

СТРУКТУРНИ МОДЕЛ ПАМЕТНЕ ФАБРИКЕ

Драган Д. Милановић¹, Мирјана Мисита², Никола Петровић³, Сања Милијанчевић⁴

Резиме: Структурни модел је концепт који показује начин на који се приступа планирању и имплементацији паметне фабрике. Постоји много извора у литератури који говоре о потребним особинама које једна паметна фабрика мора поседовати, као и о технологијама које се у њој користе. Међутим, досадашња истраживања и даље не објашњавају како она заправо функционише. Имајући то у виду, као и поједине моделе који су били превише комплексни, група словеначких аутора формирала је LASFA (LAsim Smart FActory) структурни модел паметне фабрике. У овом прегледном раду биће приказане основне поставке структурног модела паметне фабрике, са идејом да корисник LASFA модела лакше дође до суштине и разуме принцип рада паметне фабрике.

Кључне речи: паметна фабрика, структурни модел, планирање, имплементација, технологија

STRUCTURAL MODEL OF A SMART FACTORY

Abstract: The structural model is a concept that demonstrates the way smart factory planning and implementation is approached. There are many sources in the literature that talk about the necessary features that a smart factory must have, as well as the technologies used in it. However, research to date still does not explain how it actually works. With this in mind, as well as some models that were too complex, a group of Slovenian authors formed the LASFA (LAsim Smart Factory) structural model of a smart factory. In this review, the basic settings of the structural model of the smart factory will be presented, with the idea that the user of the LASFA model can more easily get to the bottom of it and understand the principle of smart factory operation.

Key words: smart factory, structural model, planning, implementation, technology

1. УВОД

Експоненцијални развој технологије у последњих двадесет година има неизоставан утицај на тржиште, можда чак и кључни. Дакле, готово тренутно су се појавили нови алати и технике који омогућавају боље производе и услуге. За предузеће, од кључног је значаја да буде флексибилно и вешто у својој делатности. Флексибилност, тј. прилагодљивост је неопходна због волатилне природе тржишта. Да ли ће сутра доћи до неке мање промене, слома берзе или нове пандемије, то није могуће знати, али је неопходно бити иновативан, адаптиван и флексибилан, како би предузеће опстало. Вештина, тј. способност у оквиру своје делатности мора бити на што вишем нивоу, јер ресурса и клијената никада нема за све, а конкуренција је по правилу велика. Да би предузеће остало конкурентно, оно мора да прати сигнале које тржиште шаље. У овом раду, биће представљене основе функционисања паметне производње.

Паметна фабрика, слика 1, се дефинише као флексибилан систем који има способност самосталне оптимизације перформанси, самосталног учења и прилагођавања на нове услове у реалном времену. Дакле, то је систем који потпуно самостално води читав процес производње. Функционисање једне Паметне фабрике се у ужем смислу своди на унутрашњост њена четири зида, међутим, она има и способност повезивања са сличним производним системима преко глобалне мреже. Ово значи да је могућа континуална сарадња, па чак и синхронизован рад две или више паметних фабрика [1].

Суштинска снага Паметне фабрике лежи у њеној способности да еволуира и расте прилагођавајући се потребама организације. Било да је у питању променљива потражња,

¹Проф. др, Машински факултет, Краљице Марије 16, Београд, ddmilanovic@mas.bg.ac.rs:

²Проф. др, Машински факултет, Краљице Марије 16, Београд, mmisita@mas.bg.ac.rs:

