

СИНЕРГИЯТА МЕЖДУ ХОРА И МАШИНИ - НОВ ЕТАП В РАЗВИТИЕТО НА ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ ПРОЦЕСИ

д-р Делян Лазаров
Бургаски свободен университет

SYNERGY BETWEEN HUMANS AND MACHINES - A NEW STAGE IN THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION PROCESSES

Delyan Lazarov, PhD
Burgas Free University

***Abstract:** As digitalization and automation become increasingly integrated into all spheres of society, new theories concerning the future socio-economic development of humanity continue to emerge. One such concept is Industry 5.0, which emphasizes the effective collaboration between humans and machines. The Fifth Industrial Revolution does not represent a stage that replaces Industry 4.0 but rather its evolutionary continuation, acknowledging the potential for designing business processes that account for the interests of all stakeholders—investors, employees, consumers, and the natural environment.*

This new industrial paradigm conceptualizes innovation as a means of achieving sustainability, shifting the focus from technological progress to human well-being and positioning human centricity as the core principle of Industry 5.0. It proposes a reorientation from a technology-driven to a human- and nature-centered approach, in which human needs are placed at the heart of production processes to ensure sustainable development through a harmonious balance between environmental, economic, and social dimensions.

Within the context of the Fifth Industrial Revolution, sustainability also emerges as a critical consideration for entrepreneurs, who must adapt their business goals and strategies to remain competitive while redefining the roles of employees and machines in organizational structures and production systems.

Keywords: Industry 5.0, Artificial Intelligence, Automation, Digital Transformation, Robotics, Industrial internet of things

ВЪВЕДЕНИЕ

През 2011 г. на компютърно изложение в Хановер (Германия) е стартирана инициативата „Индустрия 4.0“, получила впоследствие широка международна популярност. Визията за четвъртата индустриална революция включва преход към напълно автоматизирано цифрово производство на база на киберфизически системи, заместване на работниците с роботи и интелектуални системи, надхвърлящи границите на предприятията. Но само след 6 години, отново на изложение в Хановер през 2017 г. се появява концепция „Индустрия 5.0“, призвана да компенсира и минимизира рисковете и ключовите проблеми на „Индустрия 4.0“, а конкретно изместването на човека от икономическия живот, заплахата за екологичната безопасност и опазването на околната среда, отсъствието на баланс между различните аспекти на икономиката, рязката социална диференциация, високата социална нестабилност и размиване на



границите между работата и ежедневиия живот. Роботизираната механистична реалност „Индустрия 4.0“ постепенно се заменя от хуманистичните тенденции на една социоцентрична, екологична и устойчива система, основана на взаимодействието между хората и машините, в която хората играят ролята на творчески участници, подпомагани от сътруднически си партньори – роботи. Цифровата екосистема замества класическата фирма, което създава както нови възможности за икономическо развитие, така и нови рискове по отношение на цифровото монополизиране на виртуалните индустрии. Постигането на оптималният баланс между рентабилност и устойчивост изисква задълбочено разбиране на характеристиките на „Индустрия 5.0“.

„ЕВОЛЮЦИОНЕН“ ПРЕХОД ОТ „ИНДУСТРИЯ 4.0“ КЪМ „ИНДУСТРИЯ 5.0“

Появата на концепцията за петата индустриална революция по същество означава осъществяването на когнитивен преход от киберфизическите системи от „Индустрия 4.0“, към интелектуалните киберсоциални екосистеми като обект на „Индустрия 5.0“.

Терминът киберфизическа система е използван за първи път през 2006 г. в статия „Cyber-Physical Systems Engineering: The Advanced Power Grid“ (McMillin, Gill, Crow, Liu, Niehaus, Potthast и Tauritz, 2006). Това са «умни системи», които включват интерактивни инженерни връзки от физически и комуникационни компоненти. Връзката между киберфизическите системи и Internet of Things се явява основата на концепцията „Индустрия 4.0“. Промислените киберфизически екосистеми определят трансформацията на производствените отношения на участниците в промислените екосистеми на база хармонично съвместно съществуване и експлоатация на традиционни и цифрови производствени модели като звена на интегрирана система, взаимодействайки си в режим на реално време и обезпечавачи оптимизация на реалните процеси и прогнозното състояние. „Умната“ киберфизическа система обединява различни източници на данни (както физически обекти, така и виртуални компоненти) и използва интелектуални модели за ефективно управление на реалните процеси (Delicato, Al-Anbuku и Wang, 2020).

