

АКТУАЛНИ ТЕНДЕНЦИИ В МАШИНОСТРОЕНЕТО - ПОТЕНЦИАЛ ЗА РАСТЕЖ

Ненко Василев Василев

Стопанска академия „Димитър А. Ценов“ – Свищов

Катедра „Финанси и кредит“

e-mail: d010223297@uni-svishtov.bg

Резюме: Настоящата студия разглежда еволюцията на машиностроенето в контекста на съвременните технологични и социални промени, като поставя акцент върху интеграцията на иновации и устойчиви практики. Анализирани са концепциите за „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“, които трансформират производствените процеси чрез внедряване на изкуствен интелект, интернет на нещата (IoT), адитивно производство и дигитални близнаци. Индустрия 5.0 е представена като следващ етап в индустриалната революция, който поставя акцент върху сътрудничеството между хората и машините, устойчивостта и социалната отговорност. Изследването подчертава значението на иновациите за преодоляване на глобалните предизвикателства и предлага насоки за развитието на машиностроителния сектор в бъдеще, очертани са перспективите за по-ефективно и устойчиво индустриално производство, което е в хармония с целите на устойчивото развитие.

Ключови думи: Машиностроене, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, Устойчивост, Изкуствен интелект, Интернет на нещата (IoT), Адитивно производство, Дигитални близнаци, Сътрудничество между хора и машини, Устойчиво развитие.

JEL: O33, L23, Q01, L16, C63.

EMERGING TRENDS IN MECHANICAL ENGINEERING - POTENTIAL FOR GROWTH

Nenko Vasilev Vasilev

D. A. Tsenov Academy of Economics – Svishtov

Department of Finance and Credit

E-mail: d010223297@uni-svishtov.bg

Abstract: The present study examines the evolution of mechanical engineering in the context of contemporary technological and social changes, emphasizing the integration of innovations and sustainable practices. It analyzes the concepts of „Industry 4.0“ and „Industry 5.0,“ which are transforming manufacturing processes through the adoption of artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), additive manufacturing, and digital twins. Industry 5.0 is presented as the next stage in the industrial revolution, focusing on collaboration between humans and machines, sustainability, and social responsibility.

The study highlights the importance of innovations in addressing global challenges and provides guidelines for the future development of the mechanical engineering sector. It outlines prospects for more efficient and sustainable industrial production that aligns with the goals of sustainable development.

Keywords: Mechanical Engineering, Industry 4.0, Industry 5.0, Sustainability, Artificial Intelligence, Internet of Things (IoT), Additive Manufacturing, Digital Twins, Human-Machine Collaboration, Sustainable Development.

JEL: L6, O14, O33, F23, R11

Въведение

Машиностроенето е един от фундаменталните сектори на индустриалната икономика, играещ ключова роля в развитието на съвременните технологии и инфраструктура. То е основата на много други отрасли, включително енергетика, транспорт, строителство и производство. В последните години динамично развиващите се технологии като автоматизация, роботика и адитивно производство (3D-printing) трансформират машиностроителната индустрия и създават нови възможности за растеж. В контекста на глобалните предизвикателства на съвременната епоха — устойчивост, дигитализация и глобализация, машиностроенето се намира в критичен момент, изискващ мащабна адаптация и иновационен подход към производството.

Настоящото изследване се фокусира върху идентифицирането и анализа на съвременните тенденции, трансформиращи машиностроенето. Основната цел е да се проучат ключовите съвременни технологии и методологии, които влияят върху промяната на индустрията, както и да се идентифицират възможностите за растеж в бъдеще. Специално внимание се обръща на иновациите в устойчивото производство, Индустрия 4.0 и интелигентните производствени системи, които оформят бъдещето на сектора. Нововъзникващи концепции, които надграждат текущия тренд и предоставят нови потенциали за растеж, като Индустрия 5.0 също ще бъдат дискутирани, особено тяхната връзка с Индустрия 4.0 и съставните ѝ технологии.

Проучването има за цел не само да предостави обзор на настоящото състояние на машиностроенето, но и да очертае бъдещите перспективи за развитие и растеж в този динамичен сектор. Фокусът на изследователските проблеми се поставя върху обхващането на ключовите тенденции в машиностроенето и тяхното отражение в научните изследвания. На първо място в тази студия ще се извърши обзор на основните тенденции, които формират облика на промените в машиностроителната индустрия. Този въпрос разглежда новите технологии, методологии и иновации, които определят актуалното развитие на машиностроенето в глобален план. На следващо място ще се анализира как тези тенденции влияят на машиностроенето, как технологичните и организационните иновации преобразуват процесите и продуктите, какви са възможностите за растеж, които описаните тенденции в машиностроенето предоставят на индустрията и обществото като цяло. Централно място в изследването заема дискусията за връзките и взаимозависимостите между концепциите „Индустрия 4.0“ и Индустрия 5.0“ предвид краткото време между появата им, наличието на сходни технологични елементи и същевременно принципните различия в техния фокус. В научната

литература е налице разгорещен дебат относно релацията на двете концепции и дали по-новата концепция не е част от по-старата, доколкото липсват доказателства за категорични различия в технологичните компоненти и засъгледването на едни и същи методологии и иновации, определящи актуалното развитие на машиностроенето.

Машиностроенето напоследък среща редица разрушително-креативни промени, които изискват систематичен подход и анализ на тенденциите и предизвикателствата. **Основната цел** на разработката е да се изследват особеностите и тенденциите в развитието на машиностроенето в световен мащаб, да се дефинират и характеризират актуалните фази в индустриалната революция и да се определят потенциалът за растеж и бъдещите модели за иновации в машиностроителна индустрия.

Тази студия си поставя следните **подцели**:

- да се идентифицират основните тенденции пред развитието на машиностроенето;
- да предостави аналитична гледна точка, как съвременните тенденции в машиностроенето влияят на технологичните и организационните процеси и какви са възможностите за растеж, които описаните тенденции в машиностроенето предоставят на индустрията и обществото;
- да даде авторова гледна точка в дебата за връзките и взаимозависимостите между концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ предвид бързо развиващите се технологични иновации, социалните и екологичните съображения.

За постигането на заложените цели и подцели на изследването са формулирани следните **задачи**:

- Да се характеризират актуалните тенденции, определящи динамиката на развитието на сектор „Машиностроене“;
- Да се направи преглед на литературата в областта на технологичния прогрес в сектор „Машиностроене“;
- Да се опишат в исторически план фазите на индустриалната революция от възникването ѝ през втората половина на 17-ти век до днес;
- Да се извърши библиометричен анализ в публикациите от базата данни Scopus за връзките и взаимозависимостите между концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“;
- Да се потвърдят ключовите понятия и технологии, обединени в тематични клъстери, свързани с концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“.

Анализът на текущото състояние на индустриалния прогрес в машиностроенето и на публикационната активност в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0 в базата данни Scopus позволява да се идентифицират в глобален план актуалните тенденции и перспективите за развитието на сектора.

1. Преглед на литературата по темата на изследването.

Идентифициране на технологични иновации в машиностроенето

Съвременните технологии значително преобразяват машиностроенето, като движат иновациите, оптимизират процесите и предлагат ефективни решения на редица съвременни предизвикателства. Концепцията за Индустрия 4.0, която бележи четвъртата индустриална революция, се фокусира върху автоматизацията и дигитализацията на производствените процеси. Основната цел е интеграцията на интелигентни технологии, които да създават автономни и оптимизирани производствени линии. Еволюцията на нововъзникващите технологии в машиностроенето трансформира индустрията, като адресира съвременни предизвикателства и проправя път за иновации. Тези постижения са дълбоко свързани с концепции като Индустрия 4.0, която акцентира върху автоматизацията и дигитализацията на производствените процеси чрез интеграция на интернет на нещата (IoT), изкуствен интелект (AI) и анализ на големи данни. Споменатите технологии повишават ефективността, намаляват разходите и позволяват персонализация на производството, създавайки силно оптимизирани и автономни производствени среди, докато технологии като блокчейн осигуряват сигурност и прозрачност в обмена на данни (Smith, 2020), (Johnson, 2019).

Върху тази основа стъпва и Индустрия 5.0, която въвежда нова парадигма, където хората и машините работят заедно, за да постигнат креативни и персонализирани производствени цели. Тази концепция насърчава хуманизацията на технологиите, където роботите и изкуственият интелект работят заедно с хората, за да предложат по-креативен и персонализиран подход към производството. Основната разлика е в засиления фокус върху социалната отговорност, устойчивостта и индивидуализацията на продуктите (Brown & Taylor, 2021), (Wilson, 2020).

Различни нововъзникващи технологии играят ключова роля в този процес. Изкуственият интелект и машинното обучение подпомагат прогнозната поддръжка, оптимизират дизайна и създават автономни системи, които подобряват надеждността и процеса на вземане на решения. Една от най-трансформиращите иновации в машиностроенето е адитивното производство, познато още като 3D печат или триизмерен печат. Тази технология позволява създаването на сложни геометрии с минимални отпадъци, ускорява създаването на прототипи и значително намалява разходите. Индустрии като авиацията, медицината и автомобилостроенето силно разчитат на 3D печата, за да постигнат иновации и персонализация (Green, 2018), (Patel, Singh, & Kumar, 2020).

Нанотехнологиите подобряват свойствата на материалите, като намират приложения в електрониката, медицината и енергетиката, докато възобновяемите енергийни технологии, като модерните соларни панели и водородните горивни клетки, намаляват зависимостта от изкопаеми горива (Thompson & Lee, 2019), (Davis, 2021).

Въздействието на IoT е значително, свързвайки устройства в интелигентни фабрики и градски екосистеми. Тези взаимосвързани системи улесняват обмена на данни, подобрявайки оперативната ефективност и създавайки интегрирани дигитални среди (Miller, 2021). Също така появата на квантови изчисления революционизира способността за решаване на сложни проблеми, особено в областите на симулации на материали, оптимизация и криптография, предлагайки безпрецедентна изчислителна мощ за индустриални предизвикателства (Clark, 2022).

В областта на роботиката развитието на автономни системи и прецизна роботика променя производствените среди. Тези роботи са изключително ефективни в динамични условия и опасни среди, осигурявайки безопасност и повишена производителност. Мехатрониката, която комбинира механика, електроника и компютърни науки, създава високо адаптивни машини, които отговарят на променящите се индустриални изисквания (Chen, Lin, & Zhao, 2020), (Nguyen, 2021).

