

**Conferința Națională Multidisciplinară
„PROFESORUL ION D. LĂZĂRESCU
FONDATORUL ȘCOLII ROMÂNEȘTI
DE TEORIA AȘCHIERII”**

Ediția a VIII-a

Cugir, 13 decembrie 2024

PARTICULARITĂȚI AVANTAJOASE ACCESIBILE CU INDUSTRY 5.0

Mihaela Elisabeta CIORTEA

ADVANTAGEOUS FEATURES AVAILABLE WITH INDUSTRY 5.0

Abstract: In the paper Industry 5:0 is seen as the next industrial evolution, it has the main objective of harnessing creativity in collaboration with efficient, intelligent and precise machines, in order to achieve solutions dedicated to resource-efficient production and user-acceptable in comparison with Industry 4:0. In the paper I introduced some new concepts and definitions of Industry 5:0. Some research challenges and open issues are highlighted that should be further developed to realize Industry 5:0.

Cuvinte cheie: Industry 5.0, Manufacturing

1. Introducere

Conform literaturii de specialitate, se credea că Industria 4.0 promovează dezvoltarea durabilă, a fost ignorat sau au fost înțelese greșit multe preocupări predominante privind sustenabilitatea, ceea ce a dus la apariția agendei Industriei 5.0. Astfel, în timp ce valorile de durabilitate ale Industriei 5.0 sunt recunoscute pe scară largă, cunoștințele despre modul în care această agendă poate oferi o transformare durabilă lipsește.

Industria 5.0 este un concept teoretic care reprezintă următoarea fază a dezvoltării industriale dincolo de Industria 4.0. În

timp ce Industria 4.0 s-a concentrat pe integrarea tehnologiilor avansate precum automatizarea, inteligența artificială și Internetul obiectelor (IoT) în procesele de producție, Industry 5.0 încearcă să integreze aceste tehnologii cu creativitatea și intuiția umană pentru a crea un mediu de producție mai colaborativ și mai flexibil.[[12]

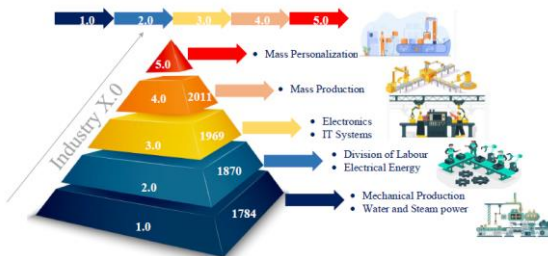


Fig. 1 Prezentare a evoluției industriale [10]

Odată cu apariția Industriei 1:0 în 1784, producția industrială a început să se schimbe semnificativ. Figura 1 prezintă o privire de ansamblu asupra evoluției Industrial X:0 [2]. În anul 1800, Industria 1:0 a evoluat prin dezvoltarea infrastructurilor de producție mecanică pentru mașini alimentate cu apă și abur. Există un câștig masiv în economie, deoarece capacitatea de producție a crescut. Industria 2:0 a evoluat în anul 1870 cu conceptul de producție de energie electrică și linie de asamblare. Industria 2:0 s-a concentrat în primul rând pe producția de masă și distribuția sarcinilor de lucru, ceea ce a crescut productivitatea companiilor de producție. Industria 3:0 a evoluat în 1969 cu conceptul de electronică, automatizare parțială și tehnologii informaționale. Industry 4:0 a evoluat în 2011 cu conceptul de fabricație inteligentă pentru viitor. Obiectivul principal este maximizarea productivității și realizarea producției de masă folosind tehnologii emergente [9; 5]. Industry 5:0 este o evoluție viitoare concepută pentru a folosi creativitatea experților umani care lucrează împreună cu mașini eficiente, inteligente și precise [6].

Standardul Industry 4:0 a revoluționat sectorul de producție prin integrarea mai multor tehnologii, cum ar fi inteligența artificială (AI), Internetul obiectelor (IoT), cloud computing, sistemele fizice cibernetice (CPS) și calculul cognitiv. Principiul principal din spatele Industriei 4:0 este de a face industria prelucrătoare „inteligentă” prin interconectarea mașinilor, dispozitive care se pot controla între ele pe tot parcursul ciclului de viață [10].

Industry 5:0 este în prezent conceptualizată pentru a valorifica creativitatea unică a experților umani pentru a colabora cu mașini puternice, inteligente și precise.