Човешката киберфизическа система – това е система от взаимосвързани системи (компютри, устройства и хора), взаимодействащи в реално време, работейки заедно за постигане на целите на системата, които в крайна сметка се явяват цели на хората (Liu и Wang, 2020).

Като резултат от реализацията на „Индустрия 4.0“ и като основание за възникване на „Индустрия 5.0“ е появата на нови обекти, а именно интелектуалните киберсоциални екосистеми, използващи развиващи се цифрови технологии в рамките на киберфизическите системи в съчетание с човешкия и изкуствения интелект. Киберсоциалните екосистеми позволяват да се определи влиянието на киберфизическите системи на човека и обратно. Киберсоциалната система се състои от компютърни системи, управляван обект и взаимодействащи си социални компоненти (например хора). Това позволява да се управлява физически обект с помощта на изчисления и социални данни за достигане на морални цели и облачно онлайн управление на социални процеси (Zhong, Wang, Chen, Xia и Min, 2020).

От друга страна, Yilma, Panetto и Naudet установяват, че киберсоциалната система се състои не само от киберпространство и физическо пространство, но също и от човешките знания, умствени способности и социокултурни елементи. Според цитираните автори, информацията от киберпространството взаимодейства с физическото и менталното пространство на реалния свят, а също и с изкуствено пространство, изобразяващо различните граници на реалния свят (Yilma, Panetto и Naudet, 2019).

Киберсоциалната система се явява разширение на киберфизическата система и Internet of Things, формирана чрез внедряване на социалното поведение на човека, което способства за синергитично взаимодействие между компютъра и човешкия опит. По този начин, интеграцията на събиращите Big Data, организаторите на поддръжката и ползвателите, позволява да се създаде единна структура на изчисления, ориентирани на данните (Shen, Xu, Zhang, 2020).

Киберсоциалната система е парадигма, възникваща в резултат развитието на технологиите в киберфизическите и киберсоциалните системи за обезпечаване на интелектуално взаимодействие между киберфизическите и киберсоциалните пространства, където киберфизическата екосистема включва в себе си комуникационни, мултимедийни, развлекателни и бизнес устройства, а киберсоциалната се отнася към социалните мрежи (Mendhurwar и Mishra, 2021).

Социалната киберфизическа система си взаимодейства тясно с човешката област и околната среда, работейки в съответствие с очакванията на хората, съобществата и обществото при ограничения и условия, налагани от обкръжаващата среда (Xu, Su, и Yu, 2018).

Киберфизическата производствена система на човека – това е общата архитектура с контур на управление, адаптивни автоматизирани системи за управление и човеко-машинно взаимодействие за поддръжане на взаимодействието между хората, машините и програмното обезпечение във виртуалния и физическия свят с цел създаване на производствени системи, ориентирани към човека (Zolotová, Papcun, Kajátí, Miškuf и Моснеј, 2020).

Отличието между „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ се явява използването на природния, естествения интелект и творчески потенциал на човека в колаборация с ефективните и точните, «умни» кибернетични системи на основата на изкуствен интелект за получаване на специализирани, индивидуални и ефикасни производствени решения (Hulten, 2019). „Индустрия 4.0“ може да се представи като повече технологична, а бъдещата „Индустрия 5.0“ като повече ценностна (Austin и Withers, 2020). Ядрото на петата индустриална революция се явява не просто икономическия растеж и създаването на работни места, но и достигане на етични обществени цели, устойчиво благосъстояние на цялото човечество и на всеки отделен индивид с отчитане на границите на възможностите на планетата (Breque, De Nul и Petridis, 2021).

„Индустрия 5.0“ връща човешката работна сила в заводите, където човек и машина работят заедно за повишаване ефективността на процеса за сметка на използване силата на мозъка и творческия потенциал на човека, посредством интеграция на производствени процеси с интелектуални системи (Nahavandi, 2019).

„Индустрия 5.0“ обединява изменящите се силни страни на киберфизическите производствени системи и човешкия интелект за създаване на синергитични фабрики (Longo, Padovano и Umbrello, 2020).

„Индустрия 5.0“ – това е векът на социалната умна фабрика, в която колаборативните работи (коботи) си общуват с хората, Социалната умна фабрика използва корпоративните социални системи за обезпечаване на непрекъснатата връзка между хората и компонентите на киберфизическите производствени системи (Koch, van Amstel, Dębska, Thormann, Tetzlaff, Vøgh и Chrysostomou, 2017).

Според Европейския съюз „Индустрия 5.0“ „предоставя визия за промишлеността, която се стреми да надхвърли ефективността и производителността като единствени цели и засилва ролята и приноса на промишлеността за обществото“ и „поставя благосъстоянието на работника в центъра на производствения процес и използва но-



вите технологии, за да осигури просперитет отвъд работните места и растежа, като същевременно защита производствените ограничения на планетата“. «Индустрия 5.0» допълва „Индустрия 4.0“, като „специално поставя научните изследвания и иновациите в услуга на прехода към устойчива, ориентирана към човека и резистентна европейска индустрия“.

Общата конструкция за „Индустрия 5.0“, представена в литературния преглед е следната – киберсоциалната система представлява среда, в която съществуват хора и умни устройства, намиращи се в постоянно виртуално и физическо взаимодействие. В киберфизическата екосистема в „Индустрия 4.0“ хората се разглеждат в качеството на външен за системата източник на информация за киберфизическите системи, т.е. „датчици“ (човека като сензор). В киберсоциалната екосистема на „Индустрия 5.0“, човекът се превръща в непосредствен компонент на екосистемата. Конструкция на „Индустрия 5.0“ измества фокуса от технологичния прогрес към хората, което превръща човекоцентричността в основна концепция на петата индустриална революция.

В Таблица №1 е представено авторски представяне на основните различия между концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“.

Таблица №1

Индустрия 4.0	Индустрия 5.0
<p>Ключови цели:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Икономически растеж; • Повишаване на конкурентоспособността; • Повишаване производителността на труда; • Научно-технически прогрес. 	<p>Ключови ценности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Човекоцентричност; • Устойчивост; • Издръжливост; <p>като резултат от научно-техническия прогрес.</p>
<p>Идейни постановки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Какво можем да постигнем с новите технологии? • Конкуренция между възможностите на машината и човека. 	<p>Идейни постановки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Какво новите технологии могат да направят за хората? • Възможностите на машината в полза на човека.
<p>Основни ограничения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Технологията като резултат от научно-техническия прогрес; • Потенциал на пазарите. 	<p>Основни ограничения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Баланс между икономическите, социалните и екологичните аспекти.
<p>Основни характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Киберфизична екосистема; • Масово производство; • Стандартизирани, автоматизирани и самоорганизиращи се фабрики и процеси; • Фокусиране върху печалбите и растежа. 	<p>Основни характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Киберсоциална екосистема; • Масово индивидуализиране на производство; • Синергийни социални фабрики и процеси; • Фокусиране върху ценностната инициатива.

„ИНДУСТРИЯ 5.0“ - НОВАТА РЕАЛНОСТ НА ЦИФРОВАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Устойчивото развитие е ключова концепция на съвременния свят, която предполага баланс между три компонента – екология, икономика и общество. Това равновесие обаче не може да бъде постигнато без устойчива промишленост: именно промишлеността е основният фактор за икономическия просперитет, като в същото време пряко или косвено влияе върху природната среда и социалната сфера, предопределяйки тяхното благоприятно развитие.

В същото време, бъдещето ще бъде благополучно за предприятията, които могат да се трансформират, за да отговорят на нуждите на съвременното общество, като от-

Международна научна конференция „Съвременни управленски практики XII“
РАЗВИТИЕТО И ОБУЧЕНИЕТО НА МЕНИДЖЪРИ И ПРЕДПРИЕМАЧИ
В ИНДУСТРИЯ 5.0

читат неговата нужда от екологичен преход и дългосрочно благосъстояние, които ценят човешките възможности повече от цифровите иновации и които се грижат за служителите, а не го разглеждат като средство за постигане на печалба. В новата индустриална парадигма иновациите се разглеждат като инструменти за постигане на устойчивост, като фокусът се измества от технологичния напредък към хората.

В основата на «Индустрия 5.0» лежи признанието, че макар автоматизацията и изкуственият интелект (ИИ) да могат да революционизират ефективността и производителността, те трябва също така да запазят и подобрят същността на човешкия принос. Следователно, ориентираният към човека изкуствен интелект поема ключова роля в оформянето на тази индустриална ера. ИИ, ориентиран към човека, дава приоритет на увеличаването, а не на заместването на човешките способности. Вместо да разглежда ИИ като заместител на човешкия труд, «Индустрия 5.0» го предвижда като инструмент, който дава възможност на хората да изпълняват задачите си по-ефективно и ефикасно. В контекста на «Индустрия 5.0», рискът от загуба на работни места е сведен до минимум, защото дори човешкият труд да бъде заменен от автоматизирани процеси, ще се появят нови, с възможност за дистанционно изпълнение на работните процеси, което, освен всичко друго, ще реши и социални проблеми като даде възможност за включване на пазара на труда на хора от отдалечени региони и хора с увреждания.

В промишлеността на бъдещето не става въпрос за конфронтация или конкуренция между роботите и работниците, а за тяхното взаимодействие, когато например първите поемат обработката на големи обеми данни и изпълнението на монотонни, повтарящи се задачи, а вторите по този начин се освобождават от рутинната работа и реализират своя творчески и управленски потенциал. Също така автоматизацията и роботизацията на трудовите задачи, свързани с излагане на вредни и опасни фактори на производствената среда и трудовия процес, дават възможност да се намали нивото на злополуките, включително и тези с фатален край. Освен това технологиите свеждат до минимум вероятността от човешка грешка – невнимание, когато оператор обработва масив от неструктурирана информация, или невнимание на производствен работник, когато се намира в опасна зона.

В производствените предприятия, където хората работят заедно с роботите, има място за творчество, а това е едно от основните изисквания на съвременния пазар и очакванията на потребителите, които искат много повече персонализация и индивидуалност в продуктите, които купуват. Роботите са удачно решение в производството на масови продукти чрез стандартизирани процеси, което им позволява да осигуряват висока скорост и голям обем на производството. Но добавянето на допълнителни свойства към всеки продукт е задача, с която роботът не може да се справи без участието на човека. Това принуждава производителите да върнат човешката намеса в много процеси – в производството, в проектирането, при финализирането на крайния резултат и т.н.

Основните аспекти, които ще доведат до нов етап в развитието и усъвършенстването на производствените процеси според автора са следните:

Колаборативните работи (коботи) откриват нови възможности: хората могат да работят буквално рамо до рамо с тях, т.е. на едно и също работно място, независимо дали става въпрос за заведение за бързо хранене, болнично отделение, специализирана работилница или творческо студио. Тъй като коботите са многофункционални, лесно програмируеми и безопасни, почти винаги е възможно да се премахнат скъпоструващите бариери, които също така заемат много място. Възможностите на работи-



те скоро ще излязат извън рамките на затворени пространства с ограничен достъп, което ще им позволи да работят съвместно с хората.

Сътрудничеството между човек и машина е друг ключов аспект, който има за цел да разшири възможностите на индустриалния работник с помощта на иновативни технологични средства, а не да замени работника с роботи. Това означава допълване и разширяване на възможностите на операторите с добавена реалност, виртуална реалност, преносими устройства, интелигентни лични асистенти, колаборативни роботи, Big Data, анализи или дори екзоскелети. При този подход хората остават в центъра на производствения процес, а технологията увеличава максимално ползите както за компанията, така и за работника. Успешните технологии подобряват човешките способности, вместо да ги заменят, като използват свързани инструменти за повишаване на производителността и качеството, като същевременно премахват опасните задачи, за да намалят риска от наранявания.

Персонализиран ИИ: Бизнес лидерите яхват вълната на GenAI, за да ускорят времето за пускане на продукта на пазара, като инвестират в технологичната си грамотност. GenAI по своята същност е ориентиран към човека, като превежда естествен език в структурирани резултати като код и медийно съдържание. Следващата иновация на това ниво се очаква да бъде частният персонализиран ИИ, с локализирани и защитени големи или малки езикови и когнитивни модели, хоствани на лични устройства. Хората, независимо от тяхната сфера на дейност, ще могат да ги използват като личен инструмент, за да използват по-добре творческите си умения и да повишат стойността си като служители. Работниците ще имат възможност да прилагат своите уникални умения и способности, които не могат да бъдат програмирани, в сложни проекти или значително да подобрят съществуващите си умения, за да повишат производителността.

Устойчивост и екологични съображения. Екологосъобразните практики в «Индустрия 5.0» се ръководят от екологичното съзнание и разпоредби, като световните лидери се ангажират с намаляване на въглеродния отпечатък в конкретната индустрия (и в крайна сметка с нулев нетен въглероден отпечатък) чрез управление на отпадъците и енергийна ефективност. Този подход признава човешкия фактор както като резултат от индустриалното производство, така и като движеща сила. За да не се нарушават екологичните лимити на планетата, индустрията трябва да бъде устойчива. Тя трябва да разработи кръгови процеси, които да удължават живота на ресурсите и продуктите, да използват повторно и да рециклират природните ресурси и да намалят отпадъците и въздействието върху околната среда. Устойчивостта означава намаляване на потреблението на енергия и генерирането на парниковите емисии, за да се избегне изчерпването и деградацията на природните ресурси. Технологии като ИИ и адитивното производство могат да изиграят голяма роля тук чрез оптимизиране на енергийната ефективност и потребление, ефективното използване на ресурсите и минимизиране на отпадъците. Това се постига чрез съчетаване на конкурентоспособността и устойчивостта, което ще позволи на индустрията да реализира потенциала си като един от стълбовете на трансформацията. Индустрията трябва да търси нови решения, които да променят правилата на играта, да ги прилага на практика и да разбере последиците от преработването на своите бизнес модели. С други думи, стратегията в «Индустрия 5.0» означава, че компаниите се превръщат в част от решението, а не в част от проблема.

Персонализиране на изработката. В «Индустрия 5.0» персонализираното, висококачествено производство заменя масовото производство. То е насочено към индивидуални решения, които отговарят на индивидуалните нужди и предпочитания, като по този начин се повишава удовлетвореността на клиентите и значимостта на продуктите.

Качество, прецизност и надеждност на производството. Използването на ИИ в IoT, подобрени интерфейси човек-машина, прогнозна поддръжка и други усъвършенствани иновации води до по-висококачествени продукти, създадени с по-добри и по-точни процеси. Този аспект се отнася до необходимостта да се развие по-голяма надеждност на промишленото производство, за да бъде то по-добре защитено от прекъсвания. Става дума за способността на предприятията да се справят с несигурността и промените и да избягват нестабилността на сегашния подход към глобализираното производство. Производството трябва да е балансирано чрез разработване на устойчиви стратегически вериги за създаване на стойност, адаптивен производствен капацитет и гъвкави бизнес процеси. Индустрията на бъдещето трябва да бъде подготвена да се адаптира бързо към променящите се обстоятелства за ключовите вериги за създаване на стойност, за да осигури ролята си на устойчив двигател на просперитета.

Мащабируемо местно производство. Увеличаването на производствения капацитет на местно ниво обикновено става за сметка на качеството и разходите. Въпреки това, чрез възприемане на високоотзивчиво и адаптивно производство, производителите могат бързо да се адаптират към изискванията на пазара, да намалят зависимостите по веригата на доставки и да поддържат намален въглероден отпечатък.

Децентрализация на решенията. Децентрализацията на решенията премества вземането на решения от централизираните системи към разпределени възли, което позволява реакции, управлявани от човека, които са мащабируеми. Например, крайните изчисления и GenAI позволяват безпрепятствен достъп до информация и анализи, които някога са се смятали за твърде скъпи и трудоемки за набавяне и ползване.

Усъвършенстване на инфраструктурата. За да отговори на предизвикателствата на «Индустрия 5.0», индустриалните предприятия трябва да оценят, проектират и интегрират нова инфраструктура, специфична за новия набор от технологии. Технологиите, фокусирани върху свързаността и автоматизацията, генерираха успех в «Индустрия 4.0» и безспорно са дефинирани като следващото поколение дълготрайни компоненти на производството и се считат за градивните елементи на «Индустрия 5.0». Макар че цифровите взаимосвързки ще дадат възможност за множество устойчиви технологии, включително събиране на данни, автоматизиран анализ на риска и автоматизирани мерки за смекчаване на последиците, повишената зависимост от цифровите технологии излага индустрията на технически смущения, дължащи се на неизправности и кибератаки. Ключова роля ще играе и разработването на киберсигурността, необходима за устойчивата индустрия на бъдещето. Въз основа на тези индустриални насоки е необходимо адаптиране и инвестиране в нова инфраструктура в подкрепа на разрастването на технологии като 6G и GenAI.

Усъвършенстване на системите за управление на бизнеса. Технологичната база на «Индустрия 5.0» на нивото на производствената единица предвижда плавен преход от системи за управление на ресурсите ERP (Enterprise Resource Planning), доминиращи към днешния ден към интегрирани операционни системи на предприятията от типа IEM (Intelligent Enterprise Mananging). Типичният проблем на предприятията при „Индустрия 4.0“ е ограничаване на пределната производителност на ресурсите при увеличаване на мащаба на производството. Парадигмата на IEM системите развива технология за структуриране на производствените и търговските процеси на организацията, която преодолява проблемите с мащабирането на производството, позволявайки нарастване на обема производство без да се снижава ефективността. Грамотната виртуализация в рамките на IEM позволява внедряване на екосистемност, мобилност и социалност непосредствено в операционните механизми на



предприятието, трансформирайки отделните вериги за създаване на стойност в универсална цифрова екосистема. ИЕМ системите от ново поколение са независими от производителите на конкретното програмно обезпечение и са в състояние да осъществяват автономно изпълнение на бизнес процесите с минимално човешко участие на основата на самообслужване на ползвателите. Мултифункционалните ИЕМ платформи позволяват моделиране еволюцията на организацията в рамките на конкурентния пазар и предлагат системно решение на задачите по оптимална конфигурация на компанията. При това се ценността на човешкия интелект расте. Ако в „Индустрия 4.0“ човекът функционира като физически придатък на техническото устройство, то в „Индустрия 5.0“ се появяват нови устройства, а човекът действа като разширен оператор.

Идеята за «Индустрия 5.0» не се ограничава само до «индустрията». Тя се отнася за всеки сектор и всяка организация. Това означава, че нейната приложимост е значително по-широка от тази на «Индустрия 4.0». Ето защо, когато се обсъждат последиците от «Индустрия 5.0» за обществото, трябва да възприемем широка и обща перспектива, приложима за всички индустрии и сфери на социалния и икономически живот.

В индустрията на бъдещето кръгът на бенефициентите не се ограничава до конкретно предприятие, а по-скоро до множеството интереси на участниците.

Служители. Подходът, ориентиран към човека, поставя основните човешки нужди и интереси в центъра на производствените процеси. Този подход дава възможност на работниците да се възползват от цифровите устройства, като подкрепя ориентирания към човека подход към технологиите. Технологиите служат на хората. Не става въпрос само за това да се питаме какво можем да направим с новата технология, а по-скоро да използваме технологията, за да адаптираме производствените процеси към нуждите на работниците. Всичко е свързано с това как да подкрепяме, подпомагаме и овластяваме работната сила с информация за задачите и средата, водеща до препоръки и предупреждения за безопасност. С въвеждането на технологии, ориентирани към човека, в производството се подобряват условията на труд, качеството и комфорта на работните места и се разширяват възможностите, като се отчитат нуждите и талантите на всеки служител. Служителите се освобождават от рутинните задачи и могат да развият своите творчески и управленски умения. Същевременно благосъстоянието и удовлетворението от работата им се повишават, а физическото и психическото им здраве се запазва. За да се постигне това, работниците трябва да бъдат тясно ангажирани в проектирането и внедряването на нови индустриални технологии, включително роботиката и изкуствения интелект.

Бизнес. „Индустрия 5.0“ е неотменима стъпка за устойчивост на бизнеса. Във времена на нестабилност, независимо дали става въпрос за геополитическа криза или различни природни бедствия, именно устойчивите и издръжливите организации ще могат да се предпазят от смущения, да запазят работните места и да останат конкурентоспособни на пазара. Освен това с автоматизацията и роботизацията на производствените процеси се свежда до минимум факторът човешки грешки и освен това с подобряването на благосъстоянието на служителите се увеличава общата производителност.

Общество. С помощта на цифровите технологии се създават нови работни места, включително дистанционни, което позволява да се включат хора от отдалечени региони и хора с увреждания. Това ще доведе до намаляване на безработицата, както и на заетостта на нискоквалифицирани работни места и в неформалния сектор.

Природа. Технологиите, които се внедряват в промишлеността на бъдещето, допринасят за прехода към устойчиво развитие и зачитане на природата: те се основа-

ват на модели за производство, които пестят ресурси и са енергийно ефективни, като същевременно запазват принципите на икономиката със затворен цикъл и намаляват отрицателното въздействие на промишлеността върху околната среда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

„Индустрия 5.0“ е най-новата промяна на парадигмата в производството, която се характеризира с интегрирането на модерни технологии за оптимизиране на производствените процеси и създаване на по-интелигентни и по-свързани фабрики. Надграждайки върху концепциите на „Индустрия 4.0“, „Индустрия 5.0“ прилага подход, ориентиран към човека, като набляга на сътрудничеството между хората и машините за постигане на безпрецедентни нива на ефективност, производителност и персонализация. Тази трансформираща индустриална концепция използва авангардни технологии като IoT, ИИ, роботика и анализ на данни, за да даде възможност за събиране, анализ и вземане на решения в реално време. „Индустрия 5.0“ има за цел да подобри производствената екосистема, като предостави на работниците иновативни инструменти и интелигентни машини, което в крайна сметка ще доведе до подобряване на качеството на продуктите, персонализиран производствен опит и устойчиви производствени практики.

Като възприемат принципите на „Индустрия 5.0“, производствените компании могат да постигнат по-високи нива на автоматизация, свързаност и гъвкавост. Безпроблемното интегриране на хора и машини насърчава по-голяма гъвкавост, което позволява бърза адаптация към променящите се изисквания на клиентите и пазарните тенденции. С оптимизирането на производствените процеси и използването на информация, базирана на данни, „Индустрия 5.0“ дава възможност на компаниите да постигнат оперативно съвършенство, да намалят разходите и да доставят иновативни продукти с по-кратки срокове за пускане на пазара.

В обобщение, Индустрия 5.0 представлява следващата фаза на индустриалната еволюция, в която напредналите технологии се обединяват, за да създадат интелигентна производствена среда, работеща в сътрудничество. Като възприемат тази трансформираща концепция, компаниите могат да отключат нови нива на ефективност, персонализация и конкурентоспособност в динамичния пейзаж на съвременното производство.