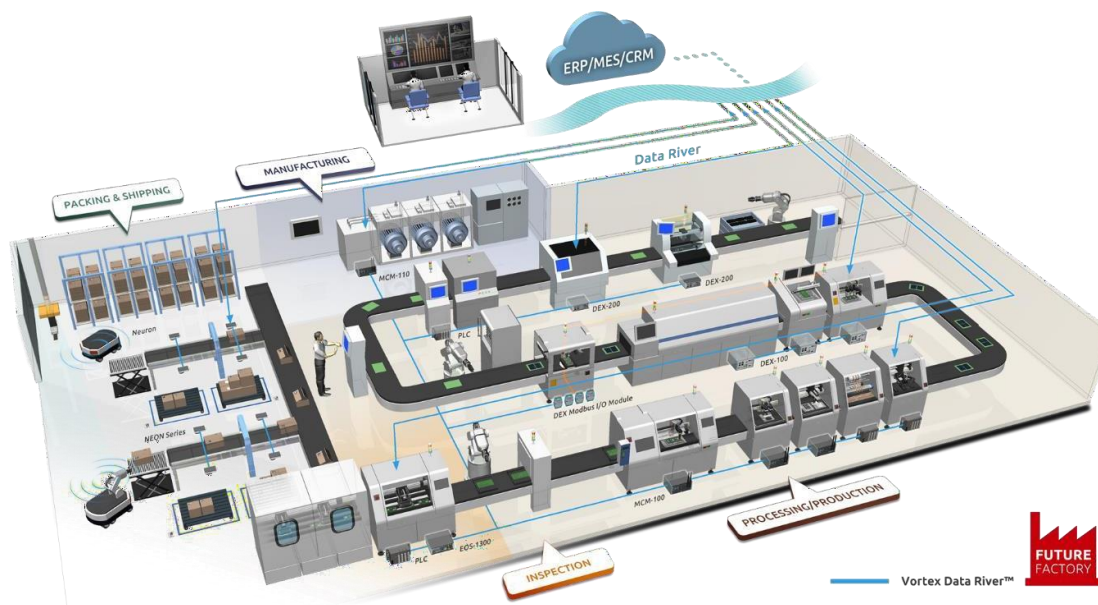
³Маш. инж., Машински факултет, Краљице Марије 16, Београд, nikola1petrovic@mas.bg.ac.rs:

⁴Мас. инж. маш., НИС Србија, Милентија Поповића 1, Београд, sanja.milijancevic@gmail.com:

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

ширење на нова тржишта, развијање нових производа или услуга, предиктивнији и ефикаснији вид одржавања или имплементирање нових процеса или технологија, Паметна фабрика увек пронађе оптимално решење [1].



Слика 1 - 3Д модел паметне фабрике [2]

2. LASFA СТРУКТУРНИ МОДЕЛ ПАМЕТНЕ ФАБРИКЕ

LASFA (LASim Smart Factory) структурни модел је концепт који показује на који начин приступити планирању и имплементацији паметне фабрике. Акцент у оквиру модела јесте на комуникацији између система у оквиру фабрике. Такође, модел се темељи на главним аспектима Индустрије 4.0, односно на интеграцији (хоризонталној, вертикалној и инжењерској дуж читавог процеса) [3].

Мотив за израду овог модела пронађен је при испитивању недостатака једног од најпопуларнијих структурних модела, а то је RAMI 4.0 (Reference Architectural Model Industrie 4.0). Оно што је преузето из поменутог модела јесте његова хијерархија слојева. Међутим, за разлику од RAMI-а 4.0, овај модел је дводимензионалан и једноставнији за коришћење. Такође, узете су у разматрање сви позитивни аспекти, као и све мане структурних модела других аутора. Циљ је био пронаћи оптимално решење. Дакле, идеја је да корисник LASFA модела лакше дође до суштине и разуме принцип рада паметне фабрике [3].

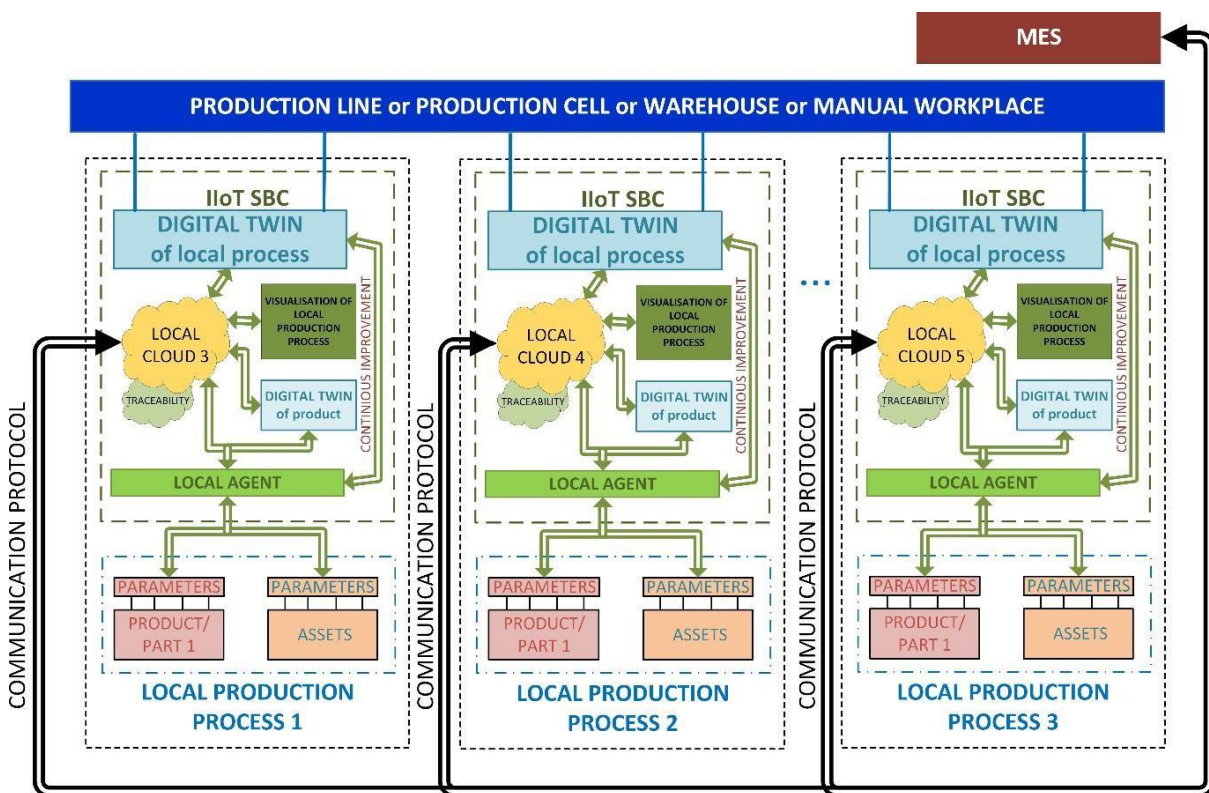
За разлику од изворне литературе, у овом раду ће приступ LASFA моделу бити индуктиван. Дакле, идеја је почети са најједноставнијим елементима и уклапати их у комплексније. Имајући то у виду, почетна тачка ће бити производни процес. Сваки производни процес тражи ангажовање одговарајућих обрадних центара, тј. машина где ће се вршити одговарајуће операције.

Предуслов да би производња била „паметна“ јесте одговарајућа инфраструктура. Све машине морају бити снабдеване уређајима који ће им омогућити комуникацију са остатком система. Ту се пре свега мисли на сензоре различитих врста (температурне, сензоре влаге, сензоре присуства, силе, притиска, итд.) као и на RIFD уређаје (чиме је омогућена управљивост машинама путем радио таласа). Дакле, машине у реалном времену прикупљају податке и шаљу

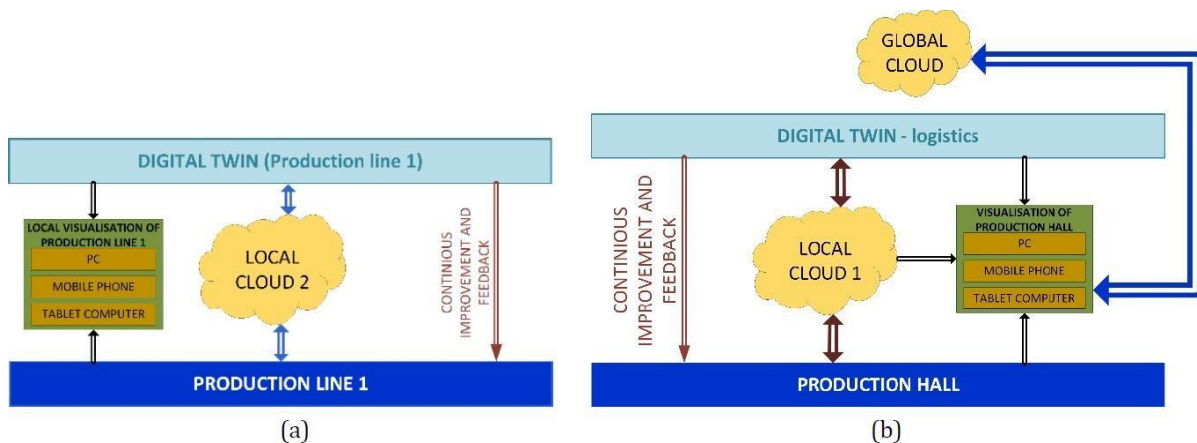
КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде,
Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

их у тзв. улазну/излазну јединицу. Улазно/излазну јединицу је могуће представити као неку врсту међуфазног складишта за податке [3].



