људи и робе, развој технологија за управљање пољопривредном производњом која ће бити прилагођена људским захтевима и потражњом, безбедност интернета као и развој нових метода лечења и начина дијагностике пацијената. Сви ови изазови су ту да би побољшали квалитет живота целог друштва. Услуге које пружа IoT могу да се поделе у 3 групе: услуге које омогућава паметно окружење, услуге везане за здравство и услуге усмерене на

корисничко конзумирање информација. Управо на основама IoT-а ће се успостављати глобалне мреже које ће обухватати машине, производне објекте и складишта и форме виртуално-физичког система. (Cyber-Physical System - CPS). Индустрија 4.0 и паметна фабрика уклапају се у IoT а такође се и повезују са осталим паметним технологијама из своје околине.

3.1.2. „Big data“

База података се најчешће сматра огромном необрађеном сировином 21. века. Процењује се да ће се количина доступних података удвостручавати на сваких једне до две године. Фабрике будућности ће да производе велике количине податка који ће морати негде да се складиште, обрађују и анализирају. „Big data“ систем се бави брзом и ефикасном обрадом великих скупова података. Он визуализује информације у стварном времену. Уз помоћ добијених информација из великих количина података, могуће је оптимизовати квалитет производње, уштедети енергија, побољшати услуге. Скупљање и обрада великих количина података у будућности ће да постану стандард без којег неће моћи да се доносе правилне одлуке у реалном времену.

3.1.3. Рачунарство у облаку

Cloud computing (Рачунарство у облаку) је нов концепт у аспекту рачунарства који се интензивно развија од 2006. године.

Рачунарство у облаку у суштини представља испоруку рачунарских ресурса и капацитета складишта као услугу за хетерогену групу финалних корисника. Систем рачунарства у облаку се своди на дељење ресурса путем мреже, углавном Интернета. Финални корисници могу да приступе одређеним апликацијама које се налазе у Cloud-у (облаку) путем Web прегледача или преко десктоп апликација на мобилним телефонима, али се софтвери и кориснички подаци налазе на инсталираним серверима на удаљеним локацијама. У суштини, може да се каже да је рачунарство у облаку аспект рачунарства у којем се услуге информатичког типа (нпр. сервиси, ресурси хардвера, софтвери, базе података, разни документи, медији, информације итд.) испоручују потрошачима преко интернета. Главна идеја рачунарства у облаку се састоји у томе да ће се у блиској будућности информационе технологије третирати као услуга и уговараће се као услуге за телефон, електричну енергију и сл.

Шта све може да буде у Облаку?

- Сервери који служе да омогуће извршавање апликација
- Хардвери за складиштење података
- Различити системи за заштиту података, одржавања и контролу
- Интерфејс за клијенте

Постоје 3 основна типа рачунарства у облаку:

- Софтвер као услуга, SaaS (Software as a Service)
- Платформа као услуга, PaaS (Cloud platform as a Service)
- Инфраструктура као услуга, IaaS (Cloud infrastructure as a Service)

У моделима рачунарских облака разликују се два одвојена дела: предњи део (front end), који представља део који укључује корисника он обухвата све делове инфраструктуре који су под контролом корисника као и саму методу приступа корисника услузи, и задњи део (back and) којим је обухваћена инфраструктура Cloud провајдера. Заговорници рачунарства у облаку тврде да овакав модел омогућава предузећима да подигну и користе апликације већом брзином, са већом и бољом контролом и са мање одржавања, што истовремено омогућава IT сектору организације да брзо и ефикасно испуни променљиве и непредвидиве захтеве пословања.

Модел који је предложио NIST (National Institute of Standards and Technology) 2011., састоји се од пет карактеристика (слика 9) које морају да постоје да би се IT окружење сматрало Облаком (Cloud-ом). Они су: самоуслужни на захтев, широки приступ мрежи, удруживање ресурса, брза еластичност и одмерена услуга[23].



Слика 9. Визуелни модел дефиниције NIST-а за рачунарство у облаку[Извор: National Institute of standards and Technology]

Самосталне услуге – Значи да потрошач сам обавља све радње потребне за добијање услуге на пример, захтев потрошача се аутоматски обрађује у Cloud инфраструктури, без људске интервенције на страни провајдера.

Широки приступ мрежи – Cloud могућности су доступне преко мреже и приступа им се путем стандардног система који промовише употребу хетерогених клијената, као што су мобилни телефон, таблет, лаптоп и сл.

Удруживање ресурса – Пружаоци рачунарских ресурса се обједињују због опслуживања више купаца, при чему се ресурси динамички додељују и распоређују у складу са потражњом купаца.

Брза еластичност – Способност да параметри могу да се предвиде и пунте, у неким случајевима и аутоматски и могућност повећања спољашњих и унутрашњих карактеристика, пропорционално потражњи.

Мерени сервис – Системи Cloud-а аутоматски контролишу и врше оптимизацију употребе ресурса коришћењем могућности мерења на неком нивоу апстракције који одговара врсти услуге (нпр. складиштење и обрада података).

3.1.4. Вештачка интелигенција у Индустији 4.0

Утицај вештачке интелигенције на паметну производњу може да се искаже у пет главних области[24]:

1. Одржавање / ОЕЕ (Укупна ефикасност опреме)

Предиктивно одржавање је постало веома тражена област међу произвођачима који су вољни да пређу на Индустију 4.0. Уместо да се одржавање обавља према унапред утврђеном распореду, предиктивно одржавање користи алгоритме за предвиђање потенцијалног отказа компоненте/машине/система, а затим упозорава раднике да је време да се спроведу активности одржавања како би се спречио отказ, али не прерано да се време не би непотребно трошило.

Једна од најчешћих примена Вештачке интелигенције у производњи је машинско учење, а већина система за предиктивно одржавање се ослања управо на ову технику како би формулисала предвиђања. Предности су бројне и могу значајно да смање трошкове уз елиминисање потребе за планираним прекидима у производњи ради одржавања, у многим случајевима.

Претпостављајући потенцијални отказ са алгоритмом машинског учења, системи могу да наставе да обављају своју функцију без потребних прекида. Када је потребно одржавање, техничари бивају обавештени о компонентама којима је потребан преглед, поправка или замена, а такође и које алате користити и које методе употребљавати.

Предиктивно одржавање такође води ка дужем RUL-у (Remaining Useful Life – Преостали корисни век) машине и опреме јер спречава секундарна оштећења, док је за спровођење активности одржавања потребна мања снага.

2. Квалитет 4.0

Произвођачима је теже него икад да одржавају константно висок ниво квалитета. То је једним делом последица повећања комплексности производа (који, нпр. интегришу софтвер) и веома кратких циљева до пласмана на тржиште.

Упркос овим изазовима, тимови менаџмента истичу квалитет као главни приоритет, схватајући купчево искуство као веома важно и моћ купаца да промовишу марку, а такође су и свесни проблема потенцијалног високог процента оштећења и рекламација производа, или опозива из контроле квалитета.

Користећи технике Индустрије 4.0, нова потрага за квалитетом је прикладно названа Квалитет 4.0, а вештачка интелигенција је на првом месту. Проблеми са квалитетом коштају компаније много новца, али коришћењем вештачке интелигенције тј. њених алгоритама развијених машинским учењем, организације могу да се упозоре на почетне мање проблеме који изазивају пад квалитета, слично као што су горе поменута упозорења везана за активности одржавања.

Квалитет 4.0 омогућава организацијама да у континуитету побољшавају квалитет својих производа истовремено прикупљајући податке о употреби и карактеристикама производа и машина на терену[24]. Овакви подаци постају витални извор информација које чине основу за развијање производа и кључне организационе пословне одлуке.

3. Сарадња између човека и робота

Према подацима Међународне федерације роботике, до краја 2018. године, било је 1.3 милиона индустријских робота који раде у фабрикама широк света. Генерални приступ је да ће, како послове преузимају роботи, радницима бити понуђене разне врсте обука за позиције вишег нивоа у програмирању, дизајну и одржавању. У међувремену се побољшава ефикасност колаборативног рада између човека и робота јер су роботи за производњу одобрени за заједнички рад са људима.

Како се усвајање роботике у производњи повећава, вештачка интелигенција ће имати једну од главних улога у обезбеђивању сигурности особља као и давању роботима веће одговорности за доношење одлука које могу додатно да оптимизују процесе на основу задатака у реалном времену са производног простора.

4. Генеративни дизајн

Произвођачи такође могу да искористе вештачку интелигенцију у фази пројектовања. Са јасно дефинисаним дизајном, као улазом, дизајнери и тимови инжењера могу да користе алгоритме вештачке интелигенције, који се називају генеративним софтверима за дизајнирање, како би истраживали све могуће опције и решења. Овај систем може да садржи ограничења и дефиниције за врсте материјала, начине производње, временска ограничења и буџетска ограничења[24].

Скуп решења генерисаних од стране алгоритама може затим да се тестира помоћу машинског учења. Фаза тестирања пружа додатне информације о томе које су идеје или дизајнерске одлуке релевантне а које нису. На овај начин могу да се постигну додатна побољшања све до тренутка док се не дође то оптималних решења.

5. Прилагођавање тржишта/ланци снабдевања

Вештачка интелигенција се прожима кроз цео систем и екосистем Индустрије 4.0, и није ограничена само на производни систем. Један пример за то је употреба алгоритама за оптимизацију ланца снабдевања производним операцијама и за помоћ у бољем реаговању и предвиђању промена на тржишту.

Да би се конструисале процене тржишне потрашње, алгоритми могу да узму у обзир потражње које су категорисане по датуму, локацији, социоекономским атрибутима, макроекономском понашању, политичком статусу, временским обрасцима и сл[24].

Ово је револуционарно за произвођаче који могу да користе овакве информације за оптимизацију контроле залиха, особље, потрошњу енергије, сировине и доношење бољих финансијских одлука у вези са пословањем и стратегијом организације.

3.2 Паметна фабрика – будућност аутоматизоване производње

Спајање виртуалног и физичког света кроз сајбер-физички систем и спој технички процеса и пословних процеса воде ка новом индустријском добу који је најбоље дефинисан концептом „Паметне фабрике“ а у све у склопу Индустрије 4.0

Примена сајбер-физичких система у производним системима ствара у покреће паметну фабрику. Паметне фабричке производе, ресурсе и процесе карактеришу аспекти сајбер-физичког система а такође, и пружају значајне предности везане за квалитет, време, ресурсе и трошкове у стварном времену у поређењу са традиционалним производним системима. Паметна фабрика дизајнирана је у складу са одрживим и услужним пословним праксама. Оне инсистирају на прилагодљивости, флексибилности и карактеристикама учења, толеранцијама на грешке и управљање ризиком[27].

Висок степен аутоматизације долази као стандард у паметним фабрикама, ово је омогућено флексибилном мрежом производних система заснованих на сајбер-физичком процесу, који у великој мери аутоматски надгледају производне процесе. Флексибилни производни системи који су у стању да реагују у готово реалном времену омогућавају оптимизације интерних процеса производње. Производне вредности нису ограничене само на једнократне услове производње, већ могу да се оптимизују у складу са глобалном мрежом адаптивних и самоорганизујућих производних јединица које припадају више оператерима.

