

# **Fabricatia Inteligenta prin comunicare autonoma intre obiecte tehnice**

**Student: Dobînda Ivan**

**Conducător: conf. dr. Alexei Toca**

**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. dr. hab. Sergiu Mazuru**

„\_” \_\_\_\_\_ 2021

# **Fabricația Inteligență prin comunicare autonoma între obiecte tehnice**

## **Teză de master**

**Programul**

**Ingineria Produsului și a Proceselor în Construcția de Mașini**

**Student: \_\_\_\_\_ (Dobînda Ivan)**

**Conducător: \_\_\_\_\_ (Alexei Toca)**

**Chișinău – 2021**

## Rezumat

DOBÎNDA IVAN. Fabricatia Inteligenta prin comunicare autonoma intre obiecte tehnice. Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea de Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi; Departamentul Ingineria Fabricatiei; 2021. Teză de master: pag. 57, desene – 20, surse bibliografice – 46.

In aceasta lucrarea se realizeaza un studiul al dezvoltarii conceptelor moderne de fabricatie inteligenta in corespundere cu prevederile conceptului Industrie 4.0. Au fost trecute in revista si analizate abordarile conceptuale pentru realizarea fabricatiei inteligente. S-a aratat ca informatizarea, digitizarea si comunicarea sunt cele trei directii cardinale ce permit contopirea entitatilor realitatii „reale” cu entitatile realitatii virtuale. Digitizarea entitatilor fizice, capacitatea de comunicare autonoma a obiectelor fizice intre ele si cu oamenii prin intermediul protocoalelor speciale si prin tehnologia Internetul obiectelor permit o revolutionare a industriei. Internetul industrial al obiectelor (IIoT) și fabricarea inteligentă au devenit cele mai populare paradigme tehnice industriale și concepte de afaceri industriale în ultimii ani. Odată cu integrarea continuă a tehnologiilor de informare și comunicații emergente, se preconizează că industria de producție va experimenta o revoluție în modul său de a opera către o producție autonomă și inteligentă.

## Summary

DOBÎNDA IVAN. Smart Manufacturing through autonomous communication between technical objects. Technical University of Moldova, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transports; Department of Manufacturing Engineering, 2021. Master thesis: page 57; drawings – 20, bibliographic sources – 46.

In this paper, a study of the development of modern concepts of intelligent manufacturing in accordance with the provisions of the Industry 4.0 concept is made. The conceptual approaches for intelligent manufacturing have been reviewed and analyzed. It has been shown that computerization, digitization and communication are the three cardinal directions that allow the merging of "real" reality entities with virtual reality entities. The digitization of physical entities, the ability of autonomous objects to communicate with each other and with people through special protocols and Internet of Things technology allow an efficiency of the industry. The industrial Internet of Things (IIoT) and smart manufacturing have become the most popular industrial technical paradigms and industrial business concepts in recent years. With the continued integration of emerging information and communication technologies, the manufacturing industry is expected to experience a revolution in its way of operating towards autonomous and intelligent production.

**Cuvinte Cheie.** Fabricație Inteligentă, Industrie 4.0, Mașină la Mașină, M2M, Internetul Industrial al Lucrurilor, comunicare, conectivitate

**Keywords.** Intelligent Manufacturing, Industry 4.0, Machine to Machine, M2M, Industrial Internet of Things, Communication, Connectivity

	Cuprins	pag
Introducere		5
1. Fabricație Inteligentă		6
2. Internetul Industrial al Obiectelor, M2M si CPS		10
2.1. Arhitecturi pentru comunicații M2M		13
2.2. Standarde pentru comunicații M2M		15
2.3. Tehnici de comunicare M2M		17
2.3.1. Tehnologii de activare		17
2.3.2. Comunicare M2M in aplicații industriale		20
2.4. Mecanisme de mesagerie M2M		21
3. Rețele de comunicare din industria de producție		25
3.1. Comunicații M2M in fabricatia industriala		28
3.2. Tehnici de activare pentru automatizările colaborative bazate pe M2M		30
3.2.1. Tehnici si protocoale de comunicare		30
3.2.2. Tehnici de comunicare de nivel semantic		32
4. Soluții tehnice pentru automatizări colaborative între mașini		33
4.1. O arhitectură de referință a sistemului de comunicare		33
4.2. Conectivitatea si mesageria mașinilor		35
4.3. Funcții de mesagerie M2M omniprezente		36
5. Beneficii efecte ale si aplicatiilor M2M		38
Concluzii		52
Bibliografie		55

## Introducere

Fabricatia inteligenta (Smart Manufacturing - SM) este un termen originar din Statele Unite, dar folosit din ce în ce mai mult la nivel global, a câștigat un impuls semnificativ în industrie și mediul academic în ultimii ani. Multe sisteme de producție se prezintă ca sisteme de fabricatie smart (SMS). SM este un set de practici de producție care utilizează date în rețea și tehnologiile informației și comunicațiilor (TIC) pentru a governa operațiunile de producție. TIC-urile se ocupă de planificarea și controlul producției. În mod tradițional, producția era limitată la un proces sau o secvență de procese prin care materia primă este transformată în produse finite. Cu toate acestea, înțelegerea comună a producției cuprinde mult mai mult. Fabricația de astăzi ia în considerare operațiunile de afaceri bazate pe date la diferite niveluri, ceea ce duce la creșterea diferitelor paradigme în producție, dintre care a apărut SM. Viitorul SMS va avea proprietăți unice de auto-asamblare pentru a produce produse complexe și personalizate pentru a exploata piețele noi și cele existente. SM folosește informații pentru a menține și a îmbunătăți continuu performanța. Au fost propuse mai multe modele-cadru în domeniul SM.

SM și alte sisteme precum producția inteligentă, producția avansată/sistemele de fabricație avansate, fabricarea aditivă, producția digitală, fabrica inteligentă și industria 4.0 sunt de fapt folosite ca sinonime ocazional de unii autori. Întrebarea generală rămâne: „Ce aspecte fac un sistem de producție inteligent?” Literatura despre SM a sugerat diverse caracteristici, tehnologii și factori care definesc un sistem de producție ca fiind „inteligent”.

Ca un nou concept de afaceri industriale fabricatia inteligenta se bazeaza pe comunicațiile de la mașină la mașină - M2M (sau de la obiect tehnic la obiect tehnic - M2M) și pe Internetul Industrial al Obiectelor (Industrial Internet of Things - IIoT). Ultimele se nasc din tehnologia originală de telemetrie, cu caracteristicile intrinseci ale transmisiilor automate de date și ale măsurătorilor de la distanță, de obicei prin cablu sau radio. M2M include o serie de tehnologii care trebuie combinate într-un mod compatibil pentru a permite implementarea sa pe o piață largă de soluții mecano-electronice de larg consum. Pentru a oferi o mai bună înțelegere a acestui concept emergent, corelațiile dintre M2M, rețelele de senzori fără fir, sistemele ciber-fizice (CPS) și internetul obiectelor (IoT) sunt facute analize in mai multe lucrari. Apoi, este introdusă arhitectura de bază M2M și sunt prezentate elementele cheie ale arhitecturii. În plus, progresul standardizării M2M la nivel global este revizuit și unele aplicații reprezentative (de exemplu, hala inteligenta, casă inteligentă, rețea inteligentă și îngrijire medicală) sunt oferite pentru a arăta că tehnologiile M2M sunt utilizate treptat pentru a aduce beneficii activității industriale și vieții oamenilor.

## Bibliografie

1. Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero and Thorsten Wuest. Smart Manufacturing: Characteristics, Technologies and Enabling Factors. Disponibil la: [https://www.researchgate.net/publication/320623741\\_Smart\\_Manufacturing\\_Characteristics\\_Technologies\\_and\\_Enabling\\_Factors](https://www.researchgate.net/publication/320623741_Smart_Manufacturing_Characteristics_Technologies_and_Enabling_Factors)
2. Min Chen, Jiafu Wan and Fang Li. Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications. Ksii Transactions On Internet And Information Systems VOL. 6, NO. 2, Feb 2012 480. Disponibil la: [https://www.researchgate.net/publication/288181626\\_Machine-to-Machine\\_Communications\\_Architectures\\_Technology\\_Standards\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/288181626_Machine-to-Machine_Communications_Architectures_Technology_Standards_and_Applications)
3. Mumtaz, S.; Alsohaily, A.; Pang, Z.; Rayes, A.; Tsang, K.F.; Rodriguez, J. Massive Internet of Things for industrial applications: Addressing wireless IIoT connectivity challenges and ecosystem fragmentation. IEEE Ind. Electron. Mag. 2017, 11, 28–33. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7883984>
4. Industry 4.0 and Digital Production. The Challenge of IoT: Integrating M2M Communications across Industries. Disponibil la: <https://www.te.com/usa-en/trends/industry-4-digital-factory-production/integrating-M2M-communications-across-industries.html>
5. Zanella, A.; Bui, N.; Castellani, A.; Vangelista, L.; Zorzi, M. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet Things. 2014, 1, 22–32. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6740844>
6. Meng, Z., Wu, Z., Muvianto, C., & Gray, J. (2017). A Data - Oriented M2M Messaging Mechanism for Industrial IoT Applications. IEEE Internet of Things Journal , 4(1), 236 - 246. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7801816>
7. M. A. Feki, F. Kawsar, M. Boussard, and L. Trappeniers, “The Internet of Things: The Next Technological Revolution,” Computers, vol. 46, no. 2, pp. 24–25, 2013. Disponibil la: <https://www.computer.org/csdl/magazine/co/2013/02/mco2013020024/13rRUwbs246>
8. J. N. Al-Karaki, K. C. Chen, G. Morabito, and J. De Oliveira, “From M2M communications to the Internet of Things: Opportunities and Challenges” Ad Hoc Networks, vol. 18, pp. 1–2, 2014. Disponibil la: [https://www.researchgate.net/publication/261919699\\_From\\_M2M\\_communications\\_to\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Opportunities\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/261919699_From_M2M_communications_to_the_Internet_of_Things_Opportunities_and_challenges)

9. Alexei Toca. The dynamics of the modern industrial environment and technical education in the machine building engineering field. *Meridian Ingineresc*, Nr 2, 2002, p. 133 - 140. ISSN 1683-853X
10. C. Perera, C. H. Liu, S. Jayawardena, and M. Chen, "A Survey on Internet of Things From Industrial Market Perspective," *IEEE Access*, vol. 2, pp. 1660–1679, 2014. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7004894>
11. Sergiu Mazuru. Bearing capacity of precessional transmissions with gear change . Thesis for: Doctor degree..1996, UTM. DOI: 10.13140/RG.2.2.36211.35366.
12. Slătineanu L., Coteață M., Pop N., Mazuru S., Coelho A., Beșliu I. Impact phenomena at the abrasive jet machining. *Nonconventional technologies Review* , nr. 1, 2009, p.96-99.
13. Mazuru S. and Casian M., *Theoretical and experimental aspects concerning elastic behavior in the grinding technological system*, *Advanced Materials Research*, Vol. 1036 (2014) pp 286-291.;
14. Casian M. and Mazuru S., *A study concerning the workpiece profile after grinding process of precessional gear wheels*, *Advanced Materials Research*, Vol. 1036 (2014) pp 292-297.;
15. Chereches T, Lixandru P., Mazuru S., Cosovschi P. and Dragnea D. Numerical Simulation of Plastic Deformation Process of the Glass Mold Parts. *Applied Mechanics and Materials* Vol. 657 (2014) pp 126-132.;
16. Stanislav DUER, Radoslav DUER, Sergiu MAZURU. "Determination of the expert knowledge base on the basis of a functional and diagnostic analysis of a technical object" . *Neconventional Tehnologies revive* volume XX no.2/2016 (2016). Timisoara Romania pp . 23-29, ISSN: 2359-8646;
17. Bostan I, Mazuru S. Vaculenco M and Scaticailov S Processes generating non-standard profiles variable convex- concav of precessional gear. *Journal of Engineering Sciences and Innovation*. Volume 5, Issue 2 / 2020, pp. 111-122.
18. Slatineanu L., Toca A., Mazuru S., Dodun O., & Coteata M. Theoretical Model of the Surface Roughness at the End Milling with Circular Tips *Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium*, , Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria 2008, pp.1273-1274.
19. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. First part. *Proceedings of The 13<sup>th</sup> International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009*.

20. Bostan I., Mazuru Sergiu. Influence of the grinding parametrs on the characteristics of gears teeth outerlayer. Second part. Proceedings of The 13<sup>th</sup> International Conference Modern Tehnologies, Quality and Inovation IASI & Chisinau ModTech 2009.
21. Mazuru S. System reliability and optimization processing parametrs for its accuracy of elements. First part. The 14<sup>th</sup> International Confercence Modern Tehnologies, Quality and Innovation. ModTech 2010, 20-22 May, 2010 Slănic Moldova Romania.
22. Mazuru S. Mechanism of training component kinematics error gears in operation tehnology hardening chemical – heat. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVI (LX). Fasc. 2a 2010
23. Slătineanu, L., Gonçaves-Coelho, A., Coteață, M., Uliuliuc, D., Grigoraș (Beșliu), I., Mazuru, S. Teaching students the basics of designing experimental research equipment. ICAD 2011. Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design. Editor: Mary Kathryn Thompson, KAIST, Daejeon, Republic of Korea, pag. 195-203.
24. Mazuru S., Scaticailov S. , Mazuru A. Some aspects of the nitriding process of parts in machine construction. Conference: 11th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies. Bucuresti, Romania IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012011.
25. Mazuru S., Scaticailov S. The role of the friction process in abrasive grain micro cutting technology. Conference: 11th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies. Bucuresti, Romania IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1018 012010.
26. Alexei Toca, Vasile Mamaliga, Vasile Cebănaș. Unele aspecte ale perspectivei de dezvