

Integrarea informatională a tehnologiilor Industriei 4.0

Student:

Ceban Andrei

Conducător:

conf. univ., dr. Toca Alexei

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Ingineria Fabricației

Admis la susținere
Șef de departament:
conf. univ., dr. hab. Sergiu Mazuru

”___,” _____ 2023

Integrarea informațională a tehnologiilor Industriei 4.0

Teză de master

Programul

Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini

Student:

(Ceban Andrei)

Conducător:

(conf. univ., dr. Toca Alexei)

Chișinău - 2023

Rezumat

CEBAN ANDREI. Integrarea informatională a tehnologiilor Industriei 4.0. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricației; 2020. Teză de master: pag. 59, desene – 12, surse bibliografice – 53.

În lucrare sunt analizate tehnologiile – piloni ai conceptului Industrie 4.0 și problematica integrării informațional – decizionale a acestor tehnologii. Pentru o înțelegere mai bună a proceselor integraționale sunt utile reprezentările grafice ale fluxurilor informaționale. Se arată că integrarea are loc pe verticală (în interiorul companiei), pe orizontală (pe lanțul valoric) și a ingineriei cap – coadă. Mai mulți factori favorizează utilizarea protocoalelor standard de mesagerie bidirecțională a unei fabrici cu brocheri IoT utilizând capacitățile de calcul în nor.

Summary

CEBAN ANDREI. The informational integration of Industry 4.0 technologies. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2020. Master thesis: page 59; drawings – 12, bibliographic sources – 53.

The paper analyzes the technologies - pillars of the Industry 4.0 concept and the issue of the informational - decisional integration of these technologies. For a better understanding of integration processes, graphic representations of information flows are useful. It is shown that the integration takes place vertically (within the company), horizontally (on the value chain) and of end-to-end engineering. Several factors favor the use of standard two-directional messaging protocols in a factory with IoT brokers using cloud computing capabilities.

Cuvinte cheie. conceptul Industriei 4.0, integrarea informațional – decizională, fluxuri informaționale, ingineria cap – coadă.

Keywords. the Industry 4.0 concept, the informational - decisional integration, information flows, end-to-end engineering.

Cuprins	pag
Introducere	7
2. Tehnologiile - piloni ai Industriei 4.0	9
2.1. Internetul Industrial al Obiectelor (Industrial Internet of Things - IIoT)	9
2.2. Analiza Datelor Mari si Inteligenta Artificiala (Big Data and Artificial Intelligence Analytics)	11
2.3. Computerizare în Nori (Cloud Computing)	12
2.4. Roboți Autonomi (Autonomous Robots)	13
2.5. Simulare/Gemeni Digitali (Simulation/Digital Twins)	14
2.6. Realitatea augmentată (Augmented Reality - AR)	15
2.7. Integrarea Orizontală și Verticală (Horizontal and Vertical Integration)	15
2.8. Fabricarea Aditivă/Imprimarea 3D (Additive Manufacturing – AM / 3D Printing)	16
2.9. Securitate cibernetică (Cybersecurity)	17
2.10. Beneficiile Industriei 4.0 si a tehnologiilor sale	19
3. Integrarea informationala in cadrul Industry 4.0	21
3.1. Harta conceptuală a relațiilor informationale	23
3.2. Integrare verticală și sisteme de producție în rețea	27
3.3. Integrarea orizontală prin rețele de valori	31
3.3.1. Integrarea orizontală a rețelelor valorice cap – coada (end-to-end)	32
3.3.2. Integrarea lumii fizice cu cea digitală	33
3.4. Integrarea digitală end-to-end a ingineriei în întregul lanț valoric	35
3.5. Alte arii generale de importanță pentru integrare	36
4. Integrarea informationala a Industriei 4.0 bazata pe conceptual supletei (lean)	37
4.1. Integrarea verticală supla	40
4.2. Integrarea orizontală supla	41
4.3. Integrarea supla cap – coada a ingineriei	43
4.4. Integrarea supla și implicații pentru practică	45
5. Aspecte comunicative ale integrarii informationale in industria de producție inteligentă	46
6. Finalitati si conclusii	55
Bibliografie	57

Introducere

Din anii 1800 am experimentat trei revoluții industriale. Fiecare era alimentată de o nouă tehnologie disruptivă: mecanica motorului cu abur, inovația liniei de asamblare și viteza computerului. Motivul pentru care au fost numiți „revoluții” industriale a fost pentru că inovația care le-a condus nu a îmbunătățit doar puțin productivitatea și eficiența, ci a revoluționat complet modul în care erau produse bunurile și cum se lucra.

Ne aflăm acum în cea de a patra revoluție industrială, alias Industria 4.0, care revoluționează automatizarea, monitorizarea și analiza lanțurilor valorice prin intermediul tehnologiilor inteligente. Industria 4.0 este alimentată de Internetul Industrial al Lucrurilor (IIoT) și de sisteme ciber-fizice – sisteme inteligente și autonome, care utilizează algoritmi bazați pe computer pentru a monitoriza și controla lucruri fizice precum mașinile, roboții și vehiculele. Industria 4.0 face ca toate componentele lanțului de creare a valorilor să fie „inteligente” – de la producție și fabrici inteligente până la depozitare și logistică inteligente. Dar Industria 4.0 nu se oprește la lanțurile valorice. Se interconectează cu sistemele back-end, cum ar fi planificarea resurselor întreprinderii (ERP), pentru a oferi companiilor un nivel fără precedent de vizibilitate și control. În cele din urmă, Industria 4.0 este o parte majoră a transformării digitale a oricărei companii.

Definiția generalizată a Industriei 4.0 este creșterea tehnologiei industriale digitale... Transformările din industria 4.0 permit să se lucreze alături de mașini în moduri noi, extrem de productive.

Istoria producției moderne datează din anii 1850, când industria de automobile a început să producă mașini - un proces riguros, la acea vreme, deoarece fiecare mașină era produsă în întregime înainte de a începe producția unei mașini noi. Cu toate acestea, inventarea liniei de asamblare a lui Henry Ford a revoluționat industria. Cu această inovație, asamblarea unei singure mașini a scăzut de la 12 ore la doar 90 de minute și astfel a luat naștere producția de masă (Mass Production, Ford Motor Company). În timp ce producția de masă a crescut productivitatea, multe aspecte ale acesteia erau încă considerate de rutină. Prin progresele tehnologice și dorința umană de îmbunătățire a venit revoluția Industriei 3.0, care s-a concentrat pe automatizare. Siruri de mașini cu diferite funcții construiesc viitorul lumii. Cu toate acestea, oamenii au rămas încă necesari pentru a programa aceste mașini. Aici intervine Industria 4.0 cardinal inovatoare.

Primele trei revoluții industriale au apărut ca urmare a mecanizării, electricității și IT. Acum, introducerea Internetului Lucrurilor și Serviciilor în mediul de producție a condus la o a patra revoluție industrială.

La fel ca predecesorul său, Industry 4.0 se concentrează pe creșterea productivității și automatizării; cu toate acestea, sursa principală a acestei automatizări este alta. Prin practicile Industriei 4.0, datele sunt furnizate sursei de automatizare mai rapid decât ar face-o omul, iar integrarea fiecărei mașini în sistemele inteligente oferă date de producție extrem de benefice. O componentă cheie a Industriei 4.0 este utilizarea tehnologiei, acolo unde este cazul, pentru a eficientiza sarcinile. Prin urmare, Industria 4.0 capătă un sens mai larg ca statut atins de orice companie de orice dimensiune și în orice industrie. Experții descriu Industria 4.0 în mod similar ca o stare de existență, adică este posibil să se ajunga la o stare ce corespunde Industriei 4.0. Din acest motiv, se pot găsi sfaturi care explică modul în care companiile mai mici pot obține un impact transformator concentrându-se pe soluții pragmatice care nu necesită investiții mari. Ca atare, este important de remarcat, deși companiile mici pot face ajustări mai mici, aceste ajustări nu produc în mod inerent recompense mici, ele pot fi substanțiale. Capacitatea de a se integra în Industria 4.0 nu face discriminări între companii, și mai ales nu prin dimensiune. Ingineria industrială folosește de obicei o alocare creativă a resurselor, mai degrabă decât o înlocuire a acestora.