Industry 5:0 va crește semnificativ eficiența în producție și va crea versatilitate între oameni și mașini, permițând responsabilitatea pentru interacțiune și monitorizarea constantă. Colaborarea dintre oameni și mașini are ca scop creșterea producției într-un ritm rapid. Industria 5:0 poate îmbunătăți calitatea producției prin atribuirea de sarcini repetitive și monotone roboților/mașinilor și sarcinilor care necesită gândire critică pentru oameni.

Industry 5:0 folosește analiza predictivă și inteligența operațională pentru a crea modele care urmăresc să ia decizii mai precise și mai puțin instabile. În Industry 5:0, majoritatea procesului de producție va fi automatizat, deoarece datele în timp real vor fi obținute de la mașini în combinație cu specialiști înalt echipați.

2. Comparație între industria 4.0 și industria 5.0

Industria 4.0 a reprezentat o schimbare semnificativă în industria de producție, condusă de integrarea tehnologiilor avansate precum automatizarea, inteligența artificială și Internetul obiectelor (IoT). Industria 5.0 se bazează pe aceste tehnologii, dar se concentrează pe integrarea creativității umane și a intuiției pentru a crea un mediu de producție mai colaborativ și mai flexibil.

Iată câteva dintre principalele diferențe importante dintre Industria 4.0 și 5.0 [13]:

□ Concentrare pe colaborare: În timp ce Industria 4.0 a subliniat automatizarea și eficiența bazată pe tehnologie, Industria 5.0 urmărește să integreze mai deplin lucrătorii umani în procesul de producție, lucrând în colaborare cu mașinile pentru a maximiza productivitatea și calitatea.

□ Un accent mai mare pe creativitate: Industria 5.0 recunoaște importanța creativității umane și a intuiției în producție, tehnologii precum realitatea augmentată și virtuală ajutând lucrătorii să-și exprime ideile și design-urile mai deplin.

□ Flexibilitate sporită: Industry 5.0 urmărește să creeze medii de producție mai flexibile și adaptabile, cu tehnologii precum roboții colaborativi și monitorizarea în timp real și feedback-ul ajutând lucrătorii să răspundă mai rapid la circumstanțe în schimbare.

□ Accent pe durabilitate: În timp ce Industria 4.0 a introdus conceptul de economie circulară, Industria 5.0 pune un accent și mai mare pe

practicile de producție durabile, cu accent pe reducerea la minimum a deșeurilor și promovarea utilizării responsabile a resurselor.

□ Impactul social: Industria 5.0 recunoaște că industria prelucrătoare are un impact semnificativ asupra lucrătorilor și comunităților și încearcă să creeze un mediu de lucru mai pozitiv și mai favorabil prin tehnologii precum asistenții digitali și sistemele avansate de siguranță.

□ Integrarea tehnologiei blockchain: deși tehnologia blockchain nu a fost o caracteristică centrală a Industriei 4.0, Industria 5.0 o consideră un instrument esențial pentru asigurarea transparenței și securității tranzacțiilor lanțului de aprovizionare.

□ Utilizarea sporită a produselor personalizate: în timp ce Industria 4.0 a văzut începuturile producției personalizate, Industria 5.0 duce acest lucru la un nou nivel, cu tehnologii precum imprimarea 3D permițând o personalizare mai mare și produse mai individualizate.

3. Avantajele și dezavantajele Industriei 5.0

Industria 5.0 reprezintă următoarea fază a dezvoltării industriale care își propune să creeze un mediu de producție mai colaborativ și mai flexibil, care integrează creativitatea și intuiția umană cu tehnologii avansate [3].

□ Eficiență și productivitate îmbunătățite: integrarea tehnologiilor avansate precum automatizarea, inteligența artificială și Internetul obiectelor (IoT) pot îmbunătăți eficiența și productivitatea proceselor de producție.

□ Flexibilitate sporită: utilizarea roboților colaborativi (coboți) și a tehnologiilor de realitate augmentată (AR) și realitate virtuală (VR) poate permite proceselor de producție să fie mai flexibile și mai receptive la schimbări.

□ Produse de calitate superioară: Industria 5.0 poate duce la produse de calitate superioară prin procese de producție îmbunătățite și utilizarea sporită a feedback-ului și îndrumărilor în timp real.

□ Timp de nefuncționare redus: Întreținerea predictivă și monitorizarea în timp real pot ajuta la reducerea timpului de nefuncționare în procesele de producție.