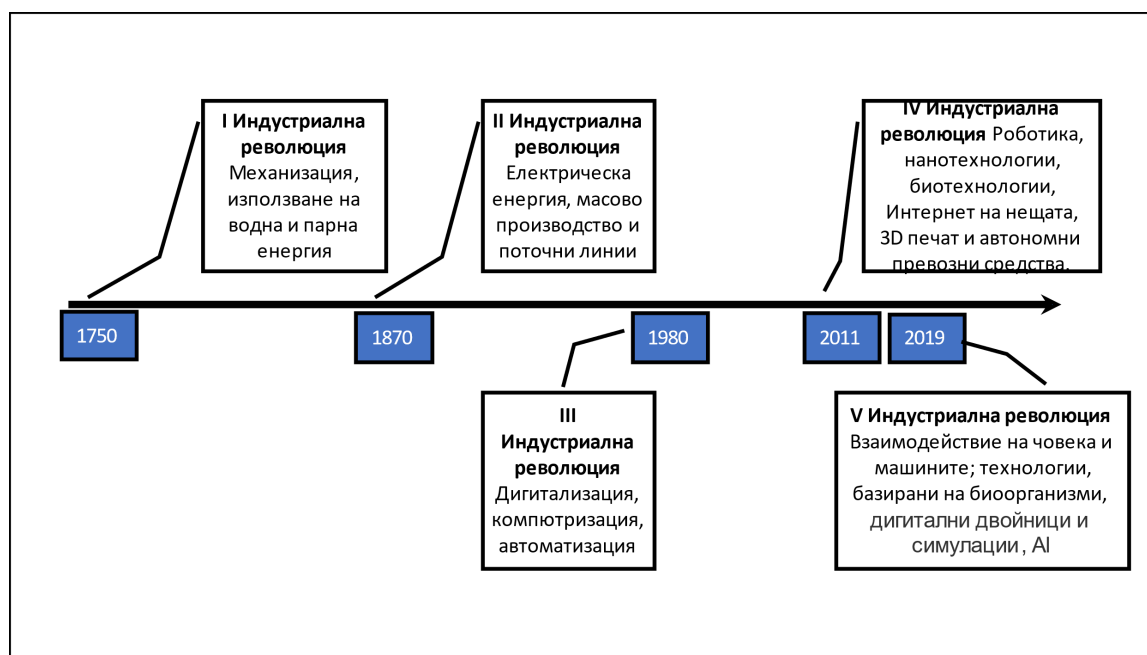
Нововъзникващи технологии като дигитални близнаци трансформират мониторинга в реално време и оптимизацията на физически системи. Чрез създаване на виртуални копия на физически активи индустриите могат да намаляват рисковете, да подобряват дизайна и да повишават оперативните решения. Същевременно разширената реалност (AR) и виртуалната реалност (VR) предоставят нови начини за обучение и проектиране, като значително увеличават прецизността и ефективността в инженерните задачи и осигуряват безпроблемна интеграция на технологии и човешка експертиза (Anderson, 2019), (Zhang & Kim, 2022).

Устойчивостта остава основен приоритет на иновациите, като нараства акцентът върху екологично отговорни инженерни практики. Използването на възобновяеми материали, енергийно ефективни технологии и процеси за рециклиране е интегрална част от намаляването на въглеродния отпечатък и насърчаването на устойчив растеж (Walker, Smith, & Hughes, 2020). В монографията на Дейвим се дискутират фундаментални и съвременни направления в развитието на машиностроенето – материалознанието, кинематиката, динамиката, термодинамиката, механиката на флуидите, автоматизацията и контролът. Също така се акцентира върху актуалните тенденции в машиностроенето – нанотехнологиите, мехатрониката и роботиката, изчислителната механика и устойчивите енергийни решения (Davim, 2014). Созанский разкрива системни проблеми в машиностроенето на различни държави на фона на икономическата глобализация (Sozansky, 2023). Икономическата глобализация е пренебрегната от фирми в сектора, което подценява възможността за системни въздействия на чуждестранните фирми, което въздейства негативно не само върху машиностроенето, но и върху цялостното социално-икономическо развитие. Проучването апелира за балансиран подход към икономическата глобализация в унисон с националните интереси, което може да гарантира устойчивото развитие на машиностроенето.

Тези технологии колективно революционизират машиностроенето, като адресират глобални предизвикателства и създават нови възможности за индустрии и обществото. Чрез комбинация от технологични иновации, човешко сътрудничество и устойчивост индустрията се движи към бъдеще, което балансира ефективността с екологичната и социалната отговорност. В настоящата студия с помощта на библиометричен анализ ще се извлекат, потвърдят или отхвърлят ключовите понятия и технологии, обединени в тематични клъстери в обхвата на свързаните концепции „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“, както и релацията между тях.

2. Индустриалната революция в исторически план

Индустриалната революция в исторически план може да се представи като континуитет на отделни фази на внедряване на научните и технологичните открития в производството. „Новата икономика е отбелязала значителен напредък от ранното си възникване по време на началото на индустриалната революция през 18-ти век. В продължение на десетилетия много от продуктите, включително оръжия, инструменти, храна, дрехи и домове, са били изработвани или използвани с помощта на животни. Това се подобрява в края на 18-ти век с въвеждането на индустриалните методи. Развитието на Индустрия 1.0 представлява бързо изкачване нагоре, което води до следващите етапи на производство (Sharma & Singh, 2020). Така Индустрия 4.0 обозначава четвъртата фаза в индустриалната революция (или в серията от технологични революции), а Индустрия 5.0. – петата фаза (Wahlster, 2012).



Фигура 1. Времева линия на индустриалната революция

Първата революция, в края на 18-ти век, се характеризира с изобретяването на механичния стан и широко разпространеното използване на водна и парна енергия. Въз основа на предачната машина, създадена от Джеймс Харгрийвс през 1764 г. и механизирания тъкачен стан на Едмънд Картрайт, създаден през 1784 г., възникват първите текстилни фабрики. Парната машина възниква по същото време, патентована от Джеймс Уат през 1775 г., като новата машина бързо заменя животинската тяга или водното задвижване в редица производства. Освен текстилната индустрия, в челото на индустриалната революция са въгледобивът, металургията, която преминава на кокс и произвежда по-достъпно желязо и стомана, производството на индустриални химикали и механични инструменти (Sharma & Singh, 2020, стр. 66).

Втората индустриална революция се свързва с появата на електрификацията, поточните линии и масовото производство (Lipsey, 2007). Трансформацията на световната индустрия в периода между втората половина на XIX и началото на XX век е наречена Втора индустриална революция или Технологична революция. Технологичната революция бързо обхваща Западна Европа, САЩ, Руската империя и Япония и е свързана с производството на стомана, разпространението на железопътния транспорт, използването на електричеството и успехите на химическата промишленост (Hull, 1999). Приема се, че тя започва с внедряването на бесемековия процес за производство на стомана през 1860 г. Нейният апогей е внедряването на конвейерните линии и масовото производство.

Третата индустриална революция, често наричана „Цифрова революция“, възниква през 70-те години на миналия век с интеграцията на електрониката и информационните технологии, което въведе широко автоматизацията в производствените процеси (Goldhar & Jelinek, 1983).

Четвъртата индустриална революция, известна като Индустрия 4.0, произхожда от немския термин *Industrie 4.0* и е въведен за първи път на панаира в Хановер през 2011 година (Kalil, 2024). Обявена е като част от стратегията на германското правителство за развитие на високите технологии и е иницирана през 2006 г., за да подпомогне дигитализацията на производството с цел затвърждаване лидерската позиция на Германия в областта на съвременните производствени решения. Прилагането на авангардните иновации разширява концепцията за киберфизични системи (CPS) до киберфизични производствени системи (CPPS).

Основавайки се на цифровизацията, Индустрия 4.0 въвежда нова ера на свързаност, която позволява безпроблемната интеграция на процеси и системи в различни сектори и технологии. Тази фаза на индустриалната революция трансформира производството, предоставянето на услуги, логистиката и управлението на ресурсите чрез взаимодействието между физическия и виртуалния свят. Основен аспект на Индустрия 4.0 е зависимостта от множество комуникационни интерфейси, които улесняват реално време-

ната координация и взаимодействие между системите (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2024).

Идеята за Индустрия 4.0 се приема за четвърта индустриална революция, която поставя акцент върху интелигентните производствени процеси чрез внедряване на съвременни технологии като Интернет на нещата (IoT), изкуствения интелект (AI), роботиката, облачните изчисления, машинното обучение и цифровите двойници. Индустрия 4.0 има за цел да създаде интелигентни заводи, в които машините и системите могат автономно да оптимизират процесите чрез автоматизация и автономно управление. Професор Волфганг Валстер, директор и изпълнителен директор на Германския изследователски център за изкуствен интелект, играе ключова роля за популяризирането на термина „Индустрия 4.0“ по време на откриващата си реч на Hannover Messe 2011 на 3 Април 2011 г. (Kagermann & Wahlster, 2022). Концепцията получава подкрепа от Научния алианс за индустриални изследвания и различни германски индустриални групи. През 2013 г. тези организации представят окончателен доклад с препоръки за прилагане на Индустрия 4.0.

Петата индустриална революция включва идеята за сътрудничество между човек и машина, постигайки синергия и с баланс на заинтересованите страни – общество, компании, служители, клиенти. Фокусът на индустриализацията се измества от постигането на рентабилност и технологична оптимизация на процесите върху социалната стойност и благосъстоянието на заетите в производството (DGRI & Müller, 2020). Тя преосмисля традиционните цели на индустриалното развитие, като надхвърля рамките на производителността и ефективността, за да обвърже индустрията и производството с общественото развитие. В центъра на този нов подход е колаборацията между човека и машината, поставяйки индивида като основен двигател на икономическия и социалния напредък. Индустрия 5.0 не замества Индустрия 4.0, а я допълва, като двете се очаква да съществуват паралелно. Новият подход акцентира върху използването на технологичния напредък, включително изкуствения интелект, за постигане на високи икономически резултати, като същевременно зачита ограниченията на природните ресурси и поставя човека в центъра на производствения процес. Тази концепция се противопоставя на традиционния управленски модел, който се стреми единствено към печалба, като го определя като ретрограден. Вместо това Индустрия 5.0 насочва вниманието към благосъстоянието на човека и създаването на устойчив икономически растеж.

Последното поколение индустриална революционна промяна залага на по-дълбоко сътрудничество между технологиите и човека. Тя не само съчетава високите технологии с човешките умения, но и се стреми да постигне хармония между икономическия растеж и социалната отговорност. Индустрия 5.0 символизира промяната към по-хуманно и устойчиво развитие, където технологиите служат на човека, а не го изместват.