Cu toate acestea, Industry 4.0 necesită într-o oarecare măsură înlocuirea pieselor sau a mașinilor. Companiile mai mici, din păcate, se luptă cu acest ultimatum, blocând acțiunea într-un moment vital al tranziției. O analiză a Forumului Economic Mondial detaliază efectul imens pe care acțiunile timpurii le produc pe termen lung, constatând că companiile care au adoptat inteligența artificială în primii cinci până la șapte ani de implementare a Industriei 4.0 au înregistrat o creștere cu 122% a veniturilor față de 10% din partea celor care a adoptat această tehnologie predictivă mai târziu în cadrul procesului. Deși Industria 4.0 poate avea o îmbunătățire semnificativă a fluxului de numerar, se dovedește dificil de introdus într-o companie care nu a făcut niciun pas către integrare. Întrucât Industria 4.0 este un concept relativ nou, implementarea lui nu a fost încă perfecționată. Există mai multe necazuri care pot apărea pe parcursul procesului de tranziție, dintre care dobândirea și formarea talentelor, interconectarea reală între sisteme și investițiile de capital sunt preocupări cheie.

Dacă acest concept este studiat mai mult, se crede că există potențialul ca Industria 4.0 să devină la fel de omniprezentă ca și linia de asamblare. Chiar și în stadiile incipiente, există mai multe beneficii în incorporarea Industriei 4.0. Aceste avantaje existente includ productivitate sporită, transparență a datelor în timp real, scăderea timpului de nefuncționare datorită creșterii capacităților de monitorizare, produse de calitate superioară, conectivitate mai mare și oportunități de personalizare. Prin urmare, Industry 4.0 are potențialul de a modela în mod eficient lumea sistemelor din toate industriile. De exemplu, eficiența procesului este o parte vitală a ingineriei industriale și

poate fi îmbunătățită prin cercetări suplimentare ale Industriei 4.0, care este încă la început. În parte, Industry 4.0 se concentrează pe digitalizarea datelor pentru ca utilizatorii să determine cu ușurință soluțiile respective. Există un decalaj existent între companiile care au cunoștințe industriale și cele care au instrumentele pentru a le modela.

Prin implicarea industriei, mediului academic și guvernului, experții și practicienii pot interacționa pentru a dezvolta soluții și modele tehnice pentru Industria 4.0. Există sceptici de la concepția greșită că automatizarea și modelarea digitală creează perturbări de locuri de muncă și limitează numărul de locuri de muncă umane. Cu toate acestea, rapoartele sugerează că mai puțin de cinci procente din ocupații sunt complet automatizate, adică operatorul uman poate fi eliminat, în timp ce șaiszeci și doi la sută din ocupații își pot automatiza aproape o treime din sarcinile lor, demonstrând aplicabilitatea Industriei 4.0 în aproape două - treimi din industriile lumii. Prin urmare, automatizarea se înglobează în peste jumătate din ocupațiile globale, în timp ce mai puțin de o fracțiune dintre acestea sunt complet automatizate. Deși majoritatea articolelor despre Industria 4.0 se concentrează pe ocupațiile din producție, această filozofie a forței de muncă poate fi aplicată în multe sectoare diferite, inclusiv în domeniul sănătății și al serviciilor alimentare.