Литература:

1. Austin G., Withers G, “Creating Social Cyber Value as the Broader Goal in Cyber-Security Education Principles and Policies“, Routledge, Abingdon Oxon, 2020, pp. 99 - 118.
2. <https://www.routledge.com/Cyber-Security-Education-Principles-and-Policies/Austin/p/book/9780367421915>
3. Breque. M, De Nul L., Petridis A., „Industry 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry“, 2021
4. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en
5. Delicato F.C., Al-Anbuky A., Wang K.K., „Smart Cyber–Physical Systems: Toward Pervasive Intelligence systems“, Future Generation Computer Systems, Volume 107, June 2020, Pages 1134-1139
6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X19316619>
7. Hulten, G, „Building Intelligent Systems: A Guide to Machine Learning Engineering“, 2020



8. https://www.researchgate.net/publication/330044255_Building_Intelligent_Systems_An_Introduction_to_Machine_Learning_Engineering
9. Koch P.J., van Amstel M.K., Dębska P., Thormann M.A., Tetzlaff A.J., Bøgh S., Chrysostomou D., „A Skill-based Robot Co-worker for Industrial Maintenance Tasks“, *Procedia Manufacturing*, Volume 11, 2017, Pages 83-90
10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917303451>
11. Liu Z., Wang J., „Human-cyber-physical systems: concepts, challenges, and research opportunities“, *Front. Inform. Technol. Electron. Eng*, 2020, Vol. 21 >> Issue (11): 1535-1553
12. <https://doi.org/10.1631/FITEE.2000537>
13. Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S., „Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future“, *Applied Sciences*, 2020, Article 4182.
14. <https://doi.org/10.3390/app10124182>
15. McMillin B, Gill C, Crow M. L., Liu F., Niehaus D., Potthast A., and Tauritz D., „Cyber-Physical Systems Engineering: The Advanced Power Grid“, 2006
16. https://www.researchgate.net/publication/229040070_Cyber-Physical_Systems_Engineering_The_Advanced_Power_Grid
17. Mendhurwar, S, Mishra R., “Integration of social and IoT technologies: architectural framework for digital transformation and cyber security challenges“, *Enterprise Information Systems* 15, no. 4, 2021: 565-584.
18. https://www.researchgate.net/publication/332248503_Integration_of_social_and_IoT_technologies_architectural_framework_for_digital_transformation_and_cyber_security_challenges
19. Nahavandi S., „Industry 5.0—A Human-Centric Solution“, 2019
20. https://www.researchgate.net/publication/335148344_Industry_50-A_Human-Centric_Solution
21. Shen F., Xu C., Zhang J., „Statistical Behavior Guided Block Allocation in Hybrid Cache-Based Edge Computing for Cyber-Physical-Social Systems“, 2020
22. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8986590>
23. Xu Q., Su Z., & Yu S., „Green social CPS based e-healthcare systems to control the spread of infectious diseases“, In: 2018 IEEE International Conference on Communications (ICC), USA, 2018. IEEE.
24. https://www.researchgate.net/publication/327123729_Green_Social_CPS_Based_E-Healthcare_Systems_to_Control_the_Spread_of_Infectious_Diseases
25. Yilma B.A., Panetto H., Naudet Y., „A Meta-Model of Cyber-Physical-Social System: The CPSS Paradigm to Support Human-Machine Collaboration in Industry 4.0“, *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, volume 568, pp 11–20, 2019
26. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28464-0_2
27. Zhong F., Wang G., Chen Z., Xia F., Min G., „Cross-Modal Retrieval for CPSS Data“, 2020
28. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2967594>
29. Zolotová I, Papcun P, Kajátı E., Miškuf M., Mocnej J., „Smart and cognitive solutions for Operator 4.0: Laboratory H-CPPS case studies“, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 139, January 2020, 105471
30. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.032>