Таблица 1

Ускорение на развитието на технологиите, представено чрез времето на възникване на фазите на индустриалната революция

Година	Интервал между фазите на индустриалната революция
1750	
1870	120
1980	110
2011	31
2019	8

Развитието на машиностроенето през различните етапи на индустриалната революция показва постепенно ускоряване на скоростта на иновациите и значително увеличаване на техния мащаб и динамика. Първата индустриална революция поставя основите на машиностроенето с механизацията и използването на водна и парна енергия. Иновациите през този период се развиват бавно и са съсредоточени предимно в текстилната и минната индустрии, като тяхното влияние е ограничено до определени региони, основно Великобритания. Разпространението в останалата част на света е бавно и неравномерно. С навлизането на втората индустриална революция през 19-ти век се наблюдава ускоряване темпото на иновации, подкрепено от електрификацията и масовото производство. Тази епоха води до революционни промени в машиностроенето чрез внедряването на поточните линии и стандартизацията на производствените процеси. Мащабът на въздействие значително се разширява, обхващайки индустрии като автомобилостроене и металургия, което полага основите на съвременната индустрия. Индустриализацията е далеч по-широко възприета и се налага почти повсеместно.

През 20-ти век започва третата индустриална революция, характеризираща се с дигитализация и автоматизация. В този период компютърните технологии и електрониката преобразуват машиностроенето, като въвеждат CNC машини (компютърно цифрово управление за машинните инструменти, използвани в производството) и индустриални роботи, които повишават прецизността и ефективността на производствените линии. Тази революция глобализира технологиите, което допринася за широкото им интегриране във всички индустриални сектори.

Четвъртата индустриална революция, стартирала през 2011 г., въвежда интелигентни технологии като интернет на нещата (IoT), 3D печат и автономни системи за мобилност. Скоростта на иновациите в този период е изключително висока, като физическите и виртуалните системи се сливат, трансформирайки производството и логистиката. Машиностроенето играе ключова роля в тази трансформация, като създава нови решения за персонализация и устойчивост, достъпни за индустрии по целия свят. Очакванията за петата индустриална революция предполагат още по-висока скорост на иновациите, стимулирана от изкуствен интелект и биоорганични техно-

логии (бионика). Взаимодействието между човека и интелигентните машини ще бъде в основата на нови адаптивни и персонализирани производствени процеси. Глобалният мащаб на влиянието ще включва не само технологични иновации, но и устойчиви материали и методи, насочени към бъдещето.

Историята на машиностроенето разкрива една непрекъсната еволюция, при която всяка индустриална революция ускорява темпото на иновациите и увеличава тяхното въздействие. От ограничени териториално технологии в първите етапи до глобалните интелигентни системи на съвременето, машиностроенето не само следва, но и движи напред развитието на индустриите.

3. Връзка и зависимост между концепциите Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0

Релацията между Индустрия 5.0 и Индустрия 4.0 може да се определи като допълваща, при която двете концепции споделят общи технологии, но имат различни приоритети, особено по отношение на социалните и екологичните аспекти. Индустрия 5.0 надгражда върху технологиите, въведени от Индустрия 4.0, като интернет на нещата, изкуствения интелект, дигиталните двойници, роботиката, 3D печата, блокчейн и анализ на големи данни. Тези технологии остават в основата на индустриалните процеси, но в новия контекст те се пренасочват към по-хуманни и устойчиви цели. Докато Индустрия 4.0 акцентира върху дигитализацията, автоматизацията и максимизирането на производителността, Индустрия 5.0 поставя човека в центъра на икономическите процеси. Вместо да разглежда хората просто като оператори на технологии, тя се фокусира върху сътрудничеството между човека и машината, като създава работна среда, която насърчава креативността и удовлетвореността. В този контекст технологиите се използват не само за повишаване на икономическите резултати, но и за постигане на устойчивост чрез ефективно използване на ресурсите, намаляване на отпадъците и ограничаване на вредните емисии.

Индустрия 5.0 също така преосмисля традиционния управленски модел, който се фокусира единствено върху печалбата. Вместо това тя насочва вниманието към създаването на стойност за обществото и подобряването на качеството на живот. Чрез интегрирането на социална отговорност и етично използване на технологиите новата индустриална парадигма цели да балансира икономическия растеж с благосъстоянието на хората и устойчивото развитие. По този начин Индустрия 5.0 не само допълва Индустрия 4.0, но и разширява нейния фокус, създавайки нови възможности за хармонизиране на технологиите с човешките и екологичните потребности.

4. Методика на изследването

Настоящото изследване използва библиометричен анализ и методи за визуализация чрез картографиране, за да изследва тенденциите в научните изследвания. Библиометричният анализ е все по-застъпен през последните години и изпълнява множество цели, включително идентифициране на тенденции, свързани с обема на документи и цитирания (Donthu, Kumar, Pandey, & Lim, 2021). Библиометричният анализ се фокусира върху големи набори от данни, като броя на цитиранията, публикациите и честотата на срещане на ключови думи, които могат да включват стотици или хиляди записи. Докато самите данни са обективни, тяхната интерпретация комбинира обективни методи, като анализ на производителността, със субективни подходи, като тематичен анализ (Linnenluecke, Chen, Ling, Smith, & Zhu, 2017). Този метод е особено ценен за разкриване и визуализиране на натрупаните научни знания и еволюционните тенденции в установени области чрез систематичен анализ на големи обеми неструктурирани данни. Библиометричните изследвания дават възможност да се получи цялостен обзор, да се идентифицират връзки и зависимости, да се генерират нови идеи за изследване и да се изведат приноси (Palmatier, Houston, & Hulland, 2018), (Snyder, 2019).

В рамките на проучването са събрани 9627 документа от базата данни Scopus (достъпна на <https://www.scopus.com/>), използвайки ключовите думи „Industry 4.0“ и „Industry 5.0“. Събирането на данни е извършено на 29 октомври 2024 г., обхващайки публикации от 2012 до 2024 г. Функцията „Result Analysis“ в Scopus е използвана за предварителна статистическа обработка на данните. Изследването се фокусира върху анализа на възникването и развитието на термините „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ в реферираните публикации.

Изследването е проведено, както следва:

А. Формулиране на тематичен фокус

Изследването разглежда как термините „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ са възникнали в научния дискурс, идентифицирайки основните концепции, свързани с тях. Основният изследователски въпрос, който ръководи проучването, е: „Как термините „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ се появиха и развиха в реферираните публикации с течение на времето?“

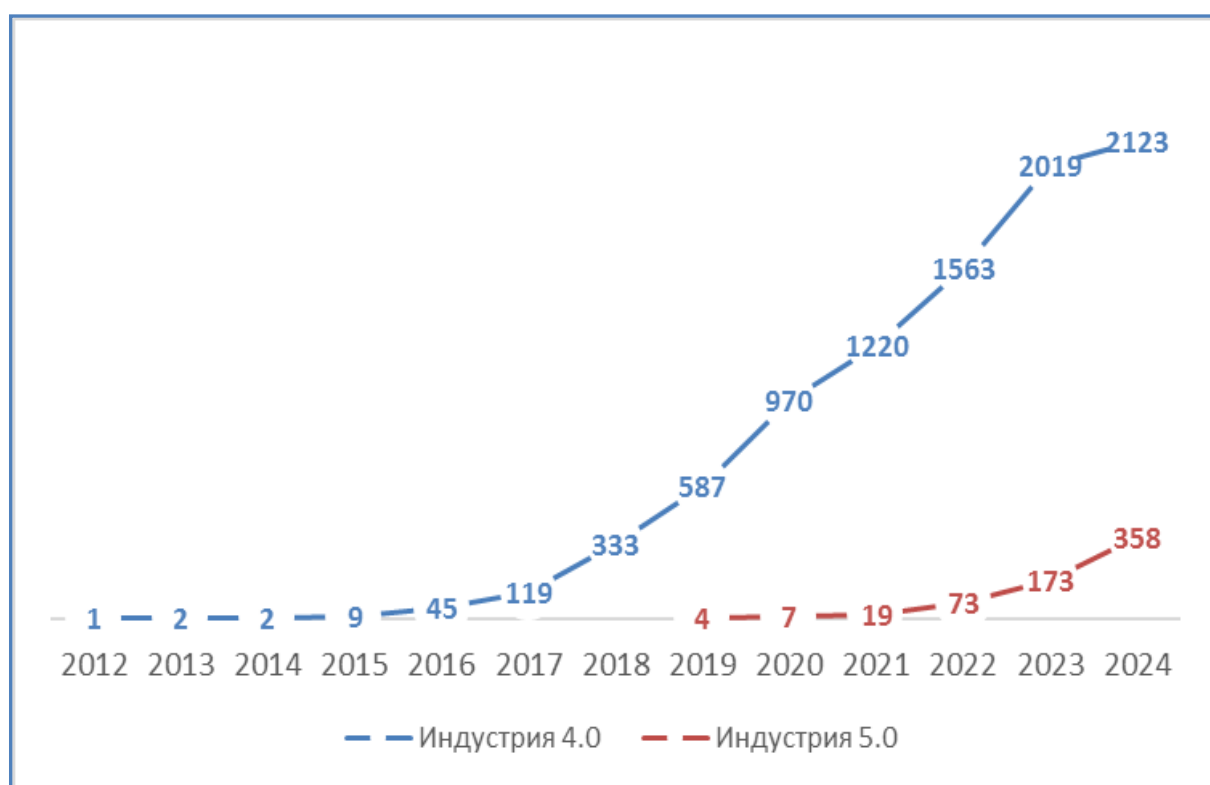
В. Дизайн на изследването

За да се открият основните концепции, свързани с тези термини, изследването се фокусира върху разглеждането на научната литература за първоначалното им въвеждане и използване. Базата данни Scopus, известна със своето цялостно индексирание на реферираните публикации, е избрана като източник на данни. Търсенията са извършени с използване на изразите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ в полето с ключови думи. Този подход има за цел да обхване статиите, в които авторите изрично свързват своята работа с тези термини. Допълнително търсенето е ограничено до областите

„Бизнес, Мениджмънт и Счетоводство“ и „Икономика, Иконометрия и Финанси“. Друг важен филтър е добавянето на изискване за публикуване на английски език.

С. Извадка и събиране на данни

Събирането на данни е извършено през октомври 2024 г. Търсенето обхваща литература, публикувана между 2011 и 2024 г., без ограничения за конкретни списания. В резултат са събрани 8993 публикации на английски език, съдържащи „Индустрия 4.0“, и 634 публикации, съдържащи „Индустрия 5.0“. Този времеви период и езиков избор осигуряват фокусирана, но изчерпателна база данни, която е много по-голяма при „Индустрия 4.0“, което обаче не е резултат само от по-ранното възникване на концепцията.



Фигура 2. Брой публикации по години в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0 в базата данни Scopus

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>, собствени изчисления

Д. Анализ на данните

Използван е библиометричен анализ за идентифициране на ключови публикации и концепции, свързани с въвеждането на тези термини. Данните за цитирания и кръстосани препратки са разгледани, с цел да се открият най-влиятелните статии и да се проследи еволюцията на идеите.

Таблица 1

Публикационна активност по години в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0

	Година	Брой публикации „Индустрия 4.0“	Ръст на публикациите „Индустрия 4.0“	Брой публикации „Индустрия 5.0“	Ръст на публикациите „Индустрия 5.0“
1	2012	1			
2	2013	2	100%		
3	2014	2	0%		
4	2015	9	350%		
5	2016	45	400%		
6	2017	119	164%		
7	2018	333	180%		
8	2019	587	76%	4	
9	2020	970	65%	7	75%
10	2021	1220	26%	19	171%
11	2022	1563	28%	73	284%
12	2023	2019	29%	173	137%
13	2024	2123	5%	358	107%
		8993	119%	634	155%

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>, собствени изчисления

Измерването на броя публикации по години в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0 в базата данни Scopus предоставя информация за времевите аспекти на появата, развитието и интензивността на интереса към двете водещи концепции за индустриалния прогрес в съвременното. За 13-те години от появата на първата публикация в Scopus през 2012 година до 2024 година средният брой на публикациите в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 е 691,77, а средният им годишен растеж е 119%. За 6-те години от появата на първата публикация в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 5.0 в Scopus през 2012 година до 2024 година средният брой публикации е 105,7, докато средният им годишен растеж е 155%. Виден е много по-големият интерес към концепцията „Индустрия 4.0“. Същевременно по-младата концепция на „Индустрия 5.0“ демонстрира висок ръст на публикационната активност, а през 2024 г. (т.е. 6-та година) са публикувани 358 материала, докато през 2017 г., която е 6-та от появата на публикация с „Индустрия 4.0“ публикациите са били само 119. Това демонстрира потенциал за още по-висок интерес към „Индустрия 5.0“ в академичните и бизнес средите.

Анализът на библиометрични данни, визуално представени чрез инструменти за картографиране, става все по-необходим в настоящата ера на бързо технологично развитие (Nandiyanto, Abdullah, Rasshidi, & Mu'tadin, 2020). Тези инструменти улесняват създаването на описателни връзки и цялостно интерпретиране на идеите в научните разработки и резултатите от

изследванията. Сред водещите инструменти, използвани за библиометричен анализ и визуализация, е VOSviewer – специализирана програма, създадена за изграждане и интерпретиране на библиометрични карти (Van Eck & Waltman, 2010). Това улесни идентифицирането на основните теми и концепции, свързани с термините „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“. Приложението VOSviewer е използвано за преобразуване на извлечените данни в библиометрични карти, които позволяват по-задълбочена визуализация. VOSviewer предлага възможности за представяне на данни като мрежови, наслагващи се и плътностни карти. Статията на Верма и Густавсон представя резултатите от библиометричен анализ на литературата, свързана с COVID-19 в областта на бизнеса и управлението, с цел идентифициране на текущите изследователски направления и предоставяне на насоки за бъдещи изследвания. Анализът разкрива четири основни изследователски теми и 18 подтеми. Откритията предполагат, че COVID-19 е двигател както на краткосрочни, така и на дългосрочни промени в политиките, и подчертават необходимостта от допълнително теоретично и емпирично изследване. Предложенията на изследването са предназначени да служат като пътна карта за идентифициране на потенциални изследователски възможности в тази развиваща се област (Verma & Gustafsson, 2020).

Е. Представяне на резултатите

VOSviewer е оборудван с функционалност за текстово извличане, която позволява създаване и визуализация на връзки и корелации в цитатите на статии и публикации (Shen & Wang, 2020). Неговите функции за картографиране включват възможности за мащабиране, скролиране и търсене, които позволяват детайлен анализ и интерпретация на библиометрични карти. Тези възможности правят VOSviewer особено ефективен за идентифициране на изследователски тенденции, анализ на позиционирането на изследвания в по-широк научен контекст и оценка на новостта на научните усилия (Triwahyuningtyas, Kurniawan, & Nugroho, 2021).

Освен това VOSviewer предлага няколко важни и полезни характеристики:

- Поддържа различни видове библиометричен анализ, адаптирайки се към разнообразни изследователски цели.
- Интегрира се с основни библиографски бази данни за безпроблемна обработка на данни.
- Макар и да не отчита времевото измерение, софтуерът е оптимизиран за анализ на малки до средни набори от данни.
- Създаден е за задачи, свързани с текстова обработка, използвайки усъвършенствани техники за разпределение и клъстеризация.
- Предоставя функции за наслагване и визуализация на плътност, които позволяват интуитивно изследване на връзките и моделите в библиометричните данни.

Благодарение на тези предимства, програмата VOSviewer е избрана като инструмент за извършване на библиометричния анализ, предоставяйки лесна за използване платформа за интерпретация на големи набори от данни и разкриване на значими взаимовръзки в процеса на изследване.

Резултатите са представени чрез таблици и графики, генерирани с помощта на VOSviewer, които обобщават библиометричния анализ. Обсъждат се само релевантни публикации, като нерелевантните са изключени от понататъшното разглеждане. Това гарантира фокусирано обсъждане върху основните концепции и влиятелни публикации, свързани с „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“. Описаната методология предоставя структурирана рамка за интерпретиране на произхода и концептуалната еволюция на тези ключови термини, свързани с актуалните тенденции в машиностроенето в реферирани публикации.

5. Открояване на еволюционните промени в технологиите при прехода от „Индустрия 4.0“ към „Индустрия 5.0“ посредством библиометричен анализ

Преходът от „Индустрия 4.0“ към „Индустрия 5.0“ представлява еволюционен процес, при който технологичният напредък се съчетава с нова философия на индустриално развитие, поставяща в центъра не само (и основно) ефективността, но и човека, устойчивостта и социалната отговорност. Библиометричния анализ на научната литература в Scopus ясно очертава различията между двете парадигми. В периода на доминиране на „Индустрия 4.0“ изследванията се концентрират върху автоматизацията, дигитализацията, Интернет на нещата, киберфизичните системи, изкуствен интелект и машинното обучение с основна цел създаване на интелигентни фабрики и оптимизирани производствени системи. Технологиите се разглеждат предимно като средство за подобряване на ефективността и намаляване на човешката намеса, като социалните и екологичните аспекти остават периферни.

С навлизането на концепцията „Индустрия 5.0“ се наблюдава изместване на фокуса от пълната автоматизация към съвместното опериране и сътрудничеството между хората и машините. Анализът на най-цитираните публикации и мрежовата визуализация на водещите концепции разкриват ключови тематични акценти като „човеко-центричност“, „устойчивост“, „ергономичност“ и „благосъстояние“, които не присъстват във водещите клъстери на Индустрия 4.0. Изследователите, ангажирани с „Индустрия 5.0“, насочват вниманието си към интеграцията на човешки умения, емоции и креативност в съвременните индустриални процеси, като подчертават важността на нови модели за социална и екологична отговорност.

В технологично отношение „Индустрия 5.0“ не въвежда напълно нови инструменти, а надгражда вече използваните в „Индустрия 4.0“ технологии като Интернет на нещата, големите бази данни, изкуствения интелект и интелигентната автоматизация, като ги адаптира към нови цели. Визията вече не е просто изграждането на идеалната „умна фабрика“ с минимално човешко присъствие, а на „устойчива, приобщаваща и гъвкава индустриална екосистема“. В такава приобщаваща екосистема човекът не е изместен, а в центъра на функционирането на системата, използвайки адаптивната автоматизация. Терминът „Оператор 4.0“ и сродни идеи като „Индустрия 4.1“ и „Индустрия 4S“ илюстрират това преосмисляне на ролята на човека в производствената система. Дебати може да породят интерпретацията на мястото на изкуствения интелект в „Индустрия 5.0“, тъй като концепцията е по-рано възникнала и е често влизаща в обхвата на „Индустрия 4.0“, но развитието на тази технология показва, че истинското възприемане и обогатяване на начините за използването ѝ предстоят, което ориентира прехода по-категорично асоциирайки го с възхода на големите езикови модели.

По този начин се доказва, че еволюцията от „Индустрия 4.0“ към „Индустрия 5.0“ не е рязък разрыв, а плавен преход, в който технологиите са вече познати, но се преосмислят спрямо новите обществени и екологични предизвикателства. Докато „Индустрия 4.0“ символизира дигиталната трансформация, „Индустрия 5.0“ задава нова парадигма, в която технологичните иновации служат на по-висши и хармонични цели като устойчивото развитие, човешкото достойнство и създаването на социална стойност. Така този преход може да се разглежда като движение от дигитализъм и техноцентризм към холистичен и етичен модел на индустриализация, в който симбиозата между човек и технология стои в основата на бъдещето на производството.

5.1. Библиометричен анализ в областта на Индустрия 4.0

За целите на библиометричния анализ на темата „Индустрия 4.0“ е важно да се идентифицират най-влиятелните научни публикации, които формират основата на изследванията в тази област. Многократно цитираните статии предоставят ценна информация за основните изследователски тенденции, ключови теми и концепции, които определят развитието на индустрията и научния напредък. Таблицата по-долу представя десетте най-цитирани публикации в базата данни SCOPUS, като фокусът е върху броя на цитиранията, авторите и изследваните теми, които подчертават значението на Индустрия 4.0 в научната литература. Високият брой цитирания на статиите, публикувани в реномирани списания като *International Journal of Production Research* и *International Journal of Production Economics*, подчертава значението на темата за Индустрия 4.0 за научната и индустриалната общност. Освен това акцентите върху теми като внедряване на технологии,

дигитализация и устойчивост показват мултидисциплинарния характер на изследванията и практическото значение на Индустрия 4.0 за производството и управлението на веригите за доставки.