Ово представља производну револуцију у смислу иновација, трошкова и уштеде времена и стварања модела производне вредности „одоздо према горе“ чији мрежни капацитет креира нове тржишне прилике. Паметна фабричка производња са собом доноси бројне предности у односу на конвенционалну производњу. Те предности укључују [27]:

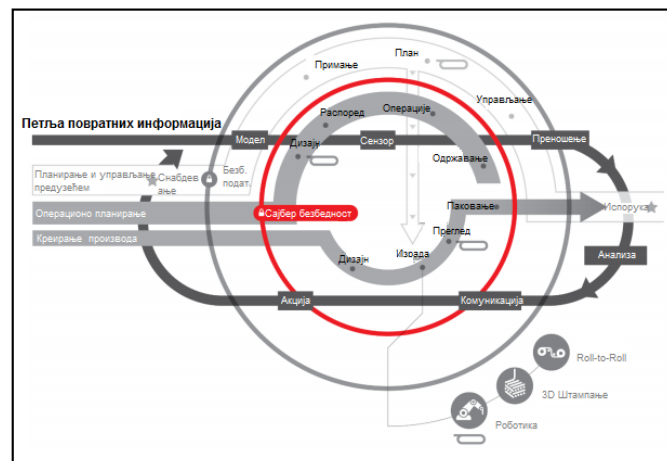
- Производне процесе оптимизоване CPS-ом, паметне фабричке јединице су у стању да одреде своја поља (делатности), опције конфигурације и производне услове, као и да комуницирају независно и бежично са другим јединицама
- Оптимизована израда производа појединачних купаца компилацијом идеалног производног система узима у обзир својства производа, трошкове, логистику, сигурност, поузданост, време и одрживост
- Производња која на ефикасан начин користи ресурсе
- Прилагођавања људској радној снази тако да машине могу да се адаптирају на људски радни циклус

Ове карактеристике представљају главне аспекте у успешној имплементацији и спровођењу аутоматизованог система производње у паметним фабрикама. Индустрија 4.0 и паметна производња заснивају се на покретању свих радника и машина које функционишу колаборативно у обављању свакодневних задатака везаних за производњу.

3.3 Кључне компоненте процеса паметне производње

Паметна производња не укључује само генерисање и чување података, већ укључује и разумевање њихових порука и предузимање акција као резултат тог знања.

На слици 10. приказана су три нивоа система који представљају паметну производњу: систем управљања предузећем, оперативни систем и систем стварања производа. Сваки од ових система има повратну спрегу за информације које се моделирају, преносе и анализирају, међу којима се комуницира и предузимају мере према датим подацима. Паметни производни процеси су укључени у цео производни систем, обухватајући више нивоа функција, од стварања производа па све до управљања процесима за интеракцију између предузећа и ланца снабдевања.



Слика 10. Преглед процеса паметне производње и протока података[31]

Потенцијалне предности паметне производње и повезане технолошке потребе које су описане зависе од јединствене перспективе сваког аспекта, приступа ресурсима, положај у ланцу снабдевања. Сигурносни део паметне производње је свеобухватан и представља значајан изазов за усвајање. На слици је приказан круг у којем је безбедност податка и још један круг у којем је сајбер-физичка безбедност критична за спречавање преузимања опреме од стране неке друге нежељене стране.

У једноставном облику, паметна производња претвара податаке из производних процеса у знање које се може применити. Подаци се генеришу и ручно уносе у систем путем симулације, или се аутоматски скупљају кроз откривање мера заштите животне средине и индикатора перформанси производне опреме и процеса. Подаци се преносе у облику који може да се анализира. Софтверски алгоритми и модели анализирају податке и производе.

Интелигенција се преноси доносиоцима одлука, било да су то људи или машине, и предузимају се акције на основу аспеката интелигенције.

Пратећи технолошку структуру, активности паметне производње се могу сврстати у шест категорија које се током целог процеса користе како би дискусија и презентација резултата била олакшана[31]:

- Управљање протоком дигиталних података преко модела
- Сензори и надзор
- Беспрекоран пренос дигиталних података
- Напредне анализе података и трендова
- Пренос информација онима који доносе одлуке
- Утврђивање потребних акција и спровођење активности

Управљање протоком дигиталних податка преко модела – Подаци се генеришу на бројне начине у производном окружењу производа. Један од метода је преко стварања дигиталних модела који представљају дигиталне приказе производног реалног света и производног система. Дигитални модели производа које улазе у циклус састављања креирају се помоћу алата за рачунарски дизајн (CAD). Карактеристике материјала и понашања се моделирају како би се омогућила симулација перформанси производа кроз услове животне средине. Симулације пружају моделе физичког окружења, као што су температура и напон, и генеришу предвиђене податке о перформансама.

Сензори и надзор – Подаци се генеришу не само кроз моделе, већ и кроз читавање и праћење физичких елемената. Температура, влажност, притисак у фабричком окружењу се снимају ради мониторинга утицаја на квалитет производње. Мерење употребе

(укључивање и искључивање, време мировања и сл.). Из машина и опреме скупљају се подаци за укупну ефикасност опреме (OEE)[31]. Мерење процеса у току и током рада опреме пружа податке који могу да надгледају и контролишу исход производа који се израђује. На пример, мерење температуре унутар поступка ковања метала даје повратне информације такве да се ударом чекића може контролисати деформација дела који се обрађује са исправним карактеристикама материјала.

Беспрекоран пренос дигиталних података – Пошто се подаци преузму, потребно их је даље проследити систему који може да примени рачунарство за генерисање интелигенције. У овом нивоу су комуникације и протоколи података важни како би се осигурало несметано преношење податка између софтвера и система. Повезаност између CAD система и између производних система осигурава да се базе техничких података из CAD модела пренесу на одговарајући начин. Комуникациони протоколи као што су: MTConnect и Ethernet, осигуравају да машине и опрема различитих произвођача могу међусобно да комуницирају и размењују податке.

Напредне анализе података и трендова – Једном када су подаци скупљени, јавља се потреба да се они обраде и протумаче тако да информације постану ефективне. Да би се у потпуности реализовао потенцијал паметне производње, потребне су анализе за издвајање и изражавање извештаја из великих база података. Ови извештаји могу да се користе за покретање директних акција као што су решавање прекида у раду[31]. Они такође могу да се користе за будуће акције као што су побољшање оперативне делотворности, засноване на узрочно-последичним информацијама или планирању одржавања опреме за коју је предвиђено да неће успети у одређеном времену.

Пренос информација онима који доносе одлука – Интерфејс појединцима омогућава приступ и разумевање скупљених информација у стварном времену. Подаци су корисни само ако су лако доступни и могу да се интерпретирају лако. Визуелизација података тако да се значајне информације шаљу и менаџерима постројења и оператерима у помоћ за оптимизацију ефикасности и брзо решавање проблема у фабрици.

Утврђивање потребних акција и спровођење активности - Подаци се генеришу и прикупљају и преносе доносиоцима одлука који могу да предузимају акције. Системи који извршавају производњу (MES), планирање ресурса предузећа (ERP), управљање животни циклусом производа (PLM) и надзорна контрола и процеси за скупљање података (SCADA), пружају обавештајне податке и омогућавају онима који доносе одлуке да делују. Међутим, превише информација може да преплави системске оператере. Преоптерећење информација може да се ублажи употребом посебно прилагођених алгоритама машинског учења који детектују одговоре на информације и дају смернице о само најважнијим информацијама.

3.4 Да ли је компанија спремна за Паметну производњу?

Према бројним истраживањима везаним за индустрију, већина компанија још није спремна за Паметну производњу. Чак и након годинама побољшане аутоматизације путем сензора и различитих контролера компаније тек почињу да уводе IoT (тј. да њихови производни и индустријски уређаји директно комуницирају међусобно и да користе податаке након обраде у реалном времену).

Многе компаније једноставно не знају како да успешно имплементирају Паметну производњу. Само 11 % је имплементирало стратегију за примену IoT технологију у производним процесима, а само 12 % је то урадило за стратегију уградње IoT технологије у своје производе. Шта то спречава компаније? Према извештају IndustryWeek-a, 76 % произвођача је забринуто за безбедност и сигурност мреже, а 74 % за приватност база података[32].

Половина организација се и даље бори са основама дефинисања и примене IoT-а и стратегијама Паметне производње (табела 2).

IoT стратегија – где и како се пријавити и на који начин се могу искористити информације из уграђене интелигенције за оптималне добитке – потребна је већа повезаност и основа је за стратегије паметне производње. Организације могу да започну и добију приносе чак и на основним нивоима IoT имплементације које могу да финансирају даље следећи корак. Ипак, друге препреке се јављају и треба их узети у обзир ради постизања успешности у имплементацији IoT-а и Паметне производње.

Табела 2. Имплементација IoT-а (у %)[32]

Процес	Примена IoT технологија на процесе	Уграђивање IoT технологија у производе
Стратегија на месту - имплементирано	10.9%	12.0%
Стратегија на месту – још није имплементирано	22.7%	20.3%
План за развијање стратегије	32.5%	30.4%
Нема планова за развијање стратегије	33.9%	37.3%

Старија технологија – Старији видови аутоматизације и IT системи могу да спрече примену стратегије паметне производње. Велики број постројења користи аутоматизацију опреме која је купљена пре више од 20 година. Мање произвођача може да замени све истовремено. На жалост, многе организације се суочавају са великим празнинама у информационој технологији; половина произвођача ће морати да надогради мрежну инфраструктуру или да уради ремонт тих мрежа како би се прилагодила комуникација између машина.

Паметна производња захтева конвергентан однос између ИТ-а и ОТ-а, уз коришћење скалабилности и могућности рачунања испоруке у вредности у различитим фазама рада. Вредност може да се добије повећањем размене информација између пословних система. Међутим, велики број компанија наилазе на блокаду због заоставштине и власништва система којима недостаје стандардизација и отворени протоколи као и спречавање усвајања заједничких метрика међу објектима. Индустрија се суочава са изазовима квалификоване радне снаге као и људима који схватају да старомодни систем одлази у пензију.

Светска банка наглашава потребу за 220.000 нових инжењера сваке године до 2022. године који би радили на повезивању неповезаних система[32].

Корпоративно неслагање – Чак и тамо где се примењују технологије, циљеви компанија су често неусклађени – нарочито у случају ИТ и ОТ особља. Једва да половина руководилаца производње верује да њихова одељења ИТ и ОТ сектора сарађују при решавању проблема везаних за технолошке операције.

Јаз између ИТ и ОТ визија и циљева може да смањи иницијативе увођења ИОТ система и пре самог почетка. Постављају се кључна питања: Ко управља повезаном ИТ/ОТ мрежном структуром? Ко дефинише рад капиталним подацима (тј. новим информацијама које могу да се искористе за добробит фирме)? Ко примењује и одржава паметне уређаје?

Стварање организације и постављање приоритета је кључно за успех увођења паметне производње. Таква широка промена програма мора да буде спонзорисана од стране врха компаније и да се покреће мултифункционалном структуром менаџера[32].

Мањак талената – Усвајање паметне производње често надмашује способност великог броја компанија да прихвате, примене и користе скалабилно рачунање(тј. мобилне, бежичне, даљинске, аналитичке и друге технологије). Скоро трећина компанија наводи недостатак талента као свој највећи изазов везан за примену ИОТ-а. Не помаже ни то што многи произвођачи још увек немају добро разумевање ИОТ-а – њих 42% има ограничено разумевање, а 24% нема разумевање.

Јасан недостатак ROI (Return of Investment – Повраћај улагања) – Велики број компанија још увек покушавају да разумеју пословну вредност која ће се остварити улагањем у иницијативе ИОТ-а и паметне производње. Они успоравају ИОТ иницијативе због забринутости за безбедност података, парализујући себе тако страхом од непознатог. Они би више требало да брину због неовлашћеног приступа старој опреми и PLC-у као и због недостатка сигурносних стандарда и програма.

Циљеви паметне производње које би требало да остварују организације које желе да укључе нове системе производње у своје целокупне фабричке конфигурације дати су у табели 3.

Табела 3. Циљеви Паметне производње (% произвођача)[32]

Повећање квалитета производа	57.9%
Повећање брзине операција	57.3%
Смањење производних трошкова	57.0%
Побољшање одржавања	46.5%
Унапређење информација за аналитику бизниса	41.6%
Унапређење агилности и одговорности	41.0%
Унапређење информација за одлуке у производњи	40.7%
Унапређење координације за корисницима	39.5%
Унапређење координације са добављачима	34.9%
Развијање даљинског праћења могућности	33.7%
Нижи трошкови енергије	29.1%
Унапређење сигурности	27.9%
Унапређење усаглашености (спецификације купаца или регулативе)	24.7%
Развијање могућност визуелизације	18.9%
Остало	1.2%
Ништа од наведеног	5.5%

И они који су штедљиви, уместо тога, требало би да усредсреде своје процесе на визије сопствене паметне производње, направе нацрт визије и одреде области за почетак. На пример, коришћењем података са сензора за предвиђање дотрајалости опреме произвођачи могу да смање трошкове одржавања, у неким случајевима постижући чак 40% побољшања. Непланирани прекиди рада такође могу да се умање помоћу предиктивних планова одржавања. Компаније уживају велика побољшања проактивности и смањење оперативних трошкова уз рана улагања у IoT[32].

4. Дигитална платформа паметне фабрике

Револуција у производњи је чврсто на свом путу. Infineon, немачки произвођач полупроводника, је уложио 105 милиона долара у следећих пет година како би своју компанију у Сингапур претворио у паметну фабрику. Роботи и 3D штампање су рецимо за компанију Adidas захтевали да проиводњу врати у Немачку. Водећи произвођач мириса у Швајцарској повећао је капацитет за трећину у последње три године, и то све додавањем робота у процесе. Кинеска фабрика додала је роботе у своје операције што је довело до повећања производње од 250% и такође до смањења отказа за 80%.

На слици 11 приказана су очекивања произвођача од паметних фабрика. У наредних пет година, организације очекују да ће паметне фабрике да покрећу побољшања перформанси које ће заменити претходне напоре[33]:

- Очекивања су да ће испорука готових производа да се убрза 13 пута, док се такође очекује да ће се показатељи квалитета побољшати 12 пута више од побољшања из 1990. године
- Предвиђено је да ће се важне ставке везане за трошкове, као што су складиштење рационализовати 12 пута, а трошкови материјала, логистике и

транспорта би требало да буду рационализовани 11 пута у односу на 1990. годину.

- Предвиђено је да ће се укупна побољшања продуктивности и трошкова рада убрзати 7 пута и више у односу на стопу раста из 1990.



Слика 11. Произвођачи очекују велики приход од паметних фабрика

Произвођачи имају велика очекивања од паметних фабрика јер су у свим сегментима већ започели да реализују потенцијал паметних фабрика, а индустријска прозводња је видела највећи добитак у продуктивности и квалитету производње. Faurecia, један од највећих међународних прозвођача аутоделова планира да уштеди 10 милиона евра на куповини пластичног материјала путем смањења шкарта и побољшања производње захваљујући дигиталној производњи. Ова компанија такође очекује да уштеди 30 милиона евра на побољшању својих пословних процеса до краја 2020. године.

Револуција паметних фабрика је део широке дигиталне трансформације у индустрији. Паметна фабрика користи бројне елементе из „Digital Manufacturing Framework-a“ компаније Capgemini, који је дизајниран да помогне произвођачима фокусирање на побољшање дигиталне зрелости основних производних функција преко управљања животним циклусима производа и имовине, управљања операцијама, симулацијама различитих система, и индустријске и сајбер сигурности[19]. Управљање операцијама чини већину паметних фабричких компонената, дигитално управљање имовином и 3D континуитет су са стране производа и управљања имовином такође веома битни за паметне фабрике.



Слика 12. „Cargemini“ Framework паметне фабрике[33]

Произвођачи моделирају паметне фабрике на основу тога који ће се елементи усклађивати са њиховим стратешким и пословним циљевима[33]:

- GE је уложио преко 200 милиона долара у флексибилну „бриљантну фабрику“ у Индији. Први пут је компанија у могућности да производи, од делова за млазне моторе, до компоненти за локомотиве, под једним кровом. Ова мулти-модална способност повећава агилност и флексибилност.
- У погону са седиштем у Индијани, лидер аутомобилске опреме Faugesia, користи се аутономним интелигентним возилима која се самостално уче, колаборативни роботи и континуирано скупљање података служе за подршку процесима у компанији. Mike Galarno, менаџер ове компаније каже: „Овај објекат представља наш улазак у Индустрију 4.0, револуционарни концепт који укључује повезивање, аутомазизацију, обраду података и хардвер за унапређење производње.“

Сви ови подаци указују на то колики значај паметне фабрике имају већ у својој почетној фази, а предвиђања за утицај истих у наредним годинама су велика. Већина произвођача ће наставити да се бори да своје организације претвори у паметне фабричке конфигурације јер ће једино тако остати конкурентни на тржишту и бити у току са савременим индустријским и производним процесима.

4.1 Фактори покретања дигиталних пословних модела у индустрији

Да би компанија победила у глобалној трци за пословним моделима заснованим на подацима и створила нове предлоге вредности, подаци морају да буду оцењени и комерцијално одрживи. Они што је кључно је то што фокус мора да се шири са производа и производње на операције које садрже услуге засноване на подацима. Формула за то је: паметни производи + паметне услуге + нова искуства што је приказано на слици 13.



Слика 13. Формула успеха дигиталних бизнис модела[20]

Постоји низ фактора који утичу на развој дигиталних пословних модела (слика 3). Они укључују додатну корист коју нове технологије стварају за предузећа и друштво, нове захтеве купаца и спољне факторе као што су на пример, владина регулатива и промене у корпоративним културама. На слици испод су приказани најважнији фактори покретања дигиталних пословних модела. Слика 14 представља факторе покретања дигиталних пословних модела.



Слика 14. Фактори покретања дигиталних пословних модела[1]

Успешни дигитални пословни модели користе скок технолошких иновација како би пласирали нове предлоге везане за вредности. Организације морају да користе двоструки (дволичан) приступ: морају да оптимизују своје тренутно пословање и да истовремено развијају дигиталну визију која ставља фокус на индивидуалне потребе различитих група евентуалних купаца.

4.2 Доступност основне технологије

Циљ је подстаћи развој дигиталних пословних модела брзим технолошким развојем и повећањем нивоа међусобне повезаности између машина, радника, производа и логистике. Коришћење модерне информационе и комуникационе технологије, могу да се комбинују различити подаци, ово организацијама омогућава да прате и ускладе различите процесе са једног централног места. Све већи број техничких система користи сензоре који пружају битне податке о статусу у стварном времену[2]. IoT који комбинује различите сетове података о статусу у централној мрежи служи као основа паметног надгледања рада машина и процеса. Пад трошкова омогућава већу и скалабилнију употребу IoT-а и капацитета Cloud-а (Облака).

4.3 Дигитални елементи за постизање оперативне изврсности

Савремене технологије пружају произвођачима могућности и простор за развој иновација које помажу да се производи учине ефикаснијим током целог животног циклуса. Дигитални близанци или сајбер-физички системи могу да се искористе за стварање дигиталне слике и прикупљање информација везаних за животни циклус[8]. Подаци о стању скупљени у стварном времену помажу да се открију неправилности у раној фази, повећавајући ефикасност радова на одржавању. Али ту се потаницијал не завршава. Спајањем различитих делова машина омогућава им да комуницирају међусобно, индустријски процеси могу да се контролишу даљински, што доводи до боље искоришћености производних капацитета. Ако напредују, компаније ће моћи да користе дигиталне близанце дуж целог ланца вредности – од пројектовања па све до рада[9].

4.4 Подаци

Паметни производи стварају велике базе података. Питање са којима се суочава велики број организација је како могу да скупе и искористе ове велике количине података. Како да буду у могућности да складиште, анализирају и ефикасно употребљавају податке, постаће кључна брига за све индустријске фабрике и постаће један од одлучујућих фактора њиховог успеха. Ово не укључује само податке са производних места у компанији већ и податке од корисника производа. Да би компензовали потребна улагања, компаније морају да изграде нове пословне моделе који се заснивају на паметним услугама.

Како је важност података основа за развој паметних услуга, тако решења за трговање подацима расту. Тржишта података могу да буду потенцијално решење. Они похрањују податке на начин који је у складу са аутономијом података и правила о приватности и податке доступне овлашћеним корисничким групама уз поштовање високих сигурносних стандарда[9].

Један од кључних алата за стварање вредности из података је вештачка интелигенција (ВИ). ВИ може да учи из великих скупова података и да олакша

препознавање узорака, дизајн компонената и решавање питања купаца. ВИ је такође важан алат за нове учеснике на тржишту који мењају услове конкуренције у њихову корист. Одређени софтвер компаније, на пример, које имају знатну стручност у области ВИ се користе за развијање аутомобила без возача.

Компаније већ анализирају велике скупове података да би боље разумели своје купце. На пример, кориснички подаци могу да пруже увид у то када и како корисник користи свој производ[23]. Ове информације су веома битне за дизајн и развијање нових пословних модела.

4.5 Фокусирање на искуство купаца

Како компаније побољшавају своју способност бољег схватања и предвиђају захтеве и понашање купаца, тако могу да прилагоде производе и услуге за потребе истих. Међутим, ове информације су више него подстицање за пословање и промене у пословању. Данашњи купци очекују да фирме нуде прилагођена решења. Фокус више није на производу, већ на пружању решења које би решило проблем купцима. Једна од битних информација је то да се захтеви купаца и потребе мењају стално поготово када су има понуђена различита решења производа и проблема.

Данашњи купци се умрежавају и комуницирају међусобно јачајући свој положај. Они такође очекују лични контакт и прилагођена решења. Организације морају да буду спремне да науче и разумеју различите типове купаца и њихове јединствене потребе и да им на основу тога пружају прилагођена решења[9].

Стављање фокуса на пружање додатне користи купцима је кључно. Фирме које су у стању да брзо и тачно одреде како да створе додатну корист за своје купце стећи ће брзо конкурентну предност. Развијање детаљног разумевања потреба купаца помаже компанијама да дизајнирају и пласирају производе на начин који оптимизује укупно искуство купаца, узимајући у обзир и техничку и емоционалну димензију.

4.6 Маркетинг

Међусобна повезаност значи већу комплексност – чињеница која се такође огледа у пословним моделима многих организација. Многе компаније генеришу приход од интелигентног управљања или се позиционирају у одређеној мрежи вредности. То значи да компанијама требају шире стратегије и да науче да размеју учеснике на тржишту који се налазе изван свог основног тржишног сегмента.

Ако напредују, компаније ће морати да поставе јача предузећа на редизајн вредносних мрежа, посебно зато што коришћење пословних платформи модела захтева да раде ближе својим конкурентима[11]. Компаније морају да прилагоде начин на који размишљају визији повезане индустрије која пружа профитабилне вредности.

Модели-као услуге значе ниже трошкове улагања купаца. Њихов финансијски ризик је смањен, а сву одговорност – укључујући на пример, одговарајуће одржавање производа сноси произвођач. Произвођачи такође имају корист, јер могу да скупљају и раде анализу великих количина података о употреби њихових машина. Ово им помаже да значајно повећају радни век машина и да траже од купаца да плаћају више. Они такође могу боље да разумеју понашање купаца и да предвиде како искуство купца може да се побољша[11].

5. Софтвери у паметним фабрикама

Производна индустрија све више расте са повезивањем, интегрисањем података и паметним технологијама. Пошто је најновија индустријска револуција, Индустрија 4.0, почела да се имплементира и развија, долази се до питања шта то значи за будућност производње, а самим тим и за произвођаче софтвера.