□ O mai bună gestionare a lanțului de aprovizionare: utilizarea tehnologiei blockchain poate îmbunătăți transparența și securitatea tranzacțiilor lanțului de aprovizionare.

□ Produse mai personalizate: Industria 5.0 poate permite produse mai personalizate prin utilizarea tehnologiilor de producție digitală.

□ Siguranță sporită a lucrătorilor: roboții colaborativi și tehnologiile de realitate augmentată pot ajuta la reducerea riscului de accidente și răni la locul de muncă.

□ Creativitate sporită: prin integrarea creativității umane și a intuiției cu tehnologii avansate, Industria 5.0 poate duce la produse și soluții noi și inovatoare.

□ Satisfacția clienților îmbunătățită: utilizarea tehnologiilor de fabricație digitală și a produselor personalizate poate îmbunătăți satisfacția și loialitatea clienților.

□ Reducerea deșeurilor: implementarea unui model de economie circulară poate reduce deșeurile și poate promova sustenabilitatea proceselor de producție.

□ Economii mai mari de costuri: Industria 5.0 poate duce la economii de costuri prin creșterea eficienței, reducerea timpului de nefuncționare și managementul îmbunătățit al lanțului de aprovizionare.

□ Transparență sporită: tehnologia Blockchain poate îmbunătăți transparența tranzacțiilor din lanțul de aprovizionare și poate promova încrederea între părțile interesate.

□ Locuri de muncă mai semnificative: Industria 5.0 poate crea locuri de muncă mai semnificative care necesită creativitate și abilități de rezolvare a problemelor.

□ Impact social îmbunătățit: Accentul pe bunăstarea lucrătorilor și a comunității poate îmbunătăți impactul social al producției.

□ Avantaj competitiv: prin implementarea Industry 5.0, companiile pot obține un avantaj competitiv prin eficiență îmbunătățită, flexibilitate sporită și produse de calitate superioară.

Industry 5.0 promite numeroase beneficii, există și unele potențiale dezavantaje care ar trebui luate în considerare. Iată principalele dezavantaje posibile ale Industriei 5.0 [4]:

□ Costuri inițiale ridicate: Implementarea tehnologiilor Industry 5.0, cum ar fi roboții colaborativi, realitatea augmentată, și blockchain-ul poate necesita investiții inițiale semnificative.

□ Perturbarea locurilor de muncă tradiționale de producție: automatizarea și utilizarea în creștere a roboților în Industria 5.0 poate duce la deplasarea locurilor de muncă și poate necesita recalificarea lucrătorilor.

□ Riscuri de securitate cibernetică: deoarece industria 5.0 se bazează pe sisteme digitale interconectate, poate exista un risc mai mare de amenințări la securitatea cibernetică, cum ar fi hacking și încălcarea datelor.

□ Sisteme complexe: tehnologiile din industria 5.0 sunt complexe și pot necesita expertiză specializată, ceea ce face mai dificil de gestionat și întreținut.

□ Provocări de integrare: integrarea tehnologiilor Industry 5.0 cu sistemele și procesele existente poate fi o provocare, necesitând timp și resurse semnificative.

□ Preocupări etice: deoarece industria 5.0 poate duce la o automatizare sporită, pot exista preocupări etice cu privire la impactul asupra lucrătorilor, cum ar fi deplasarea locului de muncă și utilizarea etică a tehnologiei.

□ Impactul asupra mediului: în timp ce Industria 5.0 își propune să promoveze sustenabilitatea printr-un model de economie circulară, pot exista încă impacturi asupra mediului, cum ar fi consumul de energie și producția de deșeuri.

□ Adoptare limitată: Adoptarea tehnologiilor Industry 5.0 poate fi limitată de disponibilitatea resurselor, expertizei și barierelor de reglementare.

□ Rezistența la schimbare: Rezistența la schimbare față de procesele și tehnologiile tradiționale de fabricație poate împiedica adoptarea Industriei 5.0.

□ Dependența de tehnologie: pe măsură ce tehnologiile Industry 5.0 devin din ce în ce mai integrate în procesele de producție, poate exista riscul dependenței de tehnologie, ceea ce face mai dificil să funcționeze fără ea.