Слика 2 - Детаљна структура производне линије [3]



Слика 3 - Визуализација процеса (а – локалног производног процеса и б – логистике производње) [3]

Сви подаци се преко улазно/излазне јединице смештају у локални облак, слика 2. Поштујући претходну аналогију, локални облак представља локално складиште за податке који одређују тачно одређени производни процес. Ово нас даље доводи до следећег предуслова у виду инфраструктуре, а то је постојање глобалне мреже – интернета. Сам облак јесте део технологије рачунарства у облаку, а оно подразумева уређаје за складиштење података који се физички налазе на потпуно другој локацији, док се сам пренос података од извора до складишта и обратно врши путем интернета.

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

Потом, следи елемент који је фундаменталан у новој генерацији технологија оптимизације процеса. У питању је дигитални близанац. Дигитални близанац представља виртуелну реплику објекта или процеса из стварног света. Заправо у питању је својеврсни модел, најегзактнији и најближи реалности од свих њених репрезентација до сада. Континуираним извлачењем огромне количине података из реалног света, ствара се дигитална реплика, у овом случају производног процеса. Наравно, ти подаци нису насумични, већ су у питању нумеричке вредности тачно одређених параметара стања важних за сам процес. На основу њих, могуће је у реалном времену пратити како тече сам производни процес [3].

Како би подаци поседовали вредност, неопходно је на основу њих адекватно и правовремено реаговати, у супротном они немају никакву функцију. Због тога је веома важан следећи елемент, а то је дигитални агент. Он представља својеврсни математички модел или напредни интелигентни алгоритам који може поседовати елементе вештачке интелигенције. Његова улога јесте да провери излазне податке машина у оквиру улазно/излазне јединице, сортира их и потом шаље само оне које је проценио као потребне у облаку, одакле их извлачи дигитални близанац. Када је реч о оптимизацији процеса, улога агента је за сада, да основу задатих толеранција, прати све параметре стања и у тренутку када се догоди недозвољена девијација, пријави грешку и предложи оптимално решење у датом тренутку [3].

Истовремено, присуство близанца омогућава тзв. предиктивно одржавање, односно, одржавање са планирањем и управљањем, као и применом савремене дијагностике стања и математичких метода предвиђања наступања отказа. Дакле, близанац осим што приказује тренутно стање система, има способност и симулирања будућих догађаја са великим процентом тачности.

Другим речима, дигитални близанац у реалном времену избацује вероватноћу свих нежељених догађаја и задатак агента је да и те параметре прати. У тренутку када вредност неког од параметара буде већа или једнака критичној, дигитални агент препознаје грешку и избацује обавештење која је неопходна корективна или превентивна радња (замена дела или алата, подмазивање, промена одређеног улазног параметра машине, итд.). Одлуке о промени улазних података или одабира потребне радње на локалном нивоу, тј. у оквиру производног процеса још увек доноси човек, иако је идеја концепта да у будућности, онда када то буде могуће, локални агент преузме потпуну контролу над производним процесом и сам врши оптимизацију.