Циљ паметних фабрика је пружање видљивости, повезивање и аутономија путем увида у стварном времену. Да би то било постигнуто потребно је да се имплементирају све паметнији производни софтвери. Свакодневни потрошачи ће вероватно користити неки облик паметних технологија, паметна кућа је добар пример како се могу користити паметне технологије на основном нивоу, али паметна фабрика представља већи ниво паметног система[12].

Паметне технологије се примењују у вишеструким организацијама, све од употребе ERP система за праћење и извештавање кроз станице фабрике или коришћењем CMMS решења за мониторинг и управљање одржавањем.

Да би фабрика стварно била паметна, потребно је да поседује способност праћења, управљања, компилације и да у њој могу да се обављају процеси процене података из различитих процеса производње.

Аналитика производње се протеже више од саме производње робе и улази у област стварања ефикасних процеса уз коришћење великих база података. Да би се направила паметна фабрика потребно је коришћење и развијање разних производних софтвера у самој фабрици и такође је потребно заједничко коришћење истих како би све функционисало на добром нивоу.

Које типове софтвера користе произвођачи?

Софтвери у производњи су широка обимна тема. Постоји много опција софтвера за производњу, али нису све исте. Неке од општих категорија су[12]:

- CAD (Computer – Aided Design) и CAM (Computer-Aided Manufacturing) – Ова два појма се преклапају и односе се на дизајн и програмирање различитих процеса производње. То се посебно односи на алатне машине и делове који чине функционисање машине.

- MRP (Material Requirements Planning – Планирање залиха материјала) – Производња и залихе се једини фокус ове софтверске категорије и користиће их искључиво они који су директно укључени у процес производње. Данас су MRP системи укључени у већину ERP система у производњи.
- MES (Manufacturing Execution System – Систем извршавања производње) – Конкретно служи за праћење производних процеса, добар је за покретање реалних постројења. Али, и пружа податке на високом нивоу.
- CMMS (Computerized Maintenance Managment System – Комјутеризовани систем управљања одржавањем) – Вођење централизоване евиденције свих средстава и опреме помаже при одржавању. Пример овакве врсте софтвера је FiiX, систем управљања одржавањем, који помаже при праћењу потребног одржавања и заказивању радних налога у стварном времену.
- Производна аналитика – Скупљање података, у контексту, у стварном времену, пружа произвођачу могућност да процени те податке и искористи их за доношење одлука које се тичу продуктивности и ефикасности фабрике. Производна аналитика може да ради заједно са другим софтверима, као што су: CMMS, ERP и сл.
- ERP (Enterprise Resource Plannig – Планирање ресурса предузећа) – Одличан за доношење одлука на високом нивоу на основу претходних активности и догађања, ERP систем је од велике важности за свако растуће предузеће због његових организационих и ефикасних предности, у свим одељењима предузећа.
- QMS (Quality Managment System – Систем управљања квалитетом) – У погледу клијента, QMS је „скуп пословних процеса усмерених на доследно испуњавање захтеа корисника и повећање њиховог задовољства“. Често је усклађен са целокупном стратегијом компаније, а не само са карактеристикама одређеног процеса производње.

5.1 CAD/CAM и Паметна фабрика

Интегрисани софтер за производњу лимова доста напредује, од својих почетних функција како би ушао у Индустрију 4.0 и био коришћен за управљање свеобухватним протоком података и пословним администрацијама.

Модерни и нови нивои аутоматизације чине појам Паметне фабрике и такође чине концепт Индустрије 4.0 и повећавају реалност у неким од најновијих CAD/CAM софтера који функционишу са могућностима управљања подацима и напредном аутоматизацијом и интелигенцијом како би подстакли повећану ефикасност, флексибилност и профитабилност израде лимова уз испоруку производа високог квалитета. CAD/CAM програмски систем, попутно је интегрисан како би наручивао системе управљања за

проток података са краја на крај, оваква интеграција и функционисање може бити први корак ка Индустрији 4.0.

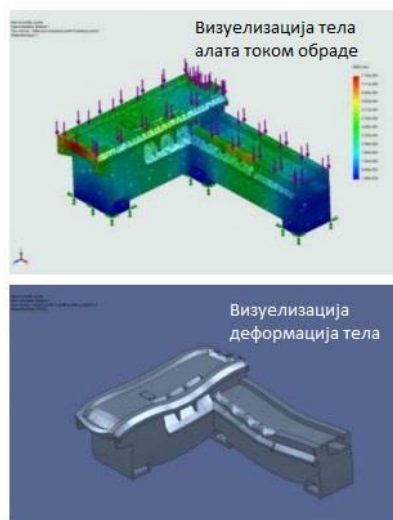
На пример, Columbus® софтвер је развијен као CAD/CAM да би се оптимизовао процес сечења на плазма машинама. Ово је први софтверски систем који је развио и одржавао произвођач машина за сечење, тако да су његове карактеристике изграђене на основу генерисања високог квалитета, контроле и процеса. Ради поређења, остали CAD/CAM софтвери обично су независни од машине, тј. Нису уско везани за NC регулатор. Док се овај софтвер може користити за програмирање различитих модела машина за сечење, посебно јер је ефикасан у искоришћавању пуног потенцијала ESAB система сечења, где софтвер аутоматски додељује технологије за делове програмиране за коришћење најновијих функција машина, као што је на пример, Precision Hole Technology[13].

Компјутерски системи који подржавају инжењерске радове користе се у свим фазама развојног и производног циклуса производа, од његовог развоја концепта производа, дизајном, прототиповањем и припремама програма за обраду на CNC машинама. Произвођачи посебан акценат стављају на интеграцију ових система и софтвера.

Интегрисање обезбеђује ефикасну размену података између свих страна укључених у развој производа, као и лакоћу едитовања и уношења промена у пројекте. Захваљујући раду у Cloud рачунарству, приступ свим ресурсима или подацима и извршним апликацијама је могућ са било ког уређаја који је повезан на Интернет, а тимови дизајнера имају већу флексибилност у размени информација.

Модерни CAD софтвери подржавају развој техничке документације, радова везаних за интерпретацију и очекивања купаца, захтева истих и сл.(нпр. Техникама моделирања у слободној форми или визуелизацијама производа и процеса). CAE системи омогућавају анализирање и дизајнирање структуре у доста аспеката, нпр. у погледу оптерећења и чврстоће протока, кинематичке и динамичке анализе или управљања и употребе већ дизајнираног производа (нпр. ергономија аутомобила)[13].

Пример употребе CAE алата је приказан на слици 15. Машински алат је намењен за обраду делова до 500 килограма глодањем и бушењем (рупе дужине до 1600mm). Приликом дизајнирања, смањење величине и тежине тела је усвојено као критеријум одлуке. Програм је указао да је облик тела у облику слова L оптималан да би се постигао повољан однос између тежине тела и његове снаге потребно је увести додатна ребра на задњи зид.



Слика 15. Визуелизација машинског алата и деформације[13]

Постоје интегрисани CAD/CAM/CAE програми од велике важности у спровођењу стратегије масовног прилагођавања. Пример је производња делова за аутоиндустрију, при чему се компоненте исте намене могу разликовати једна од друге због различитости возила у којима се користе. Слични проблеми се јављају и у другим индустријама, нпр, кућни апарати, санитарни или електронски. У том случају инжењери покушавају да користе системе који са једне стране омогућавају флексибилно реаговање на захтеве корисника а са друге стране максимизирају стандардизацију коришћених технолошких решења.

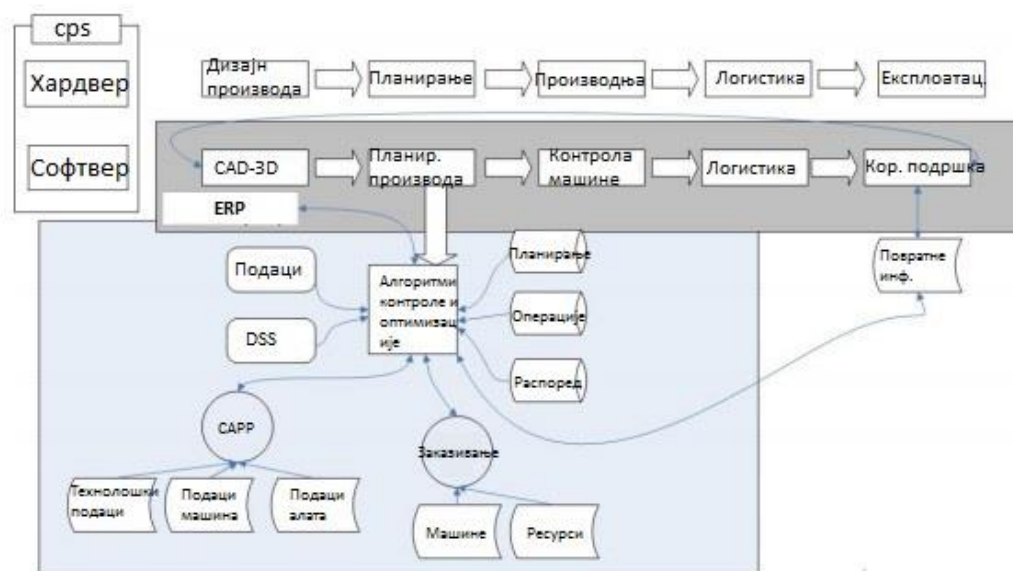
CAD програми су такође извод података за дигитална или физичка прототиповања производа и за програмирања CNC машина. Конструкцијом посебних CAD модела за аутоматску производњу и одговарајуће припремљених предлога за обраду CAM-а могуће је потпуно аутоматизовати процес програмирања CNC-а (алатне машине и индустријски роботи).

У масовној персонализацији, ово је важно јер CAD/CAM систем може да понуди тачан, оптималан програм управљања за CNC машину релативно брзо и без људске интервенције. Оваква решења се већ сусрећу, нпр. У аутомобилској индустрији, у области производње специјализоване производне опреме.

5.2 Софтвер за планирање производа – веза између паметног производа и главног система (ERP)

С'обзиром да су се производи до сада користили као паметни производи за укључивање информација о захтевима за прилагођавање купцима и коришћење повратних информација, идеја је да се рашири употреба података паметног производа у аутоматизованим базама знања, тако да су три главне фазе између дизајна и развоја производа као и процеса производње. То су планирање процеса, редослед операције и заказивање.

Након фазе развоја производа потребно је дефинисати технологије параметара. Аутоматизација планирања процеса је већ извршена употребом CAPP-a (иако има много ограничења и проблема са којима се суочавају корисници), као веза између CAD-a и CAM-a. Са већим растом популарности масовног прилагођавања, могла би да се користи и варијанта CAPP – генеративни приступ. Циљ генеративног приступа је добијање новог плана процеса за појединачни производ на основу података добијених из базе података. Иста база података може да се користи и за редослед операција и заказивање онога што доводи до шире употребе CAPP-a у концепту Индустрије 4.0. Специјални код за дефинисање потребне технологије генерише CAD модел. Нови прилагођени систем је дефинисан код са STEP моделом, тако да је употреба специфичног софтвера за 3D моделирање не представља границе у процесу[15]. Софтвер који користи генеративни CAPP већ је развијен и користи се, али Индустрија 4.0 захтева надоградњу софтвера и повезивање са кооперацијом са осталим деловима производног процеса и ланца снабдевања. CAPP софтвер је у овоме само део софтвера за планирање производа који укључује радње потребне за планирање процеса, редослед операција и заказивање, али је такође повезан са фазама дизајнирања производа у ранијој фази и производни процес са експлоатацијом у даљој фази (Слика 16).



