

ПОРЕЂЕЊЕ КОНЦЕПТУАЛНИХ И ТЕХНОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ИНДУСТРИЈЕ 4.0 И ИНДУСТРИЈЕ 5.0

Апстракт: У раду је извршена компаративна анализа карактеристичних аспеката двеју актуелних индустријских револуција – Индустије 4.0 и Индустије 5.0. Најпре је описан настанак и развој поменутих индустријских револуција, са освртом на њихове карактеристичне аспекте, предности и недостатке, а затим је представљен и концепт транзиције Индустије 4.0. ка Индустији 5.0 уз истицање аргумената зашто је наведени прелазак важан, као и сагледавање могућности и изазова имплементације Индустије 5.0. Уколико Индустија 5.0 буде имплементирана у пуном капацитету, омогућиће бољу аутоматизацију производних процеса, нудећи податке у реалном времену, али ће у исто време омогућити људима да раде заједно са машинама како би побољшали процесе и обезбедили персонализацију за купце. Без обзира на степен усвојености двеју актуелних индустријских револуција, следећа индустријска револуција би требало да буде подстакнута како информатичком технологијом, тако и бригом за одрживост животне средине.

Кључне речи: Индустија 4.0, Индустија 5.0, аутоматизација процеса, дигитална трансформација, роботизација

COMPARATION OF CONCEPTUAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0

Abstract: The paper presents a comparative analysis of the characteristic aspects of two current industrial revolutions – Industry 4.0 and Industry 5.0. First, the emergence and development of the aforementioned industrial revolutions are described, with a focus on their characteristic aspects, advantages and disadvantages, and then the concept of the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 is presented, highlighting the arguments why the transition is important, as well as examining the opportunities and challenges of implementing Industry 5.0. If Industry 5.0 is implemented at full capacity, it will enable better automation of production processes, offering real-time data, but at the same time will allow people to work together with machines to improve processes and provide personalization for customers. Regardless of the degree of adoption of the two current industrial revolutions, the next industrial revolution should be fueled by both information technology and concern for environmental sustainability.

Keywords: Industry 4.0, Industry 5.0, process automation, digital transformation, robotization

1. УВОД

Термин Индустрија 4.0 (четврта индустријска револуција) односи се на интеграцију аутоматизације и размене података у производњи. Индустрија 5.0 (пета индустријска револуција) представља нови концепт који се фокусира на сарадњу људи и машина. Циљ је стварање одрживих производа и услуга. Очекују се бројна технолошка унапређења у транзицији са Индустрије 4.0 на Индустрију 5.0. Компаније ће се вероватно све више ослањати на системе за самоучење како би процесе учинили још ефикаснијим и аутоматизованијим. Сарадња између људи и машина ће такође бити ојачана захваљујући напредним роботским системима и вештачкој интелигенцији. На пример, роботи могу преузети физички захтевне или опасне задатке док се људи користе као стручњаци за сложене одлуке и задатке надгледања. Поред тога, вероватно ће бити повећана употреба проширене стварности како би се индустријско одржавање или упутства за рад учинили интерактивнијим и интуитивнијим. Сва ова усавршења ће помоћи компанијама да брже реагују на променљиве тржишне услове и брже развијају иновативне производе (Breque Maija, De Nul Lars и Petridis Athanasios (2021)).

Важно је нагласити да увођење Индустрије 5.0 не значи да ће Индустрија 4.0 бити потпуно замењена, већ да ће бити допуњена и реинтерпретирана, представљајући нове изазове и могућности. Индустрија 4.0 је поставила темеље за значајне промене у производњи кроз аутоматизацију и дигитализацију, док Индустрија 5.0 проширује овај приступ интегришући људске елементе у технолошке процесе и дајући приоритет друштвеним циљевима као што су побољшање квалитета живота и смањење утицаја на животну средину (Kuzmin Evgeny, Rakhimova Guzalbegim, Nurmanov Ulugbek и Nasurova Kamolakhon (2024)). Из тог разлога, Индустрија 5.0 ће проширити предности индустрије 4.0 и помоћи да компаније буду још агилније и отпорније на будућност. Стога се предвиђа да ће Индустрија 5.0 укључити два кључна елемента која недостају, укључивање људи и одрживи развој. Поред тога, такође се очекује да ће обезбедити флексибилност и агилност коју индустрије захтевају да брзо одговоре на променљиве услове тржишта и преференције купаца (Abirami Raja Santhi и Padmakumar Muthuswamy (2023)). Други циљ је даље унапређење умрежавања и сарадње дуж целог ланца вредности, стварајући ближу везу између купаца, добављача и партнера. Важан аспект је и безбедност података, која мора бити још више гарантована у новом технолошком пејзажу. Индустрија 5.0 нуди компанијама у свим индустријама огромне могућности да остану успешне у све дигитализованијем свету и приступе новим тржиштима.