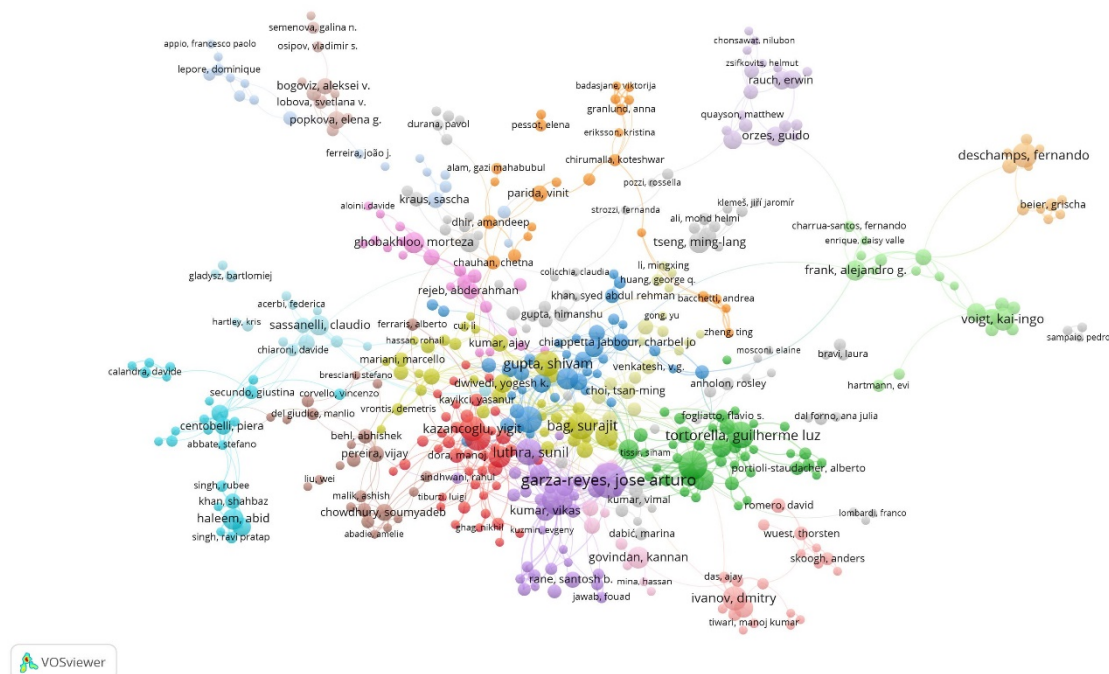
Таблица 2

10-те най-цитирани публикации в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 в базата данни Scopus

No.	Автори	Заглавие	Периодично издание	Брой цитирания
1	Xu, L.D., Xu, E.L., Li, L.	Industry 4.0: State of the art and future trends	International Journal of Production Research, 2018, 56(8), pp. 2941–2962	2,187
2	Frank, A.G., Dalenogare, L.S., Ayala, N.F.	Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies	International Journal of Production Economics, 2019, 210, pp. 15–26	1,875
3	Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.F.R., Ramos, L.F.P.	Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal	International Journal of Production Research, 2017, 55(12), pp. 3609–3629	1,456
4	Dalenogare, L.S., Benitez, G.B., Ayala, N.F., Frank, A.G.	The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance	International Journal of Production Economics, 2018, 204, pp. 383–394	1,438
5	Ghobakhloo, M.	Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability	Journal of Cleaner Production, 2020, 252, 119869	1,223
6	Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B.	The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics	International Journal of Production Research, 2019, 57(3), pp. 829–846	1,168
7	Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., ... Kim, B.H., Noh, S.D.	Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology, 2016, 3(1), pp. 111–128	1070
8	Ghobakhloo, M.	The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0	Journal of Manufacturing Technology Management, 2018, 29(6), pp. 910–936	969
9	Ben-Daya, M., Hassini, E., Bahrour, Z.	Internet of things and supply chain management: a literature review	International Journal of Production Research, 2019, 57(15-16), pp. 4719–4742	896
10	Horváth, D., Szabó, R.Z.	Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?	Technological Forecasting and Social Change, 2019, 146, pp. 119–132	838

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>

Мрежовата визуализация на водещите автори в областта на Индустрия 4.0 позволява да се идентифицират авторите, колективите и особено значимите натрупвания в публикациите.



Фигура 3. Мрежова визуализация на водещите автори в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 в базата данни Scopus

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>, собствени изчисления

Въз основа на графиката и структурата на мрежата могат да бъдат идентифицирани някои от най-влиятелните автори в областта на „Индустрия 4.0“. Идентифицирането се извършва по следните критерии:

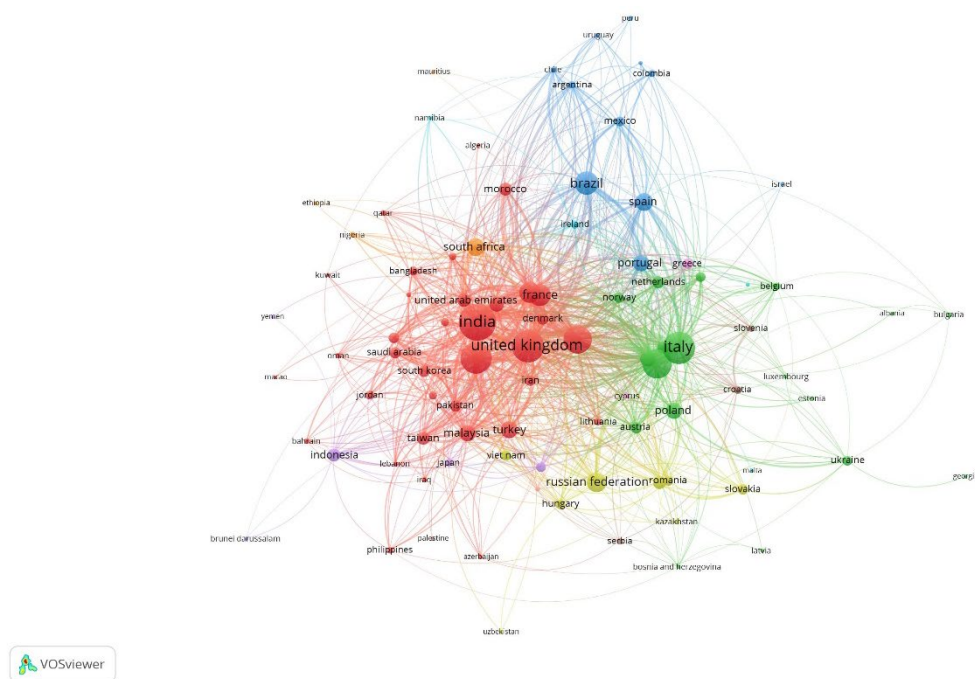
- Централна позиция в мрежата – авторите, които са разположени в центъра на мрежата и свързват различни клъстери, обикновено са най-влиятелните.
- Гъстота на връзките – авторите, които имат най-много връзки към други автори, са силно свързани и значими.
- Размер на името – в повечето графики, генерирани с VOSviewer, размерът на името отразява честотата на цитиранията или публикациите.

Един от тях е Хосе Артуро Гарза-Рейес, който заема централна позиция в мрежата и е свързан с множество клъстери, което показва силно влияние и значимост в изследванията. Кай-Инго Войгт също изпъква като един от ключовите автори, участвайки в голям и плътно свързан клъстер. Баг Суражит е друг автор, който е тясно свързан с Гарза-Рейес, като двамата са част от активен и влиятелен изследователски екип. Шивам Гупта е видимо

значим и активен участник в мрежата, свързан с множество съавтори, което предполага участие в редица съвместни публикации. Алехандро Франк също заема централна роля, като свързва различни клъстери и демонстрира широкообхватно влияние. Минг-Ланг Ценг изпъква със своите връзки към периферни мрежи, което показва участие в разнообразни изследователски направления. Клаудио Сасанели е част от централен клъстер и активно участва в ключови изследвания.

Ервин Раух е друг значим автор, който е свързан с множество по-малки изследователски групи, което предполага лидерска роля в специфична под-дисциплина. Фернандо Дешампс е също влиятелен автор, заемащ важна позиция в своя клъстер, подчертавайки значението му в определени изследователски области. Пиера Чентобели също демонстрира активно присъствие с ключови връзки в голям клъстер, което обозначава участие в редица значими изследвания. Тези автори изпъкват със своята централна позиция и свързаност в мрежата, което ги определя като основни фигури в изследователската област на „Индустрия 4.0“.

Мрежовата визуализация на държавите с изследвания в областта на Индустрия 4.0 позволява да се открият водещите държави в публикационната активност по темата.



Фигура 4 Мрежова визуализация на водещите държави в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 4.0 в базата данни Scopus

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>, собствени изчисления

Графиката показва мрежа от държави, ангажирани в изследвания в областта на „Индустрия 4.0“. Петте най-значими държави, които изпъкват като

Италия също заема важна позиция, като е основен двигател на изследванията в Европа и демонстрира силни връзки с източноевропейските и южно-европейските държави. Бразилия изпъква като водеща държава в Латинска Америка, създавайки връзки с други страни от региона, както и с европейските държави, включително Испания и Португалия, което подсказва исторически и културни връзки. Испания е друга ключова държава, която играе ролята на свързващо звено между Европа и Латинска Америка, укрепвайки своята позиция чрез тясно сътрудничество с Португалия и други европейски страни.



на всяка от изследваните тематични области, групирайки термини, които са тясно свързани и често съвпадат в литературата.

Централната тема в мрежовата графика е самата Индустрия 4.0, която е силно свързана с множество важни направления, основополагащи за разбиране и прилагане на принципите на четвъртата индустриална революция. Тези направления са обединени в клъстери от технологии и понятия, които са с различна тежест и обхват. Един от основните клъстери е свързан с „Интернет на нещата“ (Internet of Things - IoT), който играе централна роля в създаването на свързани, интелигентни системи за управление и производство. IoT е тясно обвързан с „Кибер-физични системи“ (Cyber-Physical Systems) и „Облачни технологии“ (Cloud Computing), които осигуряват инфраструктурата за интеграция и обработка на данни в реално време.

Друг значим клъстер е „Дигитална трансформация“ (Digital Transformation) – водеща тема, подчертаваща важността на дигитализацията за модернизацията на бизнес процесите в машиностроенето и индустрията. Тази концепция е свързана с „Иновации“ (Innovation) и „Иновации на бизнес моделите“ (Business Model Innovation), които подчертават необходимостта от адаптация на бизнес стратегиите към новите технологии. Клъстерът „Кръгова икономика“ (Circular Economy) също заема значително място в мрежата, подчертавайки връзката между устойчивостта и индустриалните процеси в контекста на „Индустрия 4.0“.

Клъстерите „Верига на доставки“ (Supply Chains), „Блокчейн“ (Blockchain) и „Вземане на решения“ (Decision Making) са представени като критични области за прилагането на технологиите, свързани с „Индустрия 4.0“. Те обхващат оптимизацията на веригите за доставки и използването на интелигентни системи за вземане на решения. Други ключови области включват „Извличане на данни“ (Data Mining), „Изкуствен интелект“ (Artificial Intelligence) и „Машинно обучение“ (Machine Learning), които предоставят необходимите инструменти за анализ и автоматизация на процесите.

Графиката също така акцентира върху специфични приложения като „Адитивно производство“ (Additive Manufacturing) и „Интелигентна поддръжка“ (Smart Maintenance), които демонстрират практическите аспекти на технологиите в индустриалната среда. Тези концепции отразяват разнообразието от направления, които определят изследванията в областта на Индустрия 4.0. Мрежовата визуализация показва, че Индустрия 4.0 служи като обединяващ център, свързващ разнообразни клъстери, които заедно представляват технологичните, стратегическите и екологичните измерения на изследванията в тази област.

5.2. Библиометричен анализ в областта на Индустрия 5.0

За целите на библиометричния анализ на темата „Индустрия 5.0“ е от съществено значение да се разгледат най-цитираните публикации, които формират основата на изследванията в икономическите и бизнес аспектите на тази област. Индустрия 5.0 се отличава със своя фокус върху устойчивостта, човеко-центричността и интеграцията на авангардни технологии,

което я прави обект на нарастващ интерес в научната литература. Таблицата по-долу представя десетте най-цитирани публикации в базата данни Scopus, като подчертава авторите, заглавията, научните издания и броя на цитиранията. Тази информация разкрива ключовите изследователски направления и основните концепции, които определят развитието на Индустрия 5.0, и служи като ориентир за бъдещи изследвания в областта. Библиометричният анализ на данните от публикациите в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 5.0 в базата данни Scopus показва по-слабото засъпяване на концепцията в научната литература и по-малкото ѝ влияние върху развитието на индустрията, доколкото продължава високата публикационна активност по Индустрия 4.0.

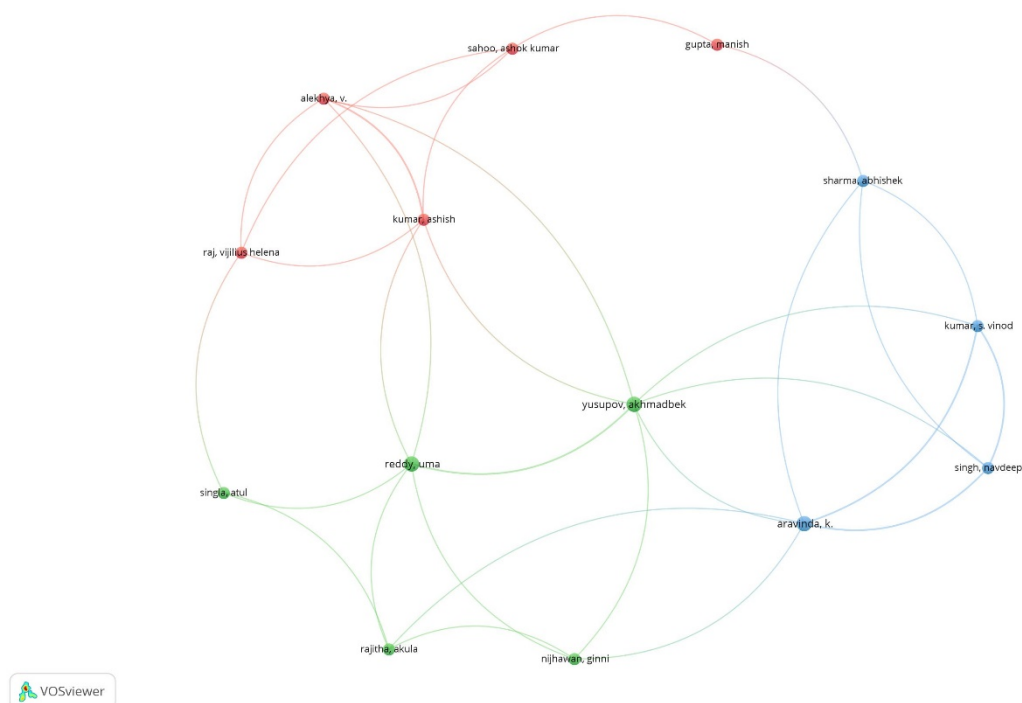
Таблица 3

10-те най-цитирани публикации в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 5.0 в базата данни Scopus

№.	Автори	Заглавие	Периодично издание	Брой цитирания
1	Javed A.R.; Shahzad F.; Rehman S.U.; Zikria Y.B.; Razzak I.; Jalil Z.; Xu G.	Future smart cities requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects	Cities	312
2	Choi T.-M.; Kumar S.; Yue X.; Chan H.-L.	Disruptive Technologies and Operations Management in the Industry 4.0 Era and Beyond	Production and Operations Management	307
3	Ivanov D.	The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives	International Journal of Production Research	259
4	Carayannis E.G.; Morawska-Jancelewicz J.	The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities	Journal of the Knowledge Economy	250
5	Yin S.; Yu Y.	An adoption-implementation framework of digital green knowledge to improve the performance of digital green innovation practices for industry 5.0	Journal of Cleaner Production	216
6	Javaid M.; Haleem A.	Critical components of industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing	Journal of Industrial Integration and Management	201
7	Pillai S.G.; Haldorai K.; Seo W.S.; Kim W.G.	COVID-19 and hospitality 5.0: Redefining hospitality operations	International Journal of Hospitality Management	190
8	Javaid M.; Haleem A.; Singh R.P.; Ul Haq M.I.; Raina A.; Suman R.	Industry 5.0: Potential applications in covid-19	Journal of Industrial Integration and Management	160
9	Raja Santhi A.; Muthuswamy P.	Influence of Blockchain Technology in Manufacturing Supply Chain and Logistics	Logistics	149
10	Sindhvani R.; Afridi S.; Kumar A.; Banaitis A.; Luthra S.; Singh P.L.	Can industry 5.0 revolutionize the wave of resilience and social value creation? A multi-criteria framework to analyze enablers	Technology in Society	146

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>

Мрежовата визуализация на водещите автори в областта на Индустрия 5.0 позволява да се идентифицират авторите, колективите и особено значимите натрупвания в публикациите.



Фигура 6. Мрежова визуализация на водещите автори в областта на икономическите и бизнес аспектите на Индустрия 5.0 в базата данни Scopus

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>, собствени изчисления

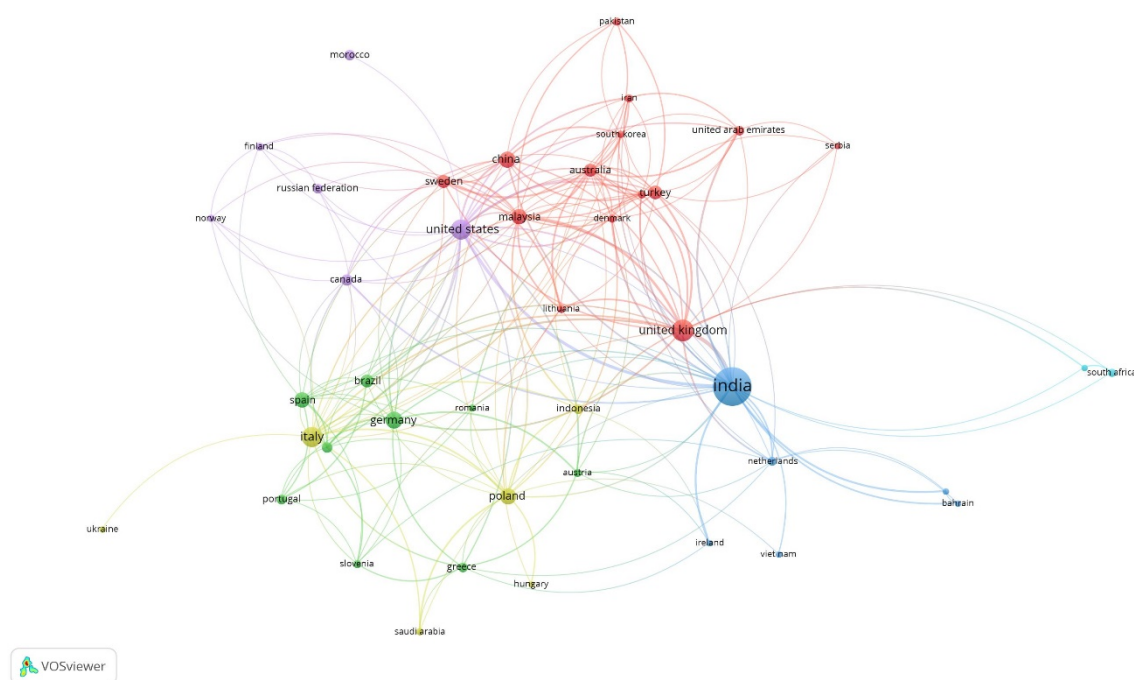
Графиката представя мрежата от автори, по-активно участващи в изследванията в областта на „Индустрия 5.0“. Сред най-влиятелните автори се открояват тези, които заемат централни позиции в мрежата и имат множество връзки с други автори. Въпреки че гъстотата на мрежата е далеч по-малка от тази при „Индустрия 4.0“, все пак могат да се направят определени изводи. Ахмадбек Юсупов е един от ключовите автори с висока степен на свързаност, което го прави важна фигура в изследванията. Ума Реди също заема значима позиция, като създава връзки между различни автори и клъстери, демонстрирайки активно участие в съвместни изследвания.

Джинни Ниджхаван и Атул Сингла са други водещи автори, допринасящи за свързването на различни изследователски групи, като същевременно играят важна роля в обмена на идеи. Ашиш Кумар и Мани Гупта формират друга силно свързана двойка, която допринася за разширяването на изследователската база в тази област. Абхишек Шарма и Винод Кумар участват в разработването на ключови концепции, свързани с „Индустрия 5.0“.