Bibliografie

1. Gerbert, P., Lorenz, M., Rübmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., and Harnisch, M., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Boston Consulting Group, 2015.
https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries
2. S. Melnik, M. Magnotti, C. Butts, C. Putman, and F Aqlan. A Concept Relationship Map for Industry 4.0. Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA, August 10 - 14, 2020.
<http://www.ieomsociety.org/detroit2020/papers/684.pdf>
3. Porter, M., and Heppelmann, J., How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, *Harvard Business Review*, 2014, hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition. <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>
4. Witkowski, K., Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, *Procedia Engineering*, vol. 182, pp. 763-769, 2017.
https://www.researchgate.net/publication/316229628_Internet_of_Things_Big_Data_Industry_40_-_Innovative_Solutions_in_Logistics_and_Supply_Chains_Management
5. Snodgrass, B., Additive Manufacturing and Autonomous Robotic Printing, Siemens Digital Industries Software, 2019, blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/additive-manufacturing-and-autonomous-robotic-printing/. <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/2019/09/10/additive-manufacturing-and-autonomous-robotic-printing/>
6. Yang, H., Kumara, S., Bukkapatnam, S. and Tsung, F., The internet of things for smart manufacturing: A review, *IISE Transactions*, vol. 51, no. 11, pp. 1190-1216, 2019 .
https://www.researchgate.net/publication/330408457_The_Internet_of_Things_for_Smart_Manufacturing_A_Review
7. Nee, A., Ong, S., Chryssolouris, G., and Mourtzis, D., Augmented reality applications in design and manufacturing, *CIRP Annals*, vol. 61, no. 2, pp. 657-679, 2012.
https://www.researchgate.net/publication/256673780_Augmented_reality_applications_in_design_and_manufacturing
8. Petrișor, I., and Cozmiuc, D., The Stages of Digital Transformation in Manufacturing Industries according to Industry 4.0, *Information Technology*, vol. 20, no. 1, 2018. <https://www.trivent-publishing.eu/books/romanianmanagementstudies/9.%20Ioan%20Petri%C8%99or,%20Diana%20Cozmiuc.pdf>

9. Jan Lindoff. Outlining Industry 4.0.

<https://doffco.com/onewebmedia/Publikationer/Outlining%20Industry%204.pdf>

10. Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2014). Making existing production systems Industry 4.0-ready: Holistic approach to the integration of existing production systems in Industry 4.0 environments. *Production Engineering*, 91(1), 143.

https://www.researchgate.net/publication/267271828_Making_existing_production_systems_Industry_40-ready

11. Michael Sony. Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. *PRODUCTION & MANUFACTURING RESEARCH*, 2018, VOL. 6, NO. 1, 416–432. <https://doi.org/10.1080/21693277.2018.1540949>.

<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21693277.2018.1540949?needAccess=true>

12. Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805.

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1155/2016/3159805>

13. Toca A., Nitulenco T., Ciuperca R. *Analiza sistemica si functionala*. –Chisinau: Tehnica UTM, 2022.- 280 p.

14. Foidl, H., & Felderer, M. (2015). Research challenges of Industry 4.0 for quality management. In *International Conference on Enterprise Resource Planning Systems* (pp. 121–137). Hagenberg, Austria: Springer.

https://www.researchgate.net/publication/300319076_Research_Challenges_of_Industry_40_for_Quality_Management

15. Kolberg, D., & Zuhlke, D. (2015). Lean automation enabled by Industry 4.0 technologies. *IFAC PapersOnLine*, 48(3), 1870–1875.

https://www.researchgate.net/publication/282465205_Lean_Automation_enabled_by_Industry_40_Technologies

16. Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2017). Exploring linkages between lean and green supply chain and the Industry 4.0. In *International Conference on Management Science and Engineering Management* (pp. 1242–1252). Kanazawa, Japan: Springer.

https://www.researchgate.net/publication/318164001_Exploring_Linkages_Between_Lean_and_Green_Supply_Chain_and_the_Industry_40

17. Bassi, L. (2017). Industry 4.0: Hope, hype or revolution? In *2017 IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)* (pp. 1–6). Italy: IEEE.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8065927>