Аутоматизација је важна тема у Индустрији 4.0 и такође ће играти централну улогу у предстојећој Индустрији 5.0. Преко повезаних система и роботике, многи ручни задаци су аутоматизовани, штедећи време и трошкове и побољшавајући квалитет. Међутим, не ради се само о директној производњи, већ и о целом производном процесу, који се може оптимизовати кроз аутоматизацију. Читав производни процес се такође може оптимизовати путем опција аутоматизације, као што је аутоматско управљање залихама или спречавање поремећаја у производном процесу кроз предиктивно одржавање. Аутоматизација у контексту Индустрије 5.0 отвориће могућности компанијама у свим секторима

да остану успешне у све дигитализованијем свету и стекну конкурентске предности. Централни аспект је побољшање ефикасности и продуктивности.

Употреба вештачке интелигенције такође ће постати све важнија у Индустрiji 5.0 јер не само да побољшава комуникацију човека и машине, већ и чини процесе доношења одлука у компанијама ефикаснијим. На пример, алгоритми за самоучење могу се користити за оптимизацију производних процеса или побољшање квалитета производа. Она такође може бити од велике користи у предиктивном одржавању, које укључује проактивно одржавање машина и опреме. Анализом података и коришћењем метода машинског учења, кварови машина могу се рано открити и могу се покренути одговарајуће противмере. Сензори и интелигентна производна технологија играју важну улогу у умрежавању дуж целог ланца вредности, чиме се олакшава сарадња између купаца и добављача и промовише ефикасан и циљани рад. Напредна дигитализација и умрежавање производње омогућавају компанијама да се прилагоде изазовима променљивог тржишта и припреме за предстојећу Индустрију 5.0.

Са појавом робота и умрежених система, ручни рад се може све више аутоматизовати, што не само да штеди време и трошкове, већ доприноси и побољшању квалитета производа. У комбинацији са вештачком интелигенцијом и методама машинског учења, компаније у Индустрiji 5.0 тако могу даље да аутоматизују и оптимизују пословне процесе како би постигле конкурентску предност.

Појава Индустрije 5.0 представља велику трансформацију у домену индустријске производње, коју карактерише блиска интеграција између напредних дигиталних технологија и производних процеса. Ова транзиција укључује не само технолошке промене, већ и значајна организациона прилагођавања заснована на организационој зрелости компанија (Chakir Aziza и Mnouni Meryem (2024)). Још једна важна предност Индустрije 5.0 је побољшање квалитета производа и услуга. Компаније које се већ припремају и улажу у ове развоје могу не само да стекну одлучујућу конкурентску предност, већ и да створе основу за производњу оријентисану на будућност. Коришћењем роботике и напредних производних техника, опозив производа се може свести на минимум, што има позитиван утицај на задовољство купаца.

Индустрија 5.0 не користи само компанијама, већ и запосленима. Производња оријентисана на будућност која се ослања на дигиталне технологије на тај начин ствара већу отпорност и одрживост у радном окружењу. Компаније које се већ припремају и улажу у ове развоје на тај начин постављају темеље за дугорочни успех и конкурентску предност.

2. СЛИЧНОСТИ ИНДУСТРИЈА 4.0 И 5.0

Индустрија 4.0 и Индустрiji 5.0 деле сличности у погледу примене напредних технологија, међусобног повезивања и дигитализације, персонализације и флексибилне производње.

Индустрија 5.0 је још увек у раној фази и развија се концептуално и методолошки од стране истраживача и практичара. Са становишта концептуалног развоја, Индустрiji 5.0 се не посматра као драстична технолошка револуција у односу на Индустрiji 4.0, већ помера нагласак са технологије на напредак

нових технологија вођеног људског и друштвеног раста али тако да технологије Индустије 4.0 настављају да буду кључни покретачи технологије за паметну логику Индустије 5.0. На пример, транзиција паметне логистике и даље даје приоритет дигиталним близанцима, Интернету ствари, вештачкој интелигенцији, аналитици великих података и симулацији (Moeti Michael (2024)). Кључни циљеви Индустије 5.0 су смањени трошкови због ефикасности ресурса, побољшана безбедност и добробит, оснажени радници који остају у контроли, конкурентска предност на новим тржиштима, прилагођена обука за развој вештина и конкурентна индустрија привлачењем најбољих талената (He Manbo и Chand Badr-un-nisa, (2024)). С једне стране, Индустрија 5.0 је фокусирана на вештине, знања и способности радника да сарађују са машинама и роботима, а са друге стране, на флексибилности у производним процесима и утицају на животну средину.

Неке од најзначајнијих сличности између Индустије 4.0 и Индустије 5.0 су: Аутоматизација и најсавременија технологија - Индустија 4.0 и Индустија 5.0 се фокусирају на коришћење најсавременијих технологија за побољшање индустријских процеса. Ове технологије олакшавају повезивање и комуникацију између машина и система, што повећава ефикасност и продуктивност.

Интерконекција и дигитализација - Оба модела индустрије имају мисију да међусобно повежу индустријске системе и процесе. Дигитализација је кључни елемент јер омогућава претварање аналогних информација у дигиталне податке како би се поједноставило њихово складиштење, анализа и даља употреба. Персонализација и флексибилна производња - Персонализација у производњи је суштинска карактеристика и Индустије 4.0 и Индустије 5.0. Док Индустија 4.0 прибегава флексибилним, модуларним системима, Индустија 5.0 подиже персонализацију на следећи ниво, где људи и роботи раде заједно да би произвели производе који задовољавају индивидуалне потребе купаца.

Компаније морају бити у стању да подрже и предузму кораке које ће довести до успешног пословања у будућности. Неке компаније и даље раде на имплементацији елемената Индустије 4.0 и још нису чули за Индустију 5.0. Тај гарантовани успех долази тек када компаније иновирају своје процесе, реагују на промене на тржишту и тако буду у могућности да обезбеде квалитетне производе и услуге према захтевима купаца (Laura Lachvajderová и Jaroslava Kádárová, (2022)).

3. РАЗЛИКЕ ИНДУСТРИЈА 4.0 И 5.0

Индустрија 4.0 и Индустија 5.0 поред сличности имају мноштво фундаменталних разлика у погледу приоритета. С обзиром на то да су усмереност на човека, отпорност и одрживост главне покретачке снаге иза успеха Индустије 5.0, од кључне је важности напоменути да радно интензивна област логистике еволуира ка хармоничнијој равнотежи друштвене, еколошке и економске одрживости. На пример, Индустија 4.0 у оквиру револуције паметне логистике настоји да замени људске оператере новим технологијама уз повећање продуктивности. Насупрот томе, Индустија 5.0 ставља већи нагласак на еколошке и људске компоненте, при чему се нова технологија користи за повећање, а не

за замену људских оператера, што резултира побољшаном производњом робе која је веома прилагођена. Међутим, уместо да омета ову паметну транзицију, требало би је преусмерити на побољшање кохерентности друштвене, еколошке и економске одрживости у Индустрији 5.0. Индустрија 4.0 има за главни циљ искључиво успех технолошке основе и аутоматизације. Међутим, Индустрија 5.0, ставља фокус на сарадњу људи и робота, сарадњу између робота, система за сарадњу људи и машина и друге методе унапређења људске технологије и интерактивног окружења, као и интеграцију најновијих технологија у паметне индустријске операције (Moeti (2024)).

Као и између прве три индустријске револуције, постоје, не толико велике али ипак значајне промене између Индустрије 4.0 и 5.0:

- Четврту револуцију покренуле су технолошке промене, пету ће покренути вредности. Уместо да иновирају како би створили профитабилан и ефикасан производни процес, нови сајбер системи ће учинити производњу одрживијом, оријентисаном на људе и отпорнијом.
- Са појавом Интернета ствари, веће аутоматизације и вештачке интелигенције, повезаност између машина била је у фокусу Индустрије 4.0. Насупрот томе, Индустрија 5.0 ће дати приоритет већој сарадњи између људи и машина путем сајбер-физичких система и технологија.
- Индустрија 5.0 ће индустријску производњу акцентovati више на људе, и имаће повећан фокус на потребе купаца. Од стварања отпорнијег ланца снабдевања до стварања интерактивних производа и побољшања укупног корисничког искуства.
- Индустрија 4.0 има као један од својих стубова повезивање машина, чинећи процесе аутоматизованијим. С друге стране, Индустрија 5.0 је посвећена корисничком искуству, које често треба посматрати појединачно и персонализовано.