Виджилис Хелена Радж и Ашок Кумар Саху също са влиятелни автори, които играят активна роля в оформянето на изследователската мрежа,

като работят по теми, свързани с устойчивост и иновации. К. Аравинда допълва картината на най-влиятелните в тази област автори с връзките си към различни изследователски групи, подчертавайки важността на мултидисциплинарния подход.

Мрежовата визуализация на държавите с изследвания в областта на Индустрия 5.0 дава възможност да се изведат държавите с най-висока публикационна активност по темата.



Фигура 7. Мрежова визуализация на водещите държави в областта на икономическите и бизнес аспекти на Индустрия 5.0 в базата данни Scopus

Източник: <https://www.sciencedirect.com/search>, собствени изчисления

Графиката изобразява мрежа от държави, които участват в изследванията в областта на „Индустрия 5.0“, като връзките между тях показват сътрудничеството и обмяна на знания. Индия заема централна и ключова позиция в мрежата, с множество връзки към други държави като Обединеното кралство, Нидерландия и Южна Африка. Това подчертава активната роля на Индия в международните изследователски инициативи и нейното влияние в развитието на тази област. Обединеното кралство също е значим участник, със силни връзки към други държави като САЩ, Китай и Австралия. Това демонстрира глобалния характер на изследванията, провеждани в Обединеното кралство, и неговото участие в множество международни партньорства. САЩ, от своя страна, показват голяма свързаност с ключови европейски и азиатски държави, включително Германия, Швеция и Китай, което ги прави важен играч в глобалната изследователска мрежа. Италия, Германия



подчертаваща фокуса на „Индустрия 5.0“ върху хармонията между технологиите и човешката природа. Тя формира втория клъстер заедно с концепции като „Добро състояние“ (Well-being) и „Ергономичност“ (Ergonomy), които поставят акцент върху подобряването на работната среда и включването на човешкия фактор в индустриалните процеси.

Третият клъстер „Устойчивост“ (Sustainability) също заема важно място, подчертавайки екологичната и социалната устойчивост като основополагащи принципи на „Индустрия 5.0“. Тази концепция е силно свързана с „Целите за устойчиво развитие“ (Sustainable Development Goals) и „Общество 5.0“ (Society 5.0), което демонстрира интеграцията на социални и екологични аспекти в индустриалните иновации.

„Дигитализация“ (Digitalization) и „Дигитална трансформация“ (Digital Transformation) са също основни елементи, свързани с внедряването на нови технологии като „Интернет на нещата“ (Internet of Things) и „Големи данни“ (Big Data). Тези технологии играят централна роля в анализа на данни, автоматизацията и създаването на свързани екосистеми и формират 4-ти клъстер.

Производството и управлението на вериги на доставки също изпъкват като важни области, като са свързани с концепции като „Интелигентно производство“ (Intelligent Manufacturing) и „Система за подпомагане на вземането на решения“ (Decision Support Systems - DSS). Системата за подпомагане вземането на решения е платформа, създадена да събира, анализира и синтезира данни в подробни информационни доклади, които подпомагат процеса на вземане на решения, като предоставя смислени анализи и заключения. Това подчертава значението на интелигентните системи за оптимизация и ефективност в индустриалните процеси.

Връзките между концепциите показват силна взаимозависимост между технологиите, устойчивостта, човешкия фактор и дигиталната трансформация. Графиката демонстрира как „Индустрия 5.0“ обединява тези аспекти, за да създаде по-устойчиви, иновативни и човеко-центрични индустриални екосистеми.

5.3. Дебатът за релацията „Индустрия 4.0“ – „Индустрия 5.0“

Концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ представляват ключови елементи в трансформацията на индустриалното производство, като разграничават различни подходи към технологичната интеграция, устойчивостта и ролята на човека в производствените процеси. „Индустрия 4.0“ се фокусира върху автоматизацията, дигитализацията и свързаността чрез технологии като Интернет на нещата (IoT), киберфизични системи (CPS), големи данни и изкуствен интелект. Основната цел на тази концепция е създаването на интелигентни фабрики, където автономните системи и алгоритмите вземат решения в реално време. Въпреки своите успехи, „Индустрия

4.0“ често е критикувана за липсата на внимание към социалните аспекти и човешката роля в индустриалните системи.

„Индустрия 5.0“ се разглежда като надграждане на „Индустрия 4.0“, акцентирайки върху взаимодействието между човека и машините, устойчивостта и социалната отговорност. Европейският съюз активно промотира тази концепция, поставяйки акцент върху човекоцентричен, устойчив и екологично отговорен подход към индустриализацията. За разлика от предшествения си, „Индустрия 5.0“ се стреми да съчетае технологичния напредък с творчеството и уменията на човека, подчертавайки важността на сътрудничеството между хората и роботите.

Споровете относно това дали „Индустрия 5.0“ представлява нова индустриална революция или е продължение на „Индустрия 4.0“, остават актуални. Някои изследователи, като Заксенхаймер, смятат, че „Индустрия 5.0“ представлява радикален преход, сравним с първите селскостопански и индустриални революции, благодарение на потенциала на био- и синтетичните технологии. Други автори виждат „Индустрия 5.0“ като еволюционна стъпка, която може да бъде по-точно определена като „Индустрия 4.0+“, с акцент върху социалните и екологични аспекти.

Една от ключовите характеристики на „Индустрия 5.0“ е нейната насоченост към интегриране на човека в производствените процеси, което съвпада с алтернативната концепция за „Оператор 4.0“. Тази идея предполага използването на адаптивна автоматизация, която подобрява уменията на операторите, съчетавайки предимствата на интелигентните машини и човешките способности. Други алтернативни обозначения на описаната концепция са „Индустрия 4.1“ и „Индустрия 4S“. Освен това „Индустрия 5.0“ поставя устойчивостта и социалната стойност в основата на индустриалните цели, като акцентира върху намаляването на въглеродния отпечатък и подобряването на качеството на живот. Въпреки че „Индустрия 5.0“ използва съществуващите технологии от „Индустрия 4.0“, като IoT, Big Data, AR и интелигентна роботика, тя се стреми да ги адаптира към новите изисквания за устойчивост и човешко благополучие. Това поражда въпроса, дали концепцията е достатъчно новаторска или представлява просто допълнение към вече утвърдената рамка на „Индустрия 4.0“.

Дебатът около тези две концепции подчертава прехода от чисто технологични иновации към по-холистичен подход, който включва социални, екологични и човешки аспекти. Докато „Индустрия 4.0“ продължава да се развива и намира широко приложение, „Индустрия 5.0“ предлага визия за бъдеще, където иновациите са насочени към устойчиво развитие и подобряване на човешкия живот. Независимо от различията в интерпретацията, и двете концепции играят решаваща роля в оформянето на бъдещето на индустрията.

Заклучение

Заявените в увода задачи могат да се определят като успешно изпълнени. Извършеният библиометричен анализ описва връзките и зависимостите между концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“, изграждащите технологични и социални компоненти в двата етапа на индустриалното развитие, идентифицира най-влиятелните автори, идеи и водещите в научен аспект страни.

Машиностроенето продължава да бъде основополагащ сектор в индустриалната икономика, като демонстрира изключителна способност за адаптиране към технологичните и социалните предизвикателства на съвременността. Анализът на историческото развитие на индустриалните революции показва ускоряване на иновациите и тяхното влияние върху обществото. Концепциите „Индустрия 4.0“ и „Индустрия 5.0“ илюстрират еволюцията на индустриализацията, преминавайки от автоматизация и дигитализация към по-хуманен и устойчив подход.

Съвременните технологии като изкуствен интелект, IoT, адитивно производство и дигитални близнаци не само оптимизират процесите, но и откриват нови възможности за сътрудничество между човека и машината. Устойчивостта и социалната отговорност стават водещи цели, което демонстрира промяната на индустрията към по-екологично и социално ориентирано развитие.

Настоящото изследване подчертава важността на иновациите и интеграцията на съвременни технологии за бъдещето на машиностроенето, като същевременно насочва вниманието към необходимостта от балансиране на икономическите цели с тези на устойчивото развитие и човешкото благосъстояние. Този динамичен сектор ще продължи да играе ключова роля за икономическото и технологичното развитие, като едновременно с това ще задава стандарти за отговорно и иновативно индустриално производство.

Използвани източници

- Anderson, R. (2019). Digital twins in manufacturing: Real-time optimization and risk management. *Journal of Engineering Technology*, 34(3), 215–229. <https://doi.org/10.6543/jet.2019.45678>.
- Brown, T., & Taylor, S. (2021). Industry 5.0: Human-machine collaboration in manufacturing. *Journal of Emerging Technologies*, 44(3), 210–225. <https://doi.org/10.7890/jet.2021.44456>.
- Chen, W., Lin, J., & Zhao, X. (2020). Robotics and mechatronics: Innovations for dynamic environments. *Journal of Robotics*, 12(1), 56–72. <https://doi.org/10.9012/jr.2020.12345>.

- Clark, L. (2022). Quantum computing in material science and industrial optimization. *Journal of Computational Physics*, 47(6), 567–580. <https://doi.org/10.4567/jcp.2022.67890>.
- Davim, J. P. (2014). *Modern mechanical engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Davis, N. (2021). Hydrogen fuel cells: The next generation of clean energy. *Journal of Energy Technology*, 37(4), 98–112. <https://doi.org/10.8765/jet.2021.3456>.
- DGRI, E. C., & Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0 – Results of a workshop with Europe’s technology leaders*. Brussels: European Commission. doi:10.2777/082634
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2024). *Industry 4.0*. Retrieved from [/www.din.de/en/innovation-and-research](http://www.din.de/en/innovation-and-research): <https://www.din.de/en/innovation-and-research/industry-4-0/what-is-industry-4-0--75534>
- Donthu, N., Kumar, S., Pandey, N., & L. W. (2021). Research constituents, intellectual structure, and collaboration patterns in Journal of International Marketing: An analytical retrospective. *Journal of International Marketing*, 29(2), 1-25.
- Goldhar, J. D., & Jelinek, M. (1983). Plan for economies of scope. *Harvard Business Review*, 61(6), 141- 148.
- Green, D. (2018). The impact of 3D printing on aerospace and automotive industries. *Additive Manufacturing Journal*, 8(5), 321–337. <https://doi.org/10.6789/amj.2018.56789>.
- Hull, J. (. (1999). The Second Industrial Revolution: The History of a Concept. *Storia della Storiografia*(36), 81–90.
- Johnson, P. (2019). Big data and IoT: Driving efficiency in smart factories. . *International Journal of Production Engineering*, 12(4), 456–469. <https://doi.org/10.5678/ijpe.2019.98765>.
- Kagermann, H., & Wahlster, W. (2022). Ten Years of Industrie 4.0. *Sci*, 4(3), 26. <https://doi.org/10.3390/sci4030026>.
- Kalil, M. (2024, 01 20). *When Manufacturing Got a Brain: Industry 4.0 at Hannover Messe 2011*. Retrieved from Mikekalil.com: <https://mikekalil.com/blog/smart-manufacturing-hannover-messe/>
- Linnenluecke, M. K., Chen, X., Ling, X., Smith, T., & Zhu, Y. (2017). Research in finance: a review of influential publications and a research agenda. *Pacific-Basin Finance Journal*, 43, 188-199.
- Lipsey, R. G. (2007). Review of Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867-1914 and Their Lasting Impact; Transforming the Twentieth Century: Technical Innovations and Their Consequences by V. Smil. *The Economic History Review*, 60(2), 441-443. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4502095>