- 18.HiveMQ. Modernizing the Smart Manufacturing Industry with MQT.
<https://www.hivemq.com/solutions/manufacturing/modernizing-the-manufacturing-industry/>
19. Sergiu Mazuru, Metode și procedee de fabricare aditivă: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2021. – 144 p.
20. Adrian BUT, Sergiu MAZURU, Serghei Scaticailov Fabricația asistată de calculator: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2021. – 179 p.
21. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
22. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
23. Vlase A Mazuru Sergiu, and Scaticailov S 2014 Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)
24. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
25. Bostan I., Mazuru Sergiu Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
26. Bostan I Dulgheru V Glușco C and Mazuru Sergiu 2011 Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices)
27. Mazuru S 2010 Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a)
28. Bostan I, Mazuru S and Botnari V 2011 Cinetic process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România)
29. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.
30. Sergiu Mazuru. Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. Thesis for: Doctor of Technical Sciences.2019, UTM. DOI:10.13140/RG.2.2.19477.76005
31. Iațhevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista ”Intellectus” nr. 3/2014.
32. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.

33. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
34. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. [The processing accuracy of the gear](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201026). MATEC Web Conf. Volume 112, 2017, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201026>
35. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. Grinding of the gears with high depth processing. [MATEC Web Conf., 112 \(2017\) 01019](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201019), <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201019>
36. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. One of the methods for grinding a gear ring and changing the design of the precessional transmission. Conference: international Workshop on Surface Engineering & 5th International Workshop on Applied and Sustainable Engineering At:, <http://www.workshop.tu.koszalin.pl/2018/abstracts.html>. 2018
37. Bostan I., Mazuru S., Casian M., Method of axial adjustment for precessional transmissions. MATEC Web of Conferences 178:06024, . DOI: [10.1051/mateconf/201817806024](https://doi.org/10.1051/mateconf/201817806024), 2017.
38. Mazuru S., Scaticailov S. , Stingaci I. Grinding of the gears with high depth processing. MATEC Web of Conferences 112:01019. DOI: [10.1051/mateconf/201711201019](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201019), 2017.
39. Mazuru S., Scaticailov S. , Casian M. The processing accuracy of the gear. MATEC Web of Conferences 112:01026. DOI: [10.1051/mateconf/201711201026](https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201026), 2017.
40. Mazuru S. Procedee tehnologice de generare a profilurilor nestandarde ale angrenajelor precesionale. Autoreferatul tezei de dr. hab., <http://repository.utm.md/handle/5014/4259>. 2019.
41. Roman Somnic, Sergiu Mazuru. Analiza importanței și structura industriei constructoare de mașini. Tehnica UTM. 2013 pp. 378-380.
42. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 Adv. Mat. Res. 112 01026
43. Vlase A Mazuru Sergiu, and Scaticailov S 2014 Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)
44. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)
45. Bostan I., Mazuru Sergiu Aprecierea calității organelor de mașini la etapa de pregătire tehnologică a producției. Buletinul Institutului Politehnic Iași tomul LIV Fascicula Vc Iași 749–752
46. Bostan I Dulgheru V Glușco C and Mazuru Sergiu 2011 Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices)

47. Mazuru S 2010 Mechanism of training component kinematics error gears in operation technology hardening chemical – heat (Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX) Fasc 2a)
48. Bostan I, Mazuru S and Botnari V 2011 CINETIC process of teeth grinding (The 15 th International Conference Modern Tehnologies, Quality and Innovation Vadul lui Voda Moldova România)
49. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Issues technology manufacturing precessional gears with nonstandard profile generating IX international congress “Machines Technologies Materials 2012” Varna Bulgaria Vol I.
50. Sergiu Mazuru. Technological processes generating non-standard profiles of precessional gear. Thesis for: Doctor of Technical Sciences.2019, UTM. DOI:10.13140/RG.2.2.19477.76005
51. Iațhevici Vadim, Mazuru, Sergiu. Mechanisms for stimulating innovation and technology transfer in the Republic of Moldova. Revista ”Intellectus” nr. 3/2014.
52. Sergiu Mazuru, Bazele proiectării dispozitivelor: Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău: Tehnica-UTM, 2001. – 182 p.
53. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.