4. Aplicații în Industry 5.0

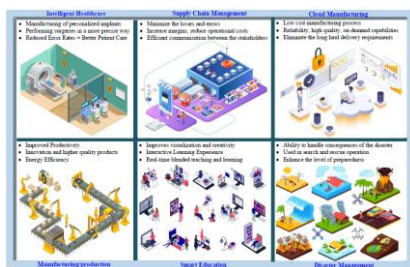


Fig. 2 Aplicații în Industry 5.0 [10]

- Asistență medicală inteligentă: O tehnologie, care poate asigura cerințe personalizate ale unui pacient, cum ar fi măsurarea monitorizării

tensiunii arteriale, a nivelului de zahăr etc., și să ofere un tratament personalizat pacienților cu asistență din partea medicilor este nevoie de ora. Industria 5.0 poate face acest lucru posibil,

- Fabricare în cloud: Fabricarea în cloud permite designerilor să-și protejeze componentele intelectuale, cum ar fi fișierele de proiectare ale articolelor de fabricație, prin stocarea în cloud cu un control robust al accesului și să utilizeze resursele de producție dispersate în diferite regiuni geografice [1.]. În acest fel, designerilor li se permite să-și plaseze fabricile de producție mai aproape de materia primă și, de asemenea, de țările în care costul de producție este mai ieftin.
- Managementul lanțului de aprovizionare: Tehnologiile perturbatoare care permit industria 5.0 precum 5G și nu numai, IoT, EC etc., aliniată cu inteligența și inovația oamenilor, pot ajuta industriile să satisfacă cererea și să livreze produse personalizate și personalizate într-un ritm mai rapid [8]. Acest lucru ajută la managementul lanțului de aprovizionare (SCM) în integrarea personalizării în masă, care este un concept cheie în Industria 5.0, în sistemele lor de producție.
- Fabricare/producție: În general, este recunoscut faptul că, în revoluțiile tehnologice trecute, introducerea roboticii și a automatizării a adus schimbări de paradigmă în industria de producție la nivel global. Roboții au desfășurat din istorie lucrări riscante, monotone sau solicitante din punct de vedere fizic în mediile de producție, cum ar fi sudarea și vopsirea în fabricile de mașini și încărcarea și descărcarea de transporturi grele în depozite [11]. Industry 5.0 are ca scop combinarea acestor abilități de calcul cognitiv cu inteligența umană și ingeniozitatea în operațiuni de colaborare, pe măsură ce mașinile de la locul de muncă devin mai inteligente și mai conectate. Prin urmare, este de imaginat că a cincea revoluție industrială va aduce schimbări în norme și va aduce schimbări fundamentale în abordarea noastră față de industrie și producție.
- Alte aplicații:
 - Education: Educația este văzută ca o necesitate necesară și piatra de temelie pentru reformele fiecărei țări.
Ca reacție la evoluțiile atât în cultură, cât și în afaceri, educația evoluează, creând resursele intelectuale valoroase de care afacerile au nevoie în viitor pentru a reuși. Educația în Industria 4.0 a fost mai orientată spre tehnologia, adică minimizând implicarea umană și acordând prioritate mașinilor, dar cu 5.0 motivul este de a crea o sinergie între mașini autonome și oameni.
 - Sisteme umane-ciber-fizice: A patra iterație s-a concentrat pe furnizarea unei interfețe în timp real între fenomenele fizice și virtuale,

valorificând în același timp conceptul de cloud computing și IoT. A patra iterație a revoluției industriale a fost instigată din proiectul de strategie guvernamental german [7] cu intenția de a obține cele mai bune din ambele lumi pentru a transforma agentul de producție. Problema critică în industria 4.0 este neglijența costului uman în procesul de optimizare și îmbunătățire a eficienței.

- Managementul dezastrelor: Incidentul brusc, catastrofal care dăunează vieții sau bunurilor este un dezastru, iar strategiile sale de prevenire/management sunt cele care ne ajută să reducem consecințele dezastrului.

Un aspect de bază al oricărui plan corporativ este ameliorarea catastrofei, dar se concentrează doar pe termen scurt.

Studiul lor calitativ a arătat că industria 4.0 se confruntă cu limitări pentru sistemele de recuperare și management în caz de dezastru. În plus, integrarea oamenilor împreună cu AI și IoT poate ajuta la rezolvarea problemelor legate de atenuarea dezastrelor. De asemenea, nu numai cutremurele, ci și alte dezastre, cum ar fi pandemia, pot fi gestionate eficient prin colaborarea oamenilor și a mașinilor inteligente.