Слика 16. Софтвер за планирање производа[15]

Са друге стране, неколико механизма контроле требало би такође да буде имплементирано у процес како би виртуелни систем могао да буде свестан ограничења постојећег система. Напредни математички модели и алгоритми омогућавају препознавање површина и посебних геометријских карактеристика производа да би се планирао поступак.

Израчунавање припремног, помоћног и технолошког времена може да се дефинише коришћењем ових података и сугестијама алата и потребних машина. Механизам контроле имплементиран у софтверу планирања производа, састоји се од више фактора који генеришу повратне информације општем систему ради прављења распореда производње или оптимизације процеса ако дате информације могу даље да се обрађују.



Слика 17. Софтвер за планирање производа – критеријум контроле и оптимизације[15]

Слика 17 приказује стабло критеријума укључено у софтвер планирања производа. Прва група критеријума је контрола плана процеса које треба обавити. Софтвер укључује сва ограничења хардверског система са подацима прикупљеним из осталих делова ланца снабдевања са организационом сврхом.

Главни критеријуми планирања процеса су маса производа и материјал. Маса се не односи само на факторе обраде, већ и на карактеристике логистике и манипулацију материјалом у процесу производње. Укључује и транспорт унутар хале или превоз људи. Пошто је ово у окружењу Индустрије 4.0, ограничења масе се могу односити на ограничења робота и свих који су укључени у транспорт сировина од добављача или складишта, али и јединица за транспорт коначног производа до складишта са властитим ограничењима за складиштење производа. Материјал, као критеријум везан је најчешће за обрадни процес али и спецификације материјала се контролишу између осталог. Основни критеријум облика чини архивирање једноставнијим. Критеријум геометрије контролише могућност машина и алата на располагању за израду тражених геометријских карактеристика. Критеријум квалитета производа сумира ефекат и излаз који је примљен по претходном критеријуму и повезује га са тренутном архивом са повратним информацијама купца како би се поставио оптимални квалитет производа и трошкова.

5.3 MES у Паметној производњи

Систем извршавања производње (МЕС) традиционално повезује ЕРП (и остале пословне системе) и контролу протока база података и мониторинг постројења. Како су системи за извршавање производње били и развијају се у контексту паметне производње, индустријске трансформације и управљања производним операцијама.

Системи извршавања производње су критичнији него икад. Дигитално постројење паметне производње заснива се на подацима и претварању свих скупљених података и води ка повећању пословне вредности, на пример, бољим мониторингом имовине, залиха и материјала, стицањем интелигенције у вези са процесима производње ради бољег доношења одлука, управљања перформансама и квалитета, координирање активности производње и многих еволуција које се и даље развијају.

Системи извршавања производње нису нови и, као и многи информациони системи се такође развијају, променили су се кад су се појавиле модерне технологије као што су Cloud, Big Data и IoT.

Појавиле су се нове паметне машине као и нови облици паметне адитивне производње, роботи и коботи, повезани предмети и паметни сензори, сајбер физички системи и приступи података у Индустрији 4.0, вештачка интелигенција и сл. Везано за ово системи извршавања производње такође постају све повезанији и паметнији[16].

„Интелигентна“ или „паметна“ димензија у индустријској трансформацији није само спремна да се спроводи на нивоу паметних производа, паметних средстава и интелигентних процеса. Кључ је такође и у свим апликацијама у и изван обима управљања операцијама у производњи.

У људској комуникацији MES је на нивоу операција, а ERP је на нивоу планирања предузећа, а SCADA и ICS су на нивоу производње. И шта MES ради у класичном пирамидалном погледу? Повезује се са SCADA и ERP системима и ради на аспектима као што су планирање производње, управљање квалитетом, примена радних токова, укупна ефикасност опреме, свеобухватна обавештења у вези са операцијама и производњом.

Ако се погледа дугорочни план индустрије 4.0 за будућност, онако како ти виде људи који стоје иза оквира Индустрије 4.0, приметиће се постепена еволуција од класичних активности везаних за MES у традиционалној производњи до функција MES-а које се обављају у Cloud-у.

Као критични део паметне фабрике, MES представља срж интегрисане аутоматизације. Аутоматизована производња је тренд развоја савремених фабрика, али традиционални систем извршавања производње је ограничен на скупљање података и анализе, који нису у стању да задовоље потребе брзо измењене ере. Модерна генерација MES-а постаће основни систем фабричке аутоматизације, јер не само да обухвата постојећи облик MES-а већ обухвата и CIM, повезивања уређаја, интегрисане роботске руке и сличне функције. У овом систему могу да се добију огромне количине података у стварном времену за анализу што побољшава квалитет производа и задовољство купаца, смањује трошкове производње и ствара максималне користи организацији.

Према MESA International-у, корисници MES-а у компанијама су пријавили побољшани квалитет производа, побољшано предиктивно одржавање итд. Није било значајних академских студија пронађених у пословним случајевима који су извештавали од промена у успешности организације због примене MES-а. Постоје консултантске

студије о побољшањима процеса и ефикасности опреме али сви они су на основу теренских студија. MES је успео да усмери процес доношења одлука у организацији и такође да унапреди производни сектор, а такође представља и начин на који се стално може унапређивати компанија или организација.

5.4 CMMS у Индустрији 4.0

Дигитализација производње са технологијама као што су подаци за праћење стања и паметни сензори утицаће на све нивое организације, од дизајна производње до активности одржавања.

Све ово би било немогуће без модерног, компјутеризованог система управљања одржавањем (CMMS) следеће генерације.

Модерна решења за NEXT-GEN (следећа генерација) одржавања требало би да донесу дигиталну трансформацију у постројење и да има прилагођени кориснички интерфејс, тако да сваком члану тима буде угодно да ради са њим. Мобилни CMMS може лако да се интегрише у концепт IoT-а, облака и когнитивних компјутера и да постане неизоставан део паметне фабрике. Требало би да повезује и врши транспорт информација између одељења организације, али и између сензора, уређаја као и целих система. Са скупљеним подацима решење за одржавање нове генерације требало би да буде у могућности да се обављају анализе како би се подржали стручњаци у критичном одлучивању и решавању задатака и проблема[25].

CMMS који је инспирисан Индустријом 4.0 важи као иновативни алат чији је главни циљ унапређење продуктивности коришћењем нових дигиталних концепата. Савремено решавање проблема подржава аутоматизовани начин скупљања података сензориима преко Bluetooth или RFID система и са минималним људским утицајем како би се стручњацима помогло у креирању битног плана предиктивног одржавања.

Решења у виду мобилности нуде корисницима заједничку групу везану за одржавање, на мрежи. Платформа за управљање одржавањем повезује произвођаче машина и материјала са другим индустријским члановима (руководиоцима производње итд.). Због размене информација и активности везаних за индустријску опрему.

Сврха рада на мобилности је да се успоставе „win-win“ размене између стручњака за одржавање и произвођача машина и оптимизација доступности информација, пружајући свима актерима приступ истом комуникационом каналу или мрежи.

Усвајање модерног CMMS система који може лако да се повеже са свим системима других водећих компанија јер су ERP-ови први и најбитнији корак који компаније могу да предузму да би следиле пут који води до Индустрије 4.0. Праћење перформанси машине у реалном времену и комбиновани потенцијал IoT-а и Big Data могу да резултују значајним уштедама. Примена аутоматизације повезаних уређаја и IoT-а (примена IoT-а у

производњи) веома брзо расте. Многе индустрије ће ускоро доживети велика побољшања у безбедности, ефикасности и тај тренд раста ће се увелико наставити.

Мобилност рада се односи на управљање одржавањем опреме и помаже заказивању радова и сервисирања, заменама и поправкама пре него што дође до било каквих кварова. То тимовима пружа могућност да унапред планирају интервенције везане за одржавање и закажу их у најпогодније време, без прекида производног циклуса. Најважније предности одржавања следеће генерације и CMMS-а су[25]:

- Смањени трошкови одржавања
- Осигуран квалитет
- Побољшана сигурност
- Оптимизација перформанси опреме
- Повећана ефикасност производње
- Смањени застоји у кварови
- Побољшан комуникациони ток организације
- Побољшана сарадња између људи и машина
- Промовисање проактивног и нереактивног начина рада
- Побољшање планирања ланца снабдевања
- Продужетак животног циклуса опреме, а тако и повећан економски поврат улагања

Све у свему, прелазак фабрике на Индустрију 4.0 се не дешава преко ноћи и захтева превазилажење одређених изазова у вези са безбедношћу IoT-а, стицања увида у процесе предиктивног одржавања и обучавање тима за производне задатке. CMMS следеће генерације може да олакша прелазак компаније и да подстакне да се активности одржавања модернизују. Способност за оптимизацију перформанси компаније кроз скупљање података, анализу и мониторинг кроз неколико система приближиће компанију на корак од Индустрије 4.0 и а такође резултирати и јасним приходима.

5.5 Дигитални систем управљања квалитетом

Широко гледано, Индустрија 4.0 се односи на напредак у производњи који прати прихватање модерних технологија.

Ове технологије имају велики утицај на обезбеђивање квалитета (одатле назив Квалитет 4.0) и омогућују да систем управљања квалитетом постане лакши за имплементирање и економичнији за спровођење и функционисање.

Решења Индустије 4.0 за систем управљања квалитетом се свode на два делимично преклапајућа фактора[26]:

- QMS софтверски пакети
- Дигитална решења која поједностављују делове који чини QMS (нпр. Документација, обука, извештавање и сл.)

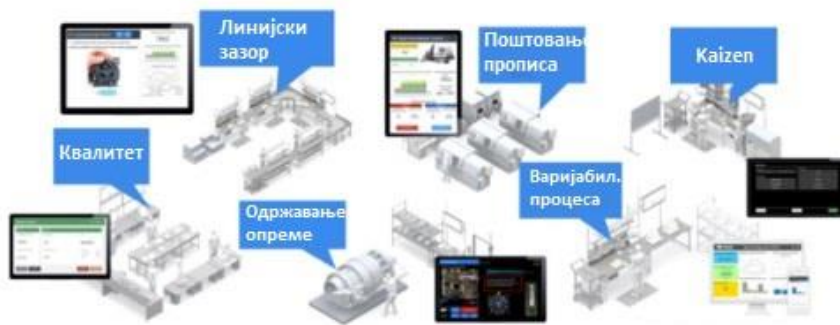
Дуго низ година, специјализовани пакети софтвера помажу произвођачима да аутоматизују неке од интензивних фактора QMS-а. Ови пакети су обично дизајнирани да осигурају поштовање FDA, FAA или других регулатива, као и одређених ISO смерница. Ови софтверски системи су фокусирани на поједностављење понављајућих процеса, централизацији документације у јединствени извор и осигуравање придржавања потребних прописа и стандарда.

Многа софтверска решења, захтевала су сложене ИТ интеграције. Добијање дела QMS софтвера за комуникацију са машинама из фабрике било је скупо а и захтевало је дуготрајан посао. Интегрисање QMS-а са ERP-ом или CRM-ом додало је нове компликације за операције и складиштење података. Једном када су конфигурисани, ови системи могу да буду веома крути, и да захтевају ИТ интервенцију да би се извршиле мале промене у процедурама или у доступности података. Трошкови и сложеност ових система ограничили су их на веће произвођање који могу да приуште велика улагања у софтвер који се фокусира на квалитет[26].

У последњих десет година, развијање технологије и потражње малих и средњих предузећа створили су флексибилнији софтвер за QMS. Оваква решења су углавном заснована на Cloud-у, и ублажавају потребу за скупим интеграцијама. SaaS - пословни модел је створио модуларна решења за која компаније могу да плаћају по појединачном случају и функцији за разлику од куповине целог система. И више пажње посвећено је дизајнирању система у том облику.

Поред софтвера, постоји и много нових дигиталних технологија са системима управљања квалитетом. Уместо да раде као јединствени систем софтвера, они функционисау као део технолошког екосистема.

Технологије у овој категорији су једноставне за примену, флексибилне и прилагодљиве произвођачима. Уместо да покривају све аспекте QMS-а они се фокусирају на сложене процесе и делове. На слици 18 дата су модуларна решења управљања квалитетом по корацима.



Слика 18. Модуларна решења управљања квалитетом на сваком кораку[26]

Интерактивни дигитални SOP-ови – Један од најтежих фактора усаглашености је осигуравање да оператори прате стандардне процедуре према допису при свим покретањима. Често SOP-ови за један процес могу да буду на десетине страница. Чак и ако их оператори тачно прате, грешке су и даље могуће и неизбежне а бележење њиховог напретка може редуковати ефикасност.

Све чешће се произвођачи одлучују за дигиталне SOP-ове са великим медијима. Ови SOP-ови су динамични и могу да омогуће инжењерима да убацују видео снимке и слике за помоћ операторима у компликованим корацима. Са IoT системима, светлосни системи и други интерактивни алати могу да се интегришу у ове SOP-ове. Они покрећу операторе и спроводе их кроз сложене процесе, и тако онемогућавају грешку. Поред овога, линијске провере квалитета као што су ваге, камер и сл. Могу да се користе и за хватање неусклађености на различитим изворима.

Све ово резултира процесима који су коректно урађени, у већем проценту временам уз поједностављење документације која на то указује.

Интерактивне платформе за обуку – Један од битних аспеката QMS-а су и програми обуке. Посебно за компаније са великим прометом или посебно компликованим склоповима, врло је важно да се радници обуче брзо и ефикасно.

Све нове технологије, се све чешће користе за обучавање запослених. Баш као и дигитални SOP-ови, сада постоје и дигиталне апликације које операторе воде кроз унапред дизајниране програме обуке, и тако спречавају губитак радног времена када се они склоне са линије монтаже.

Напредна контрола статистичких процеса – Инжењери квалитета већ дуго времена користе контролу статистичких процеса ради разумевања и анализе променљивости које су својствене многим процесима производње. Једна од најбитнијих карактеристика Индустрије 4.0 је то да постоји више података који описују већи број функција у фабрици. Напредак у машинском учењу, вештачкој интелигенцији и анализи великих база података, доносиоци одлука могу да искористе ове врсте података како би смањили недостатке али и, цену постизања квалитета[26].

6. Паметно одржавање

Традиционално, већина стручњака у одржавању је комбиновала доста техника, и велике напоре за идентификовање квара и ублажавање застоја у производњи. Али пораст нових повезаних технологија може да омогући машинама да обављају своје задатке уместо људи, максимизирајући корисни век компонената, а истовремено избегавајући отказе машина.

Данас, лошије стратегије одржавања могу да смање укупни производни капацитет одређених постројења за 5 до 20%. Најновија истраживања показују да непланирани застоји коштају произвођаче у индустрији сваке године, око 50 милијарди долара. Може бити тешко да се одреди колико често је потребно да се користи машина offline да се сервисира, као и да се одмере ризици изгубљеног времена производње у односу на потенцијални отказ. Традиционално, овај проблем је већину организација приморао да у компромисним ситуацијама морају да одаберу између максимизирања корисног века компоненте или да покушају да максимизирају време рада раном заменом потенцијално лоших делова или да у неким случајевима користе претходно искуство да покушају да предвиде када је могуће доћи до квара и да их предухитре или реше проактивно.

Традиционалне компоненте програма одржавања често се сврставају у четири категорије, од којих свака има низ изазова и користи[28]:

- Реактивно одржавање
- Планирано одржавање
- Проактивно одржавање
- Предиктивно одржавање



Слика 19. Континуум стратегије одржавања[28]

Четврта компонента, предиктивно одржавање (PdM), постало је могуће коришћењем паметних, повезаних технологија које уједињују дигитална и физичка средства. Иако, PdM није нова стратегија, масивна улагања у технологију обично су потребна за решавање проблема често су ограничена само на највеће организације. Данас, велика доступност и ниске цене дигиталних технологија, заједно са порастом дигиталне мреже, омогућили су предиктивном одржавању да се шири на великом нивоу кроз објекте и компаније свих величина. Ова комбинација операција и информационих технологија може да омогући дубљу анализу података из физичког света и да подстакне даље интелигентне акције. У систему предиктивног одржавања подаци прикупљени са повезаних интелигентних машина и опреме могу да предвиде када и где се могу појавити евентуални откази, тако потенцијално повећавају ефикасност делова и минимизирају непотребне застоје. У већини случајева то значи да је предиктивно одржавање најефикаснија стратегија која је доступна.

Предиктивно одржавање може да прекине компромисе старијих стратегија одржавања и да омогући компанијама да максимизирају радни век делова, истовремено избегавајући непланирани прекида рада, минимизирајући планиране прекиде и штедећи трошкове. У својој основи PdM анализира податке скупљене са повезане опреме како би се предвидело када ће доћи до отказа дела, а самим тим и када би требало да се примене активности одржавања. Уместо да се отклони добар део отказа, или замени део који функционише, предиктивно одржавање може помоћи да се изврше поправке када је или тачније пре него што је потребно[29].

Систем PdM-а постоји дуго година, али тек недавно су технологије постале способне и јефтине да би PdM био широко доступан. У прошлости се PdM заснивао на анализи података како би се добили реални увиди о могућим отказима машина и компоненти.

Међутим, смањени трошкови сензора и рачунарске опреме заједно са све већим напретком технологије, учинили су PdM много одрживијом опцијом и оном која би била изводива за скалирање на нивоу компаније. Људи одговорни за одржавање могу брзо да прикупе податке са повезаних машина преко различитих извора, као што су сензори критичне опреме, управљачки индустријски систем, систем за планирање ресурса предузећа, рачунарски системи управљања одржавањем и производни системи, који омогућавају идентификовање узрока који су раније можда прошли неопажено. Организација која производи потрошачке производе, комбиновала је на пример, податке сензора са подацима са камера за препознавање повезаности између две наизглед неповезане ситуације, које су довеле до неочекиваних пораста притиска и искључивања линија производа. Овај увид им је помогао да уштеде милионе долара на годишњем нивоу и повећају ефикасност свих постројења.

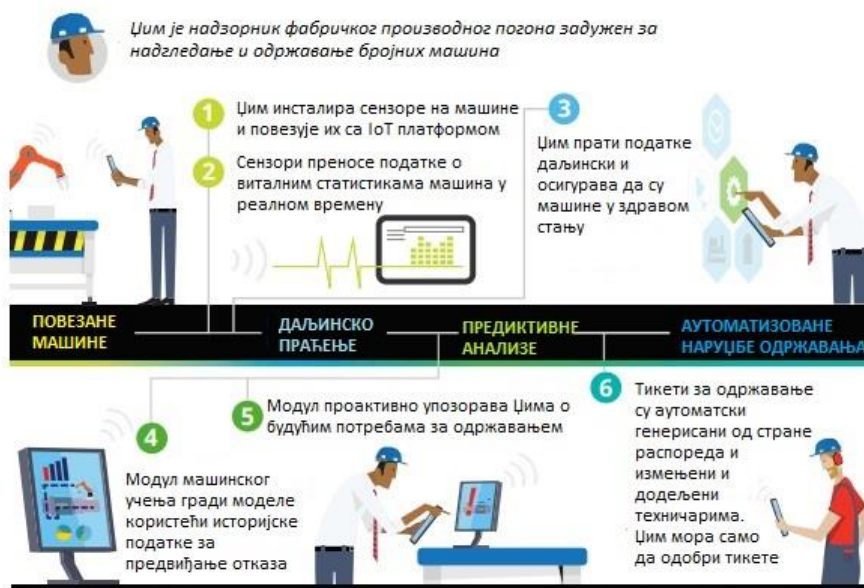
Једноствено прикупљање информација са сензора и систем није довољно да се прикажу предности предиктивног одржавања. Способност обједињавања и анализе података може да буде пресудна за предбијање отказа. Ово често захтева нове могућности за креирање, руковање и коришћење података. У ствари, аналитичке могућности постају све софистицираније у расту са повезивањем и подацима, што је омогућило компанијама

да лакше разумеју податке које скупљају. Ове могућности често представљају важну компоненту DSN-a (Digital supply network) и паметне, повезане фабрике. PdM користи податке да би боље доносио одлуке у одржавању, пружио већу транспарентност и омогућио побољшану сарадњу преко мрежа. Проток информација у реалном времену и могућност њихове анализе може да омогући велику оперативну ефикасност и брзе перформансе коришћењем дигиталних података за покретање физичких акција у одржавању. Овакав ток и анализа представљају карактеристике DSN-a (слика 20).



Слика 20. Карактеристике дигиталне мреже напајања[28]

Стални проток података из повезаних физичких средстава и повезаних система омогућава агилност која је „увек укључена – стално у току“ у којој се непредвиђене ситуације и промене услова у машинама могу осветлити у стварном времену, ублажавајући потенцијалну штету. Повезана заједница имовине и система може да пружи веће размере и обим података да омогући прецизнију предиктивну анализу, омогућавајући организацијама да интелигентно оптимизују доношење одлука и употребљавање машина. Надаље, агрегација података са сензора на повезаним машинама током производног процеса може се омогућити транспарентност од краја до краја, док одабиром праве аналитике и алгоритама који имају смисла за те податке може се омогућити холистичко одлучивање о приступу у одржавању имовине, да се оптимизују њихове перформансе на основу њихових улога у мрежи као целини. Заједно, ове могућности доносе информисано стратешко доношење одлука – једне од главних предности PdM-a.



Слика 21. Процес предиктивног одржавања[29]

Једном када се извори података идентификују, мреже могу да проследе те податке преко прилагођених или стандардних мрежа података у простор за складиштење података на мрежи или у облаку. Аналитички алати са предиктивном алгоритмима анализирају прикупљене податке у облаку, како би утврдили када ће сваком појединачном делу уследити потенцијални отказ. Ове информације се аутоматски преносе радницима преко алата за визуелизацију података, који им омогућавају да одржавају само оне врсте делова за које су потребне активности одржавања у потребном времену. На слици 21 приказан је процес предиктивног одржавања.

6.1 Утицај предиктивног одржавања на паметну фабрику

Повезане дигиталне и физичке технологије обично утичу на два главна пословна циља производних компанија: пословне операције и раст пословања. PdM може да се покаже корисним у обе ове области. Иако су циљеви за употребу дигиталних технологија у расту пословања фокусирани на врхунски раст, они за операције настоје да смање трошкове или кроз повећану продуктивност да смање ризик. Када се узме у обзир број радних сати проведених у обављању рутинских прегледа машина које се не воде радним налозима или су спровеле решавање проблема непланираним застојима, случај PdM-а као алата за оперативну ефикасност постаје јаснији[28,29]. Повезане технологије могу да извуку податке из више извора и заостављених система за пружање напредних увида у стварном времену, омогућавајући компјутерском систему да ради лако дуже како би менаџери у одржавању могли да ефикасне распореде своје ресурсе.

Повезане технологије помажу PdM-у да се избори са суштинским изазовом одржавања: прави део на правом месту, у право време. Вођењем тих процеса из реалних података, а не из претпоставки о појединим деловима, PdM може да помогне у одређивању оптималне ефикасности за већину случајева коришћења одржавања. PdM може да смањи време потребно за планирање одржавања за 20 до 50%, да повећа радни век опреме и расположивост за 10 до 20%, а укупне трошкове одржавања да смањи за 5 до 10%.