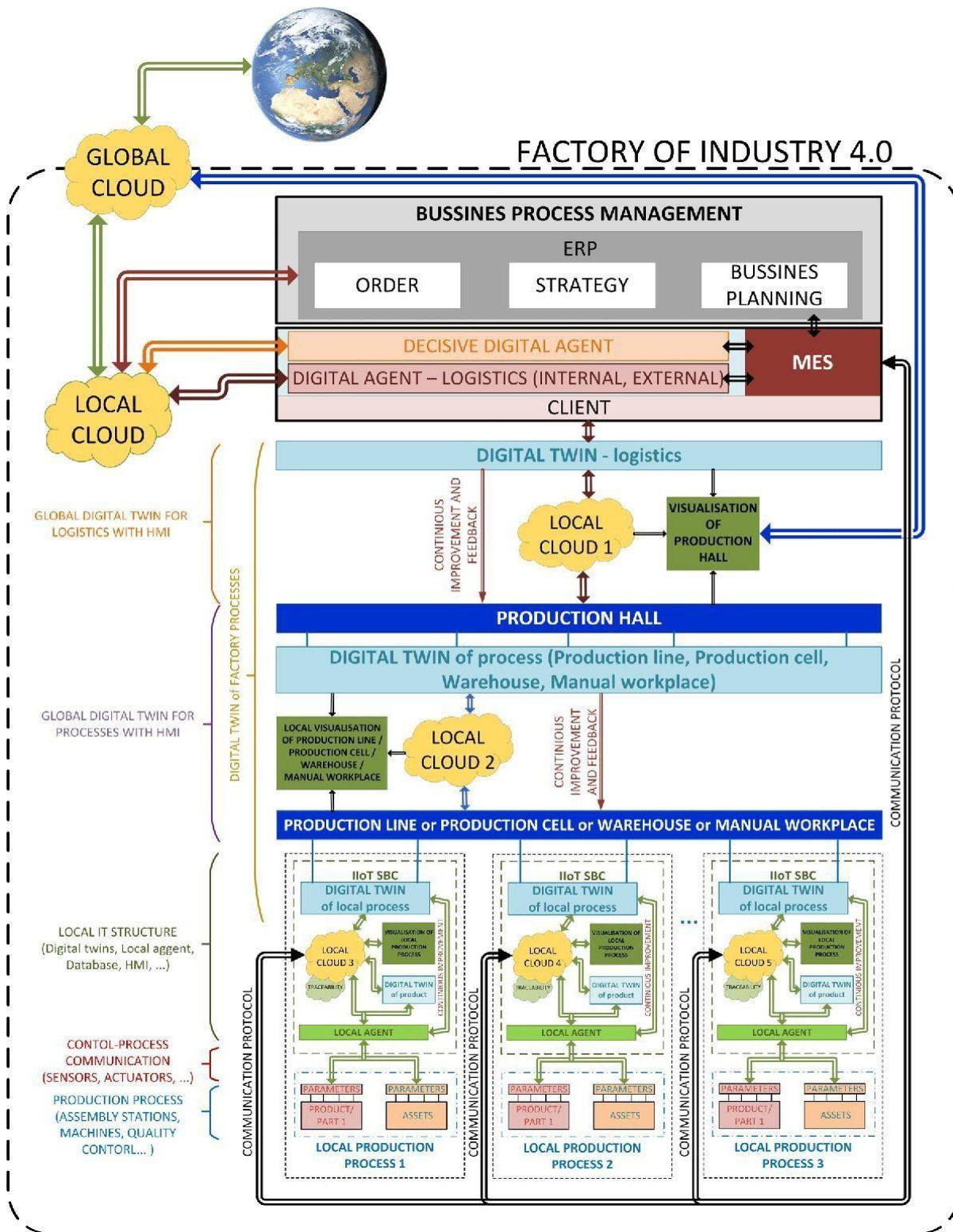
Сваки производни процес у систему садржи претходно наведене елементе, без обзира на његове карактеристике. Област сваког производног процеса покрива по један рачунар помоћу којег корисник може директно утицати на саму производњу. Везивање подсистема у већи систем, тј. у овом случају повезаност производних процеса чиме се формира производна линија одвија се путем комуникационих протокола, слика 2. Комуникацију остварују локални агенти који имају приступ локалним облацима у оквиру целог система. Уколико је потребно извршити било какву размену података, агент ће га доставити свом локалном облаку, одакле га било ко од осталих агената може преузети. На тај начин се успоставља општа интегрисаност и координисаност система [3].

Могло би се рећи да, ако се поново направи аналогија са облаком као складиштем, свако од локалних складишта садржи „писарницу“ или ти место где дигитални агенти остављају податке које ће други агент преузети за потребе свог процеса.

Такође, оно што је важно напоменути јесте да поред процеса, и сами производи имају свог дигиталног близанца. Тиме се ставља акценат на јасну и конкретну визуелизацију. Другим речима, корисник у сваком тренутку може имати увид у фазу обраде у којој се производ налази, као и у његово стање. Поред рачунара, приступ овим информацијама могућ је путем таблета или паметног телефона у реалном времену, слика 3.

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године



Слика 4 - LASFA модел савим системима и процесима [3]

Користећи комуникационе протоколе, локални облаци размеђују податке са глобалним облаком. Глобални облак представља централно складиште података важних за управљање фабриком на макро нивоу и он је засебан ентитет у односу на локалне облаци, али повезан

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференције напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

комуникационим протоколима. Трансмисија података између локалних и глобалног облака одвија се путем интернета или оптичких каблова, слика 4.

Фабрика се у највећем броју случајева састоји од више производних линија, радних простора за процес монтаже, складишта и осталих производних система. Сваки од важних објеката и процеса који је потребно контролисати јесте дигитализован. То се може видети и на слици 4, где на нивоу производне хале, постоји дигитални близанац за логистику [3].

Гледано са макро нивоа, сваки подсистем има свој локални облак, своје локално складиште података које је практично ентитет за себе. Тиме се добија потпуно дистрибуиран систем [3]. Под дистрибуираним системом мисли се на систем састављен од више различитих машина које међусобно комуницирају и координишу своје активности тако да систем функционише кохерентно [4]. У случају да неки од подсистема или процеса престане са радом, остатак система наставља да ради несметано, као и код фабрика са централизованом базом података.

Интегрисане и координисане производне линије, ћелије, складишта и радна места са мануелним радњама чине једну паметну фабрику. Ако све елементе уклопимо у једну целину, добија се комплетни LASFA структурни модел паметне фабрике, слика 4. Он није ништа друго до скуп међусобно повезаних интеллигентних подсистема и објеката који заједно чине флексибилан технолошки систем чија способност самосталног функционисања временом расте.

Сензори инсталирани у реалним системима омогућавају формирање параметара стања процеса и њихову визуелизацију, на пример, укупна производња у предузећу, количина залиха сировина, број произведених комада, недостатке производног система, број делова који чекају на обраду, број радника на једној линији, број смена на одређеној линији, план дизајна производа итд. [3].

Модел LASFA укључује дигиталног агента који доноси одлуке, упркос чињеници да су сви дигитални агенти повезани. У тренутној фази развоја, агент за доношење одлука је још увек човек. У будућности се може очекивати да ће у случају производних процеса, где ће одлуке о побољшању процеса или плана производње морати да се доносе у реалном времену, човек бити замењен рачунаром и напредним паметним алгоритмима или вештачком интелигенцијом. Али апсолутни доносилац одлуке у управљању фабриком као кохерентним системом и даље треба да човек.

Са таквим приступом биће могуће да процес производње постане флексибилнији и агилнији, али ће одлуке о безбедности, као и одлуке важне у реалном животу доносити човек како би се осигурало стабилно функционисање производних процеса. У супротном, ако би апсолутни доносилац одлука био интелигентни рачунар, то би могло довести до неизвесности, нестабилности и несигурности производних процеса.

Оно што је такође важна одлика овог структурног модела јесте концепт даљинског приступа подацима паметне фабрике. Концепт омогућава приступ подацима путем интернета, чак и за саме купце. Сваки корисник може да приступи одређеним подацима унутар базе података на глобалном облаку преко безбедних интернет веза. Глобални облак може бити унутар или изван паметне фабрике. Запослени или клијенти, односно купци производа, могу да прате стање производа и провере ток производње. Идеја је да запослени у будућности могу, на захтев клијента, да промене конфигурацију производа током процеса производње (промена боје, компоненти и прибора, ако је то још увек могуће). Сва размена података врши се у реалном времену, тако да купци производа могу да прате производњу и монтажу производа [3].

3. ЗАКЉУЧАК

Комбинацијом теорије и праксе у овом раду може се јасно одредити разлика између Индустије 4.0 као футуристичког концепта и стварности. LASFA структурни модел паметне фабрике омогућава свим потенцијалним корисницима да схвате основе од којих се мора кренути ка потпуној аутоматизацији, оптимизацији и одрживости. Модел је много више

КОНФЕРЕНЦИЈЕ СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

38. Конференција одржавалаца Србије и 1. Конференција напредне технологије у функцији развоја привреде, Врњачка Бања, 01.06. – 03.06. 2022. године

практичан и погодан за визуелизацију од свих својих претходника. Емпиријски подаци из развијених индустријских земаља, сликовито описују технолошку и временску дистанцу од имплементирања нових технологија у реалне пословне моделе предузећа. Имајући то у виду, вероватно је да ће бити прилике за још много радова на ову тему, пре него што она потпуно преузме примат у стварном свету производње и пословања. Ипак, увек је добро почети са припремом на време.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] The smart factory responsive, adaptive, connected manufacturing - A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing enterprises, and digital supply networks, Deloitte University Pres, 2017,
- [2] IOST, Internet of Services. Proof of Believability <https://www.youtube.com/watch?v=UX1NenMTbN8>
- [3] Resman, M.; Pipan, M.; Simic, M.; Heraković N.: A new architecture model for smart manufacturing: A performance analysis and comparison with the RAMI 4.0 reference model, APEM journal, 2019
- [4] <https://blog.stackpath.com/distributed-system/>, јануар, 2022.