Fig. 3 Ecosistemul de producție în cloud [10]

Figura 3 ilustrează natura colaborativă multinațională a ecosistemului tipic de producție în cloud. Fabricarea în cloud este o modalitate nouă de a revoluționa paradigma tradițională de producție într-un proces de producție avansat, prin integrarea celor mai noi tehnologii precum cloud și IoT, virtualizare și tehnologii orientate spre servicii. Într-un proces de producție în cloud, părțile interesate multinaționale vor colabora pentru a opera un proces de producție eficient și cu costuri reduse. Caracteristicile distinctive ale producției în cloud includ fiabilitatea, calitatea înaltă, rentabilitatea și capabilitățile la

cerere. În plus, are un impact pozitiv asupra mediului, deoarece producția în cloud poate elimina cerințele de livrare pe distanțe lungi de materie primă pentru procesul de fabricație. În plus, producția în cloud conduce modele avansate de producție, cum ar fi fabricarea aditivă și grila de producție.

5. Concluzii

În timp ce Industria 4.0 a reprezentat un pas semnificativ înainte în industria de producție, Industry 5.0 încearcă să ducă aceste tehnologii la următorul nivel prin integrarea creativității și intuiției umane cu mașini și tehnologie avansată.

Industry 5.0 promite să creeze medii de producție mai durabile, mai flexibile și mai responsabile din punct de vedere social, care oferă produse de calitate superioară și locuri de muncă mai semnificative.

6. Bibliografie

- [1] Akbaripour H., Houshmand M., Van Woensel T., Mutlu N., *Cloud Manufacturing Service Selection Optimization and Scheduling with Transportation Considerations: Mixed-integer Programming Models*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 95 (1-4) (2018)
- [2] Aslam F., Aimin W., Li M., Ur Rehman K., *Innovation in the era of IoT and industry 5.0: Absolute innovation management (AIM) framework*, Information 11 (2) (2020) 124
- [3] Cillo, V., Gregori, G.L., Daniele, L.M., Caputo, F., Bitbol-Saba, N. (2022). *Rethinking companies' culture through knowledge management lens during Industry 5.0 transition*. Journal of Knowledge Management, 26(10), 2485-2498
- [4] Di Marino, C., Rega, A., Vitolo, F., Patalano, S. (2023). *Enhancing Human-Robot Collaboration in the Industry 5.0 Context: Workplace Layout Prototyping*. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 454-465
- [5] Echchakoui S., Barka N., *Industry 4.0 and its impact in plastics industry: A literature review*, Journal of Industrial Information Integration (2020) 100172
- [6] ElFar O. A., Chang C.K., Leong H. Y., Peter A. P., Chew K. W., Show P. L., *Prospects of industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation*, Energy Conversion and Management: X (2020) 100048
- [7] Kagermann H., Lukas W. D., Wahlster W., *Industrie 4.0: Mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. Industriellen revolution*, VDI nachrichten 13
- [8] Li L., *Education supply chain in the era of industry 4.0*, Systems Research and Behavioral Science 37 (4) (2020) 579-592
- [9] Lu Y., *Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues*, Journal of industrial information integration 6 (2017) 1-10;

- [10] Praveen Kumar Reddy Maddikunta, Quoc-Viet Phamb,_, Prabadevi Ba, N Deepaa, Kapal Devc, Thippa Reddy Gadekallua, Rukhsana Rubyd, Madhusanka Liyanagee, *Industry 5.0: A Survey on Enabling Technologies and Potential Applications*, Journal of Industrial Information Integration · July 2021, DOI: 10.1016/j.jii.2021.100257
- [11] Yli-Ojanpera M., Sierla S., Papakonstantinou N., Vyatkin V., *Adapting an agile manufacturing concept to the reference architecture model industry 4.0: A survey and case study*, Journal of industrial information integration 15 (2019) 147-160
- [12] Wang, H., Lv, L., Li, X., Sun, C., Luo, G. (2023). *A safety management approach for Industry 5.0's human-centered manufacturing based on digital twin*. Journal of Manufacturing Systems, 66, 1-12
- [13] Wolniak R., *Industry 5.0 – Characteristic, Main Principles, Advantages And Disadvantages*, *Scientific Papers Of Silesian University Of Technology*, Organization And Management Series No. 170, 2023

Lect. dr. ing. Mihaela Elisabeta CIORTEA,
Facultatea de Științe Exacte și Inginerești,
Universitatea „1 Decembrie 1918” din Alba Iulia,
membră AGIR
mciortea@uab.ro , ciorte31mihaela@yahoo.com