Као пример, велики произвођач хемикалија активно користи повезане технологије са значајним интересовањем за предиктивну аналитику имовине. Компанија проактивно жели да ојача своју водећу позицију у управљању имовином и процесима усвајањем дигиталних технологија у свом програму „Будућност аутоматизације“. Пилот примена могућности предвиђања за једну класу имовине резултирало је смањењем непланираних застоја и уштеде за 80 процената, за око 300 хиљада долара по средству. Сада организација шири ову способност на другу критичну опрему у више својих објеката[28].

Док се у реактивним, планираним или проактивним типовима одржавања, обично налази на располагању много различитих резервних делова како би могли да се носе са изненадним отказом делова, PdM углавном омогућава тимовима да ефикасније управљају процесом одржавања. Као пример може да се узме италијански железнички превозник Trenitalia, који је мора да уклони сваки од својих више од 1600 возова из службе не само за редовно одржавање, већ и када воз неочекивано откаже. Ово је прузроковало бројна кашњења, претрпело санкције за извршавање уговора и узнемиравало путнике. Да би решили проблем, Trenitalia је додала стотине уграђених додатних сензора на 1500 локомотива као део трогодишње иницијативе за унапређење одржавања. Подаци су се преносили у приватно складиште у облаку у готово реалном времену, где је дијагностичка аналитика унапред упозоравао на отказ делова као што су кочионе плочице. Помоћу таквих података, Trenitalia је успела да максимизује корисни век кочионих плочица уз истовремено смањење потребе за резервним деловима. Све у свему, Trenitalia је успела да смањи застој за 5 до 8% и смањи потрошњу од 1.3 милијарде долара за процењених 8 до 10%, штедећи око 100 милиона долара по години. Ови подаци у великој мери показују колико само одржавање као битан фактор у организацијама помаже у здравом функционисању система и колико је неизоставни део индустрије.

Давањем прецизних предвиђања отказа и када ће и који резервни делови бити потребни, PdM омогућава мање резервних делова који се држе при руци без повећавања ризика. Повезивање PdM система са логистиком или системима за наручивање делова може додатно да умањи процес, омогућавајући аутоматско наручивање делова, тако да је укупни циљ одржавања делова на правом месту у право време веома достижан. Авиоиндустрија већ користи PdM како би разумела да ли је вероватно грешка настала у претходна 24 сата и који ће део бити потребан за замену[28,29]. Ово не само да би требало да помогне да се ометање сложених активности смањи, већ и да помогне особљу у одржавању да буде спремно за предузимање активности онда када је то потребно.

Може се закључити да је предиктивно одржавање корисно када пословне стратегије захтевају уштеду трошкова или већу ефикасност. Међутим, осим операција,

PdM може да понуди и додатне предности у погледу раста пословања. Предиктивно одржавање не само да може да помогне у контроли трошкова, већ може и да подржи и диференцијацију. Проблеми у одржавању могу да утичу да утичу и на друге факторе поред машина и компонената, они такође могу да резултирају неисправним и неквалитетним производима. Поред тога квалитет производа може да почне да се погоршава када алати и машине почну да излазе из оквира толеранције. Предиктивно одржавање може такође да помогне у осигуравању бољег квалитета производа.

6.2 Технологије које омогућавају PdM

Разумевање функционисања PdM-а захтева испитивање специфичних технологија које то омогућавају: сензори и комуникациони протоколи, алати за анализу и руковање подацима, алати за визуализацију и колаборативни алати (слика 22).

Сензори и мреже

Можда и најважнији део PdM-а су сензори који стварају податке и комуникацију потребну да би се ти подаци довели до места где могу да се складиште и анализирају. Ови сензори преводe физичке акције са машина у дигиталне сигнале који преносе променљиве попут температуре, вибрације или проводљивости. Подаци се могу преносити и из других извора, као што је логички контролер машине (PLC), MES, CMMS или чак ERP систем. Технологије које покрећу PdM приказане су на слици 22.



Слика 22. Технологије које покрећу PdM[30]

Без обзира да ли су врсте протокола који омогућавају овај тип транспарентности дизајнирани за специфичну апликацију или за општу употребу попут WiFi-ја и Bluetooth-а данашња ниска цена и приступачност ширине складишта значе да се могу преносити огромне количине података. То омогућава произвођачима да имају потпуну слику не само имовине у компанији већ и читаве производне мреже.

Како се ови алати крећу даље у току, више људима неће бити потребна диплома из статистике, или рачунарске науке како би их користили. Оперативни аналитичари, који су више у контакту са производних процесима, лако могу да креирају надзорне плоче помоћу модерних интерфејса апликативних програма, креираних посебно за свакодневног корисника.

Проширено понашање

Једном када се подаци анализирају, они могу да се представе људима и машинама на начин који им омогућава да предузму мере, било ручно (у случају људи), било аутономно (у случају машина). У овој фази, појачано понашање постаје битно. Технологија као што је појачана реалност могу да омогуће радницима у одржавању да виде велике количине података, као што су приручник за одржавање или савети, док су на задатку. Ове технологије користе прикривена корак по корак упутства како би помогле оператерима да реше проблеме док не настану и помажу у ширењу знања путем интензивног тренинга на захтев. Такође дозвољавају тимовима на другим локацијама даљинско надгледање и надгледање самих операција[29,30].

Након обраде сигнала, анализирани и визуелизовани увиди преводе се у физичке акције. У неким случајевима, упозорења о одржавању ће покренути оператера у акцију. Предиктивни алгоритми покрећу радни налог за одржавање у CMMS систему компаније, проверавају да ли су у ERP систему резервни делови и аутоматски креирају захтев за куповину свих потребних делова. Тада менаџер у одржавању мора да одобри ставке у току рада и да отпреми извештаје одговарајућег техничара.

7. Примери паметних фабрика

7.1 Haier: Оптимизација производних перформанси кроз 5G, Edge рачунарство и машинску визију

Haier Smart Home Co., Ltd је водећи светски произвођач кућних апарата са седиштем у граду Qingdao (Кина). Haier дизајнира, производи и продаје широк спектар кућних уређаја, укључујући фрижидере, замрзиваче, веш машине, клима уређаје, грејаче, кухињске уређаје укључујући и понуду паметних кућних уређаја. Поред тога Haier управља логистичким послом усмереним на дистрибуцију великог формата. Компанија је основана 1980-их, а већ 1993. су се високо котирали на шанганској берзи[34].

Машинска визија и 5G мрежа као покретачи паметне фабрике Haier

Машинска визија интензиван рачунски задатак коме су потребни наменски ресурси и сложена подрашка од стране апликација да би се постигли значајни подаци из анализе фотографија или покретних слика. У брзом комерцијалном окружењу скоро је сталан проток слика које је потребно анализирати ради спровођења корективних радњи. То значи да могућности обраде података морају да буду постављене близу камера за снимање како би се умањило кашњење и постигли бољи резултати у реалном времену.

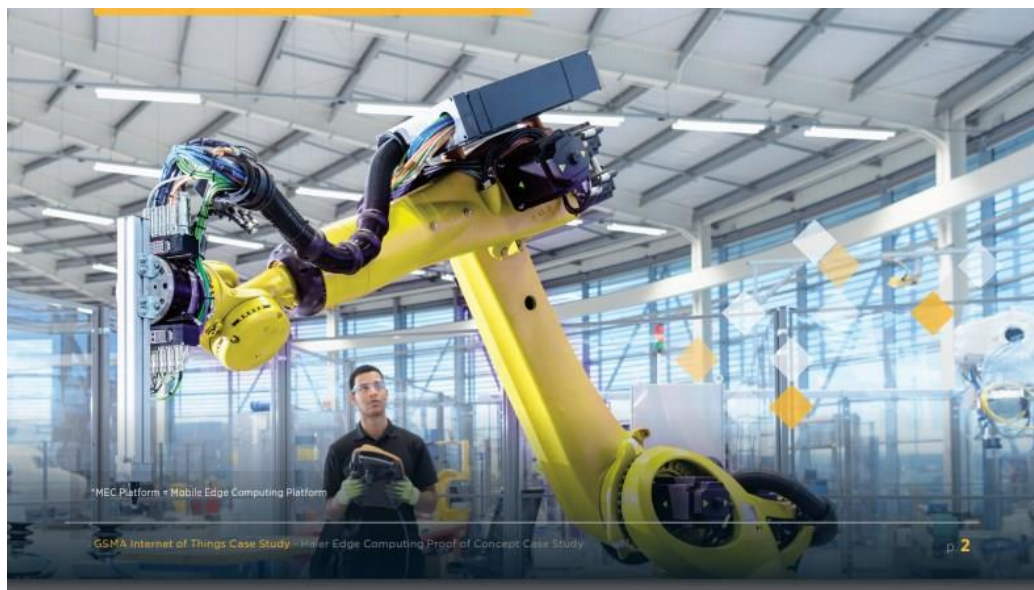
Квалитет производње је од великог значаја за компанију Haier. Хладњаци од нерђајућег челика су на врху листе, али због природе нерђајућег челика могу да трпе несавршености током процеса производње. Због тога Haier ручно провера сваки фрижидер који долази са производне линије на оштећења нерђајућег челика, што може да представља трајан задатак.

Коришћење машинске визије за постизање ових задатака значи да могу да се предузму темељнији процеси обезбеђења квалитета, уз смањен ризик од недостатака који ће се пропустити приликом ручне провере. Употреба Edge рачунарства и 5G значи да се врши анализа у реалном времену, тако да се фрижидери готово тренутно могу вратити на производну линију.

Huawei и China Mobile спровели су 5G повезану MEC архитектуру унутар Haier компаније како би се осигурало одлагање производне линије. Edge сервери користе за hosting машинске визије. Сва обрада података врши се унутар производног погона.

Платформа Huawei MEC ради на динамичкој расподели и подешавању ресурса тако да апликација машинске визије може да ради максимално ефикасно током целокупног времена и да се радним оптерећењем на серверу којим се може ефикасно управљати. Поред тога, МЕР шаље корисницима извештаје о анализи података, тако да може да дође до праћења потребних фактора[34].

5G омогућава ефикасна развијања MEC-а јер функције корисничке равни могу да се раздвоје у односу на управљачке. У том случају значи да би 5G мрежне функције могле да се помере ближе као производној линији, што резултира многим побољшањем поузданости испоруке пакета података. MEC инфраструктура укључује и управљачке и корисничке равни распоређене на једном серверу, што значи да је постављање једноставно и просторни захтеви за hosting су смањени.



Слика 23. Роботска рука компаније Haier[34]

Компанија Haier је на роботску руку уградила индустријску камеру од 500W, са високим интензитетом осветљења, која је у стању да скенира фрижидере и његове делове током њиховог изласка са производне линије. Коришћењем обученог алгоритма локална апликација је у стању да препозна било какво оштећење спољшности хладњака које захтева замену. Мале огреботине и удубљења које пропушта људско око се могу лако препознати.

Кључна улога 5G

5G мрежа је потребна за пренос великих слика од стране индустријске камере уз одржавање ниске латенције. Захтеви мреже су редом од 42Mbit/s уз анализу слике која се завршава за око 200 до 300 ms. Ово значи да је 5G мрежа реална мрежа која може да обрађује ову количину података уз истовремено одржавање ниске латенције и могућности да ради у малом трагу производне линије фабрике.