- Miller, C. (2021). IoT-enabled smart ecosystems: From factories to urban planning. *Journal of Digital Innovation*, 19(2), 101–117. <https://doi.org/10.5432/jdi.2021.90234>.
- Nandiyanto, A. B., Abdullah, A. G., Rasshidi, M., & Mu'tadin, H. (2020). Bibliometric analysis using VOSviewer on scientific publications related to COVID-19. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(2), 121–141. <https://doi.org/10.17509/ijost.v5i2.24677>.
- Nguyen, T. (2021). Adaptive mechatronics systems for modern industry. *Mechatronics Advances*, 10(8), 401–419. <https://doi.org/10.8901/ma.2021.98765>.
- Palmatier, R. W., Houston, M. B., & Hulland, J. (2018). Review articles: Purpose, process, and structure. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 46, 1–5.
- Patel, R., Singh, A., & Kumar, V. (2020). Advances in additive manufacturing and its industrial applications. . *International Journal of Advanced Engineering*, 15(7), 412–430. <https://doi.org/10.3456/ijae.2020.15678>.
- Rothwell, R. (1979). The Relationship between Technical Change and Economic Performance in Mechanical Engineering: Some Evidence. In M. (. Baker, *Industrial Innovation*. London: Palgrave Macmillan. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-349-03822-0_3
- Sharma, A., & Singh, B. J. (2020). Evolution of industrial revolutions: a review. . *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(11), 66–73.
- Shen, X., & Wang, Y. (2020). Text mining and citation analysis using VOSviewer: A tool for bibliometric visualization. *Journal of Information Science*, 46(3), 386–401. <https://doi.org/10.1177/0165551520927632>.
- Smith, J. (2020). The role of Industry 4.0 in transforming manufacturing processes. *Journal of Industrial Technology*, 35(2), 123–136. <https://doi.org/10.1234/jit.2020.12345>.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333–339.
- Sozansky, L. Y. (2023). Development of Mechanical Engineering in the Conditions of Globalization (Experience of EU Countries). *Statistics of Ukraine*, 101 (2), 84–93. doi:[https://doi.org/10.31767/su.2\(101\)2023.02.09](https://doi.org/10.31767/su.2(101)2023.02.09)
- Thompson, R., & Lee, M. (2019). Renewable energy solutions for sustainable manufacturing. *Sustainable Energy Journal*, 24(9), 245–259. <https://doi.org/10.2345/sej.2019.6784>.
- Triwahyuningtyas, M., Kurniawan, T., & Nugroho, A. (2021). Using VOSviewer for mapping research trends: A bibliometric study. *Journal of Advanced Research*, 9(1), 123–130. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/12345>.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. . *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

- Verma, S., & Gustafsson, A. (2020). Investigating the emerging COVID-19 research trends in the field of business and management: A bibliometric analysis approach. *Journal of Business Research*, 118, 253–261.
- Vieweg, H.-G. (2012). The EU Mechanical Engineering - Success in Global Markets Drives Growth. *CESifo Forum*, 13(1), 60-69.
- Wahlster, W. (2012). *From industry 1.0 to industry 4.0: Towards the 4th industrial revolution*. Forum Business meets Research.
- Walker, B., Smith, L., & Hughes, J. (2020). Eco-friendly engineering practices: Reducing the carbon footprint in manufacturing. *Journal of Sustainable Engineering*, 22(5), 189–203. <https://doi.org/10.7890/jse.2020.34567>.
- Wilson, K. (2020). Personalization and sustainability in Industry 5.0. *Technology and Society*, 29(1), 75–89. <https://doi.org/10.2345/ts.2020.29123>.
- Zhang, H., & Kim, S. (2022). Augmented and virtual reality for precision engineering. *International Journal of VR Technology*, 18(2), 143–160. <https://doi.org/10.3456/ijvr.2022.23456>.

СТОПАНСКА АКАДЕМИЯ „Д. А. ЦЕНОВ“ - СВИЩОВ

НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
НА ДОКТОРАНТИ

ГОДИШЕН
АЛМАНАХ



Том XVII, 2024 г.
Книга 20



Том XVII, 2024

Книга 20

Академично издателство
„ЦЕНОВ“ - Свищов

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ:

Доц. д-р Пепа Стойкова – главен редактор
Доц. д-р Красимира Славева – зам.-главен редактор
Доц. д-р Ваня Григорова
Доц. д-р Христо Сирашки
Доц. д-р Петранка Мидова
Доц. д-р Николай Нинов
Доц. д-р Евелина Парашкевова-Великова
Доц. д-р Венцислав Вечев
Доц. д-р Стела Касабова

Екип за техническо обслужване:

Анка Танева – Стиллов редактор
Ст. преп. Иванка Борисова – Стиллов редактор на английски език
Елена Генчева – Технически секретар

ISSN 1313-6542

Съдържание

Студии

Иван Росенов Митков

ПРОГНОЗИРАНЕ НА ТЪРСЕНЕТО НА БЪРЗООБОРОТНИ СТОКИ:
СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА КЛАСИЧЕСКИ И МОДЕРНИ МАШИНИ
АЛГОРИТМИ5

Йордан Николаев Колев

УПРАВЛЕНСКО-АДМИНИСТРАТИВНИ АСПЕКТИ
НА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА ИНТЕГРИРАНИТЕ
ТЕРИТОРИАЛНИ ИНВЕСТИЦИИ30

Ненко Василев Василев

АКТУАЛНИ ТЕНДЕНЦИИ В МАШИНОСТРОЕНЕТО –
ПОТЕНЦИАЛ ЗА РАСТЕЖ47

Нина Иванова Герганова

ИНОВАЦИИ И ИКОНОМИЧЕСКИ РАСТЕЖ В КРИЗИСНА СРЕДА:
ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА78

Станимира Димитрова Томова

УПРАВЛЕНИЕТО НА ЗДРАВНИТЕ ГРИЖИ КАТО ЕЛЕМЕНТ
НА ЗДРАВНАТА СИСТЕМА99

Цветомира Георгиева Велева

ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРЕД ДИГИТАЛНАТА
ТРАНСФОРМАЦИЯ НА БАНКОВИЯ СЕКТОР В БЪЛГАРИЯ125

Статии

Abrar Ashraf

LEVERAGING DIGITAL TWINS FOR ECOSYSTEM RESTORATION
AND BIODIVERSITY CONSERVATION IN THE GREEN
ECONOMY FRAMEWORK.....155

Ахмед Куйтов

ФИНАНСОВИ МОДЕЛИ ЗА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ
НА МЛАДЕЖКИ ПРОСТРАНСТВА170

Боряна Руменова Пейчева

ДИГИТАЛНИ АСПЕКТИ НА ИКОНОМИЧЕСКАТА
ФУНКЦИЯ В МИТНИЧЕСКИЯ КОНТРОЛ184

Василена Щерева Кръстанова ПОДХОДИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИКОНОМИЧЕСКИТЕ КРИЗИ В ХОТЕЛИЕРСКОТО ПРЕДПРИЯТИЕ	200
Ивайло Георгиев Македонски ПАРАЛЕЛ МЕЖДУ БЮРОКРАТИЧНИТЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДИ И СЕГА. ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА "ИДЕАЛНАТА ОРГАНИЗАЦИЯ"	211
Йордан Стефанов Генов АСПЕКТИ НА ЕЗИКОВАТА КУЛТУРА КАТО ЧАСТ ОТ КОМУНИКАТИВНИТЕ УМЕНИЯ В КОНТЕКСТА НА ПРЕНОСИМИТЕ КОМПЕТЕНЦИИ	220
Камелия Кирилова Ангелова ЕВРОПЕЙСКА НОРМАТИВНА РЕГЛАМЕНТАЦИЯ НА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ	234
Маргарита Емилова Кръстева НЕДОСТИГ НА ЛЕКАРСТВА В ЕС - ГЕНЕЗИС НА ПРОБЛЕМА И ВЪЗМОЖНИ РЕШЕНИЯ	243
Марин Георгиев Герганов ВЛИЯНИЕ НА АУТСОРСИНГА НА ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ ВЪРХУ ДИГИТАЛНАТА ТРАНСФОРМАЦИЯ НА БИЗНЕС ОРГАНИЗАЦИИТЕ	254
Мария Петрова Дачева ТЕНДЕНЦИИ ВЪВ ФАСИЛИТИ МЕНИДЖМЪНТА В БЪЛГАРИЯ.....	267
Никола Иванов Николов ТЕМАТИЧЕН ОБЗОР НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА ИНФЛАЦИОННИТЕ ПРОЦЕСИ В БЪЛГАРИЯ	279
Пенка Стефанова Чернаева ИЗКУСТВЕНИЯТ ИНТЕЛЕКТ: ПОМОЩНИК ИЛИ ЗАПЛАХА ЗА "МИДЪЛ МЕНИДЖМЪНТА" ПРИ ВНЕДРЯВАНЕ НА ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА АГРОБИЗНЕСА.....	289
Росен Здравков Тумбев СТРЕС НА РАБОТНОТО МЯСТО И ЕМОЦИОНАЛНА ИНТЕЛИГЕНТНОСТ НА МЕНИДЖЪРА	301
Румяна Божидарова Георгиева КОМПЕТЕНЦИИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЕКТИ В СИСТЕМАТА НА ПРЕДУЧИЛИЩНОТО ОБРАЗОВАНИЕ	312
Сиана Пламенова Спасова ДИВЕРСИФИКАЦИЯ НА ТУРИСТИЧЕСКИЯ ПРОДУКТ ЧРЕЗ ОРГАНИЗИРАНИ СЪБИТИЯ	322