У Индустрији 4.0 производи морају бити интелигентни, са лаким праћењем током процеса производње. У верзији 5.0, главни циљ је да производи, дизајнирани за корисничко искуство, буду у комбинацији са технологијом.

Радна снага у Индустрији 4.0 би требало да буде далеко од фабрика или је то барем циљ када се имплементирају њени стубови. У Индустрији 5.0, напротив, радна снага је потребна унутар фабрика да би се људски фактор укључио у процесе.

Својим концептом Индустрије 5.0, Европска комисија покушава да надокнади неке од слабости концепта Индустрије 4.0. Разлика између овог концепта и Индустрије 4.0 не лежи у технологијама које омогућавају, које се не разликују много од оних посвећених Индустрији 4.0. Уместо тога, разлика се односи на друге аспекте, као што је резимирала Експертска група за економски и друштвени утицај истраживања и иновација (ESIR) у оквиру своје трансформативне визије за Европу (Табела 1).

Табела 1. Разлике између Индустрије 4.0 и Индустрије 5.0 (извор: Schröder Antonius Johannes, Cuypers Mathias и Götting Adrian (2024))

Индустрија 4.0	Индустрија 5.0
- Усредсређена на побољшану ефикасност путем дигиталне повезаности и вештачке интелигенције. - Технологија усредсређена на појаву сајбер-физичких циљева. - Усклађена са оптимизацијом пословних модела у оквиру постојеће динамике тржишта капитала и економских модела, усмерена на минимизацију трошкова и максимизацију профита за акционаре. - Усклађена са оптимизацијом пословних модела у оквиру постојеће динамике тржишта капитала и економских модела, тј. у крајњој линији и усмерена на минимизацију трошкова и максимизацију профита за акционаре.	- Осигурава оквир за индустрију који комбинује конкурентност и одрживост, омогућавајући индустрији да оствари свој потенцијал као једног од стубова трансформације. - Наглашава утицај алтернативних начина (технолошког) управљања. - Оснажује раднике коришћењем дигиталних уређаја, подржавајући технологије усмерене на човека. - Гради транзиционе путеве ка еколошки одрживој употреби технологије. - Проширује делокруг одговорности корпорације на све ланце вредности. - Уводи индикаторе који показују, засваки индустријски екосистем, напредак постигнут на путу ка благостању, отпорности и свеукупној одрживости

4. УПОРЕДНА АНАЛИЗА КАРАКТЕРИСТИКА ИНДУСТРИЈА 4.0 И 5.0

Индустрија 4.0 је још увек нова за многе компаније али за компаније које већ у њој то значи да су почеле да интелигентно користе технологију. На тај начин цело тржиште постаје конкурентније, продуктивније и ефикасније. Како наводе Breque, De Nuli i Petridis (2021), поред фокусирања на то да фабрика буде потпуно аутоматизована вештачком интелигенцијом и другим технологијама, потребно је размишљати и о другим аспектима: како ујединити рад људи и робота за боље и персонализоване резултате.

Индустрија 5.0 је нова фаза након Индустрије 4.0, и зато имају веома различите стубове и концепте. Индустрија 4.0 заснована на стубовима који укључују мноштво технологије, аутоматизације и анализе података, док Индустрија 5.0 у већој мери разматра прилагођавање и иновације у индустријској производњи. Индустрија 4.0 има као један од својих стубова повезивање машина, чинећи процесе аутоматизованијим. С друге стране, Индустрија 5.0 је посвећена корисничком искуству, које често треба посматрати појединачно и персонализовано. У Индустрији 4.0 производи морају бити интелигентни, са лаким праћењем током процеса производње. У верзији 5.0, главни циљ је да су производи дизајнирани за корисничко искуство у комбинацији са технологијом. Све свеснији потрошачи такође доприносе овој трансформацији. Генерално, могуће је поменути два велика изазова за имплементацију Индустрије 5.0. Први од њих је онај који такође блокира индустрије да имплементирају верзију 4.0, која улаже у технологију. Иако је фокус индустрије 5.0 много више на људском фактору, улагање у технологију остаје важно. Други велики изазов је обука запослених, поготово када говоримо о професионалцима који теже разумеју и суочавају се са савременим светом који се мења. Да би сви могли да се прилагоде, неопходно је да компаније спроводе обуку и обезбеде доста праксе за запослене.

Индустрија 4.0 и Индустија 5.0 деле сличности у погледу примене напредних технологија, међусобног повезивања и дигитализације, персонализације и флексибилне производње: И Индустија 4.0 и Индустија 5.0 се фокусирају на коришћење најсавременијих технологија за побољшање индустријских процеса. Ове технологије олакшавају повезивање и комуникацију између машина и система, што повећава ефикасност и продуктивност. Оба модела индустрије имају мисију да међусобно повежу индустријске системе и процесе. Персонализација у производњи је суштинска карактеристика и Индустије 4.0 и Индустије 5.0. Док Индустија 4.0 прибегава флексибилним, модуларним системима, Индустија 5.0 подиже персонализацију на следећи ниво. Доприносом флексибилнијем и агилнијем производном процесу где људи и роботи раде заједно да би произвели производе који задовољавају индивидуалне потребе купаца. Ефекат компоненти технологија Индустије 4.0 је од великог значаја за унапређење и побољшање организационих перформанси предузећа, нудећи бројне предности, као што су квалитет производа, бржи и ефикаснији производни процеси, персонализована производња и смањени трошкови (Duman Meral Calış и Akdemir Bunyamin, (2021)). За разлику од Индустије 4.0, Индустија 5.0 храбро помера фокус са појединачних технологија на систематски приступ. Међутим, постоје неке циљане технологије Индустије 5.0 које захтевају пажњу, као што су биотехнологије и технологије за енергетску ефикасност, складиштење и обновљиву енергију.

Укратко, док Индустију 4.0 карактерише интеграција напредних технологија за аутоматизовану и ефикасну производњу, Индустија 5.0 иде корак даље наглашавајући сарадничко партнерство између људи и машина, промовишући приступ индустрији који је више фокусиран на људе и прилагодљив (табела 2).

Табела 2. Поређење карактеристика Индустије 4.0 и 5.0

Карактеристике	Индустрија 4.0	Индустрија 5.0
Фокус на аутоматизацију	Интеграција дигиталних технологија и оптимизација производних процеса. Стварају се „паметне фабрике“ где машине комуницирају и самостално доносе одлуке.	Колаборативна и кооперативна аутоматизација. Индустија 5.0 наглашава сарадњу између људи и машина, препознајући јединствене снаге оба у производном окружењу.
Приступ усредсређен на човека	Људи играју улогу у надгледању и управљању аутоматизованим процесима, али нагласак је на ефикасности кроз технологију. Сарадња људи и машина постоји, али може бити ограничена.	Фокус је више усмерен на човека, са акцентом на људске вештине, креативност и емоционалну интелигенцију. Машина и вештачка интелигенција подржавају раднике уместо да их замењују.
Улога технологије	Технологија као што су IoT, AI, аналитика великих података и сајбер-физички системи су централни. Циљ је да се створи високоповезано и производно окружење вођено подацима за побољшање ефикасност и доношење одлука.	Наставља да користи напредне технологије, али са акцентом на коришћење технологија за повећање људских способности. Сарадња између људи и машина је олакшана кроз технологије као што су колаборативни роботи и напредна AI.

Флексибилност и прилагодљивост	Креирање флексибилних и прилагодљивих производних процеса користећи податке и повезаност у реалном времену. Системи се могу прилагодити променљивим условима на основу аутоматизованих повратних информација.	Проширује концепт прилагодљивости наглашавајући флексибилност људских радника. Сарадња између људи и машина омогућава боље и прилагодљивије производно окружење
Доношење одлука	Доношење одлука је често аутоматизовано и ослања се на алгоритме и аналитику података ради оптимизације процеса. Људи су укључени у доношење одлука и стратешко планирање на вишем нивоу.	Доношење одлука укључује ближу сарадњу између људи и машина. AI и машинско учење подржавају људе који доносе одлуке, комбинујући увиде засноване на подацима са људском стручношћу.
Добробит запослених и развој вештина	Иако су вештине запослених од суштинског значаја, примарни фокус је на искоришћењу технологије за ефикасност. Добробит запослених можда није примарни фактор.	Препознаје важност неговања људског потенцијала и стварања радног окружења које вреднује креативност, решавање проблема и емоционалну интелигенцију.

4.1. Упоредна анализа коришћења технологија

Један од кључних аспеката Индустрије 5.0 је употреба колаборативних робота како би се смањили ризици. Ови роботи могу да примете, разумеју и осете човека оператера, као и циљеве и очекивања задатака који се обављају. Од ових робота се очекује да посматрају и науче како човек обавља задатак и да помогну људским оператерима да изврше тај задатак. У Индустрији 5.0, напредне ИТ технологије, Интернет ствари, роботи, вештачка интелигенција и проширена стварност се активно користе у индустрији за добробит и погодност људских радника. Индустрија 5.0 препознаје способност индустрије да одговори на друштвене изазове који превазилазе запошљавање и развој, да постане одржив извор развоја, чинећи производњу свесном ограничења наше планете и дајући приоритет здрављу запослених. Да би постао систем од поверења, за људе који траже задовољавајућу и здраву каријеру, Индустрија 5.0 промовише надоградњу технологије која је потребна овој индустрији. Она даје приоритет добробити радника и користи нове технологије за стварање богатства које превазилази запошљавање и раст, поштујући границе планете. Он оснажује раднике и испуњава њихове променљиве вештине и захтеве за обуком. У табели 3 дат је пример поређења коришћења основних технологија у оквиру Индустрије 4.0 и Индустрије 5.0.

Табела 3. Поређење коришћења основних технологија у оквиру Индустрије 4.0 и Индустрије 5.0. (извор: Yevsieiev Vladyslav и Gurin Dmytro (2023))

Параметар	Индустрија 4.0	Индустрија 5.0
Циљ	Главни фокус је на паметној производњи, оптимизацији система и ланцу снабдевања	Фокус на одрживост, управљање животном средином, усредсређеност на човека и друштвену корист
Системски приступи	Праћење података у реалном времену, интегрисани ланци животног циклуса	Усвајање етичких, хуманистичких и друштвено оријентисаних технологија, као и примена принципа ефикасности логистике
Људски фактори	Главни фокус је на људској поузданости, интеракцији са рачунаром и оптимизацији покрета који се понавља	Јачање безбедности и управљања особљем, фокусирање на образовање и обуку запослених
Имплементација технологија и концепата	Рачунарство у облаку, интернет ствари, велики подаци, дигитализација, аутоматизација, сајбер-физички системи и друге сродне технологије	Технологије које олакшавају интеракцију човека и машине, колаборативни роботи, системи за подршку одлучивању и друге сличне технологије
Последице по животну средину	Побољшање ефикасности, спречавање отпада кроз адитивну производњу и анализу података, али уз повећану потрошњу материјала и енергије	Нагласак на превенцији отпада и рециклажи, коришћењу обновљивих извора енергије, паметних сензора

Опште тренутно стање разумевања Индустрије 5.0 описује је као покрет за враћање људског учешћа у производњу због жеље потрошача за масовном персонализацијом. Ово схватање значи да производи Индустрије 5.0 пружају потрошачима могућност да испуне своју жељу да се изразе, и они ће за то платити више (Kováčiková Martina и Repková Štofková Katarina, (2018)).

4.2. Утицај коришћења технологија при индустријским трансформацијама

Индустрија 5.0 наглашава примену еколошки прихватљивих производних система који су усредсређени на људе промовишући добробит и оснаживање радне снаге коришћење флексибилне и прилагодљиве технологије. Технологије у Индустрији 5.0 су агилне и отпорне и нуде одрживи развој уз праћење глобалних и иновационих промена. Може се рећи да се Индустрија 5.0 заснива на интеграцији принципа четири П, људи, планете, профита и процеса. Иако је Индустрија 5.0 још увек нов концепт, а технологије које се у њој користе и даље се развијају и усавршавају, она има велику вредност и за предузеће и за друштво у целини. Од увођења низа еколошки прихватљивих технологија до понуде флексибилности кроз прилагођавање и персонализацију, од решавања проблема безбедности на радном месту до повећања ефикасности производних процеса, Индустрија 5.0 обећава значајан утицај на будућност човечанства и планете (He и Chand, (2024)). Један од важних покретача је персонализовани

производ, где купци учествују у дизајну и производњи производа ради прилагођавања производа сопственим потребама. Други покретачи потичу из неспособности малих и средњих предузећа (МСП) да имплементирају приступе Индустије 4.0 и Индустије 5.0. Нове технологије захтевају велика улагања и знање о томе како их користити и интегрисати у постојећа окружења да би се постигли најбољи резултати у производњи. Кључни покретачи се интензивно проучавају последњих година у контексту напретка индустрије. На слици 1 су приказане трансформације кроз парадигме према битним учесницима и сегментима индустрија (Crnjac Zizic Marina, Mladineo Marko, Gjeldum Nikola и Celent Luka, (2022)).



Слика 1. –Индустријске трансформације кроз парадигме (извор: Crnjac Zizic Marina, Mladineo Marko, Gjeldum Nikola и Celent Luka (2022))

За разлику од Индустије 4.0, Индустија 5.0 није револуција вођена технологијом, већ иницијатива вођена вредностима која покреће технолошку трансформацију са одређеном сврхом. Индустија 5.0 представља неке јединствене изазове који нису примењивани у претходном периоду, као што су друштвена хетерогеност, стварање еколошких и друштвених вредности, интеграција од купаца преко читавих ланаца вредности до малих и средњих предузећа, политика иновација оријентисана на екосистем са агилном оријентацијом на исход, повећање продуктивности уз велика улагања (Xun Xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser и Lihui Wang (2021)).

Стога је важно да будућа емпиријска истраживања покажу од колико великог је значаја усвајање ових индустријских трансформација. Програми истраживања карактеристика Индустије 4.0 и Индустије 5.0 морају укључити могућности истраживања везане за инжењерске, техничке, технолошке, организационе, менаџерске, индивидуалне, економске, друштвене и културне аспекте (Susana Garrido, Jorge Muniz Jr. и Vagner Batista Ribeiro (2024)). Али и исто тако ана-

лизирати њихове утицаје на заинтересоване стране током процеса дигиталне трансформације.

5. ЗАКЉУЧАК

Пета индустријска револуција ће се у потпуности реализовати када се њена три главна елемента – интелигентни уређаји, интелигентни системи и интелигентна аутоматизација – потпуно споје са физичким светом у даљој сарадњи са људском интелигенцијом. Термин „аутоматизација“ описује аутономне роботе као интелигентне агенте који сарађују са људима у исто време, у истом радном простору. Поверење и поузданост између ове две стране ће постићи обећавајућу ефикасност, беспрекорну производњу, минималан отпад и прилагодљиву производњу, што ће коначно побољшати ефикасност процеса.

Може се закључити да Индустрија 5.0 представља трансформативну парадигму у производњи, коју карактерише заједничка интеграција људи и напредних технологија. Еволуција од индустрије 1.0 до индустрије 5.0 показује напредак ка интелигентнијим, прилагодљивијим производним системима који су усмерени на људе. Индустрија 5.0 се гради на темељима индустрије 4.0 наглашавајући симбиотски однос између људи и машина. Она препознаје јединствене снаге људске креативности, способности решавања проблема и емоционалне интелигенције, позиционирајући их као интегралне компоненте производног процеса поред напредних технологија. Наглашава употребу паметних технологија и колаборативне роботике. Ово ће довести до тога да се механички, опасни, рутински задаци пренесу на машине које ће интегрисати способности око вештачке интелигенције. На овај начин, људско биће може имати више времена да ове задатке доведе до задовољавајућег закључка који само разум може да изврши, стварајући уравнотежено радно окружење. Са развојем инжењерства и технологије, питања етике у коришћењу роботике и неуротехнологије и будућности човечанства и робота постају све актуелнија. Очигледно је да смо на прагу транзиције са Индустрије 4.0 на Индустрију 5.0, што потврђује и померање акцената са аутоматизације и дигитализације на развој људске интелигенције и прилагођавање производа, стварање јединствених производа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Breque, Maija. De Nul, Lars. Petridis, Athanasios. 2021. "Industry 5.0, Towards a Sustainable, Humancentric and Resilient European Industry", *European Commission, Directorate-General for Research and Innovation*, Brussels.
2. Chakir, Aziza. Mnouni, Meryem. 2024. „Exploring the Impact of Industry 5.0 on Organizational Maturity." *Industry 5.0 and Emerging Technologies. Studies in Systems, Decision and Control*, Springer, vol 565, pp. 297-314. DOI:https://doi.org/10.1007/978-3-031-70996-8_15
3. Crnjac Zizic, Marina. Mladineo, Marko. Gjeldum, Nikola. Celent, Luka. 2022. „From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology." *Energies*, 15(14), 5221. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15145221>
4. Duman, Meral Calış. Akdemir, Bunyamin. 2021. „A study to determine the effects of industry 4.0 technology components on organizational performance." *Technological Forecasting and Social Change*, 167 (4). DOI:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120615>
5. Elektrotehniška revija, Industrija 5.0, Gorazd Rakovec <https://elektrotehniska-revija.si/industria-5-0/>, (приступљено 16. фебруара 2025. г.)

6. Garrido, Susana. Muniz Jr., Jorge. Batista Ribeiro, Vagner. 2024. „Operations Management, Sustainability & Industry 5.0: A critical analysis and future agenda.” *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10(1), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100141>
7. He, Manbo. Chand, Badr-un-nisa. 2024. „Industry 5.0, Future of Workforce Beyond Efficiency and Productivity.” *Innovation, Sustainability, and Technological Megatrends in the Face of Uncertainties. Future of Business and Finance*, Springer, pp. 23-40. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46189-7_2
8. Kováčiková, Martina. Repková Štofková, Katarina. 2018. „Comparison of the Industry 4.0 Concept in Selected Countries in the Period of Globalization.” *CBU International Conference on Innovations in Science and Education*, March 21-23th, Prague, Czech Republic, 6, pp. 253-259. DOI: <https://doi.org/10.12955/cbup.v6.1165>
9. Kuzmin, Evgeny. Rakhimova, Guzalbegim. Nurmanov, Ulugbek. Nasurova, Kamolakhon. 2024. „Transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0: An Overview of Co-Evolution.” *The Future of Industry. Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, Springer, vol 70., pp. 21-37. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-66801-2_3
10. Lachvajderová, Laura. Jaroslava Kádárová. 2022. „Industry 4.0 Implementation and Industry 5.0 Readiness in Industrial Enterprises.” *Management and Production Engineering Review*, 13(3), pp. 102-109. DOI: [10.24425/mp.er.2022.142387](https://doi.org/10.24425/mp.er.2022.142387)
11. Moeti, Michael. 2024. „The Impact of Cybersecurity on Industrial Operations Caused by Digital Transformation from Industry 4.0 to Industry 5.0.” *The Role of Cybersecurity in the Industry 5.0 Era*, pp. 1-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.114961>
12. Santhi, Abirami Raja. Muthuswamy, Padmakumar. 2023. „Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies.” *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM)*, 17, pp. 947-979. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>
13. Schröder, Antonius Johannes. Cuypers, Mathias. Götting, Adrian. 2024. „From Industry 4.0 to Industry 5.0: The Triple Transition Digital, Green and Social.” *Industry 4.0 and the Road to Sustainable Steelmaking in Europe, Recasting the Future*. Springer Nature Switzerland AG, pp. 35-51. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35479-3_3
14. Xu, Xun. Lu, Yuqian. Vogel-Heuser, Birgit. Wang, Lihui. 2021. „Industry 4.0 and Industry 5.0 - Inception, conception and perception” *Journal of Manufacturing Systems*, 61, pp. 530-535. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
15. Yevsieiev, Vladyslav. Gurin, Dmytro. 2023. „Comparative Analysis of the Basic Methods Used in Industry 4.0 and Industry 5.0.” *IV International Scientific and Practical Conference*, September 29th, Bologna, Italy, pp. 113-115. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>

ЗАХВАЛНИЦА

Истраживања prezentovana у овом раду су делимично финансирана средствима Министарства просвете, науке и технолошког развоја РС, уговор бр. **451-03-136/2025-03/200132** чији је реализатор Факултет техничких наука у Чачку – Универзитета у Крагујевцу.