7.2 Siemens AG EWA, као паметна фабрика

Siemens, највећа немачка компанија за електронику и електричну енергију, главни је представник који ће да води производну индустрију будућности и која је успешно претворила своју постојећу производну индустрију у паметну фабрику у припреми за долазак четврте индустријске револуције. Siemens-ова паметна фабрика „Electronics Works Amberg“ смештена је у Амбергу, малом граду у немачкој савезној држави Bayern, и поседује велики обим производње који годишње досеже до 12 милиона производа за око 1000 различитих производа.



Слика 24. Унутрашњост копманије Siemens у Амбергу[35]

Siemens Amberg EWA, је копманија која има сензоре IoT-а који су прикључени на постојеће производне машине и погоне. Основан је систем за одржавање оптимизације процеса дељењем свих процеса у стварном времену и провером евентуалних грешака. У процесу дељења свакодневно се прикупља више од 50 милиона података, а све информације анализира кибернетички физички систем (CPS) на основу вештачке интелигенције и великих података (Big Data). На основу прикупљених информација, CPS спроводи хипотетичку симулацију како би утврдио могућност евентуалних грешака пре него што се примене на реалним индустријским локацијама, и поставља поступак према одређеним налозима[35]. Овим се осигурава повећана продуктивност и ликвидност како би се одмах задовољиле потребе потрошача.

У суштини, продуктивност Siemens-ове компаније у Амбергу порасла је 8 пута од преласка на паметну фабрику, а стопа оштећења производа је сада тек око 11.5 dpm (оштећење по минуто) у поређењу са 500dpm-а, што је био случај 1989. године. Осим тога, мрежа изграђена преко IoT-а значи иновацију у производњи где испорука производа буде испоручена у року од 24 сата од тренутка наруџбине. Паметна фабрика даје свој утицај и на друга подручја индустрије као што су смањење радног времена и потрошње енергије што само доказује да се основна технологија будућности која испуњава различите захтеве и вредности.

7.3 GE виртуелна слика обраде у производним паметним фабрикама

Америчка прерађивачка индустрија, која чини 40% светске производње, такође жели да повећа своје присуство на небу паметних фабрика. На том небу, General Electric, који потиче од компаније за осветљење коју је основао Томас Едисон, води оживљавање

америчке производне индустрије кроз њихов систем паметних фабрика назван „Бриљантна фабрика“. Паметна фабрика GE примњује информационе технологије а такође и комуникационе технологије у производним машинама и објектима. Ова компанија скупља и врши анализу велике количине података како би оптимизовала сваки поступак у складу са различитим условима производа, а све то ради повећања продуктивности[35].

GE, паметна фабрика, има сличности са Siemens-овом фабриком у Амбергу, која се води ако репрезентативни пример паметне фабрике, али постоји и доста разлика. Највећа разлика је то што у GE паметним фабрикама користе сопствени GE оперативни систем у облаку који се назива „Predix“. Овај оперативни систем свакодневно скупља информације о производњи из 400 фабрика под окриљем GE-а широм света и складишти их као централизоване податке. Сви подаци могу да се у било ком тренутку деле у стварном времену на платформи. Ова технологија омогућава интегрисано управљање GE производима за разне индустрије и обезбеђује беспрекорну комуникацију међу свим процесима. Због тога су ефекти несумњиво позитивни јер се укупни трошкови пословања и управљања могу смањивати и контролисати ток истовремено производња расте.

Још је и приметно да информације у обради у различитим областима које се деле на „Predix“ платформи могу да буду више у складу са променама укуса купаца за креирање одговарајућих производних линија. GE-ове фабрике се не завршавају са дизајном производа и процесом. Поставља се оптимални процес дистрибуције преко великих података, аутоматски проверава статус производа и информисе купце, омогућавајући стално управљање производима и стратегијама управљања купцима и корисницима.

7.4 FIELD, паметан фабрички систем из Fanuc-а (Јапан)

За разлику од постојећих паметних фабрика и оперативних система заснованих на Cloud-у (Облаку) у Немачкој и САД-у, производна компанија у Јапану привлачи пажњу због усвајања другачије врсте паметних фабрика. Јапан је направио прву машину за рачунарску нумеричку контролу (CNC), а Fanuc, један од четири највећа светска произвођача робота, предводи јапанску револуцију паметне фабрике уводећи паметни фабрички систем назван Fanuc Intelligent Edge Link and Drive (FIELD)[35].



Слика 25. Процес обрадног система базираног на Field-систему[35]

Field, паметан фабрички систем, који је увео Fanuc, комбинује рачунарску технологију на највишем нивоу са вештачком интелигенцијом и фокусиран је на обраду информација у појединим јединицама производног процеса. То је стратегија која сажима време када цела паметна фабрика заснована на облаку троши размену информација и повећава ефикасност производње и рада одређеног процеса. Иако овај систем приказује Fanuc-ов корпоративни правац, може да се протумачи да су САД и Немачка изабрале практичан тип који може додатно да истакне снагу паметном аутоматизацијом на бази терминала[35]. САД и Немачка су до сада постигле најпознатију улогу у својим врстама и методама употребе паметних фабрика.

8. Закључак

У овом раду објашњени су појмови паметних фабрика са освртом на функционисање ових фабрика, начин увођења паметних система као и методе које је потребно употребљавати и спроводити онда када одређена организација реши да постане паметан фабрички комплекс. Такође су описани и главни елементи које паметна фабрика мора да садржи уз посебан осврт на сензоре који су покретачи паметних фабричких конфигурација а истовремено су и представљене предности ових модерних паметних система. Индустрија 4.0 чији су паметне фабрике неизоставан део описана је са својим потребним ставкама које чине њен комплетан систем поред паметних фабрика. Софтвери који су један од кључних делова система паметних фабрика су описани и објашњени а такође је објашњен и систем паметног одржавања са својим основим процесом, предиктивним одржавањем, без кога је потпуно немогуће функционисање једне паметне фабрике. На крају су представљене паметне фабрике које успешно спроводе паметне процесе у свету, са освртом на три различите филозофије које се односе на функционисање паметних система у Немачкој, САД-у и Јапану.

Ретроспективно гледано претходни револуционарни развој производног система од његовог почетка до данас, види се да је период између ових револуција драстично смањен и да се брзим корацима корача у будућност. Појава Интернета и Интернет технологија модерног времена несумњиво је постигло велики напредак у свим људским активностима. То је неизбежна интеграција производње у производним системима, која ће даље да утиче на комплексност постојећих система као и на увођење нових система, као што су сајбер физички системи производње. Развој производних система зависи такође и од употребе дигитализације и е-пословања што представља императив којем ће тежити паметне фабрике – фабрике будућности.

Машине преузимају улогу људи у фабрикама. Ипак, дигитална интеграција људи је неизбежна са дигиталним, електронским, виртуелним светом, тако да индустрији претходи даљи развој производних система у погледу поузданости, ефикасности, сигурности итд. Садашњи и будући развој паметних система карактерише дубок и брз начин научних и технолошких промена које ће резултирати реиндустријализацијом постојећих индустрија и ревитализацијом широког спектра активности и јавних функција у приватном животу.

Технолошки развој као најважнији фактор и важан предуслов за општи развој претпоставља развој и примену нових технологија и намеће потребу за реорганизацију постојећих, као и за пројектовање нових – паметних постројења са новим подешавањима (виртуелна фабрика). Због тога су потребне брзе и непосредне промене постојећег стања у компанијама и организацијама.

Литература

- [1] Oritz, C., A., Kaizen Assembly – Designing, Construction and Managing a Lean Assembly Line, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 2006.
- [2] Womack, James, P., Jones, Daniel, T., Lean Thinking, New York, 2003.
- [3] Radziwona, A., et al., The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions, Procedia Engineering 69, pp. 1184-90, 2014.
- [4] Sniderman, B., Mahto, M., Cotteleer, M., Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises, Deloitte University Press, 2016.
- [5] Coleman, C., et al., Making maintenance smarter: Predictive maintenance and the digital supply network, Deloitte University Press, 2017.
- [6] Parrott, A., Warshaw, L., Industry 4.0 and the digital twin: Manufacturing meets its match, Deloitte University Press, 2017.
- [7] Mell, P., Grance, T., The NIST definition of cloud computing, Gaithersburg, MD: Computer security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, 2011.
- [8] NIST GCR 16-007, Economic Analysis of Technology Infrastructure Needs for Advanced Manufacturing, 2016.
- [9] IndustryWeek Manufacturing Connectivity and Data Integration report, 2015.
- [10] MIT Center for Digital Bussines and Capgemini Consulting, Organizing for Digital: Why Digital Dexterity Matters, 2015.
- [11] KPMG Enterprise (eds.), Venture Pulse Q2, Global analysis of venture funding, 2017.
- [12] Engels, G., Plass, C., Rammig, F., Plattformen fur die Smart Welt, Verstandnis und Handlungsfelder, Минхен, 2017.
- [13] Schulze, S., Steffen, D., Wibbing, P., Wigger, T., Digitalisierung der Produktentstehung Die Automobilindustrie im Umbruch, Бажепн, 2017.
- [14] Plass, C., Wis digitale Geschftsprozesse und Geschäftsmodelle die Arbeitswelt veranden, In: Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten Springer Reference Psychologie, Берлин, 2018.
- [15] Eggers, J., Produktenwicklung mit Lieferanten. In: Digital vernetzt, Transormation der Wertschopfung Szenarien, Optionen und Erfolgsmodelle fur smarte Geschäftsmodelle. Produkte und Services, Минхен, 2016.
- [16] Grecky, D., Human-machine-interaction In the Industry 4.0 era., 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2014.
- [17] Wollenhaupt, G., IoT slashed downtime with predictive maintenance, PTC, 2017.
- [18] Nutall, N., Trenitalia drives cost savings using IoT on train operations, 2016.
- [19] Mobley, R., K., An Introduction to Predictive Maintenance, 2002.
- [20] <https://www.britannica.com/topic/factory-system> Приступ: 23.03.2020.
- [21] <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html> Приступ: 23.03.2020.
- [22] [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-at-studie-sensoren-treiber-industrie-40-2019/\\$FILE/EY%20Studie%20-%20Sensors%20as%20drivers%20of%20Industry%204.0.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-at-studie-sensoren-treiber-industrie-40-2019/$FILE/EY%20Studie%20-%20Sensors%20as%20drivers%20of%20Industry%204.0.pdf) Приступ: 26.03.2020.
- [23] <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/features/technology-leaders/28863> Приступ: 26.03.2020
- [24] <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/manufacturing-industry/> Приступ: 27.03.2020.
- [25] [https://en.wikipedia.org/wiki/5S_\(methodology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/5S_(methodology)) Приступ: 27.03.2020

- [26] https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=41013&lang=en Приступ: 27.03.2020.
- [27] <https://www.seebo.com/industrial-ai/> Приступ: 29.03.2020.
- [28] <https://www.gtai.de/gtai-en> Приступ: 29.03.2020.
- [29] <https://www.sensitrx.com/manufacturing-software-smart-factory/> Приступ: 08.04.2020.
- [30] <https://www.fabricatingandmetalworking.com/2015/08/cadcam-and-the-smart-factory/> Приступ: 08.04.2020.
- [31] <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/manufacturing-execution-systems-mes-evolutions-software-solutions/> Приступ: 11.04.2020.
- [32] <https://www.mobility-work.com/blog/industry-40-cmms-future-maintenance-happening-now> Приступ: 11.04.2020.
- [33] <https://tulip.co/resources/quality-management/> Приступ: 11.04.2020.
- [34] <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2020/02/Haier-Edge-Computing-Case-Study-final.pdf> Приступ: 15.04.2020.
- [35] <https://www.hankook-technologygroup.com/en/innovation/innovation-90.do> Приступ: 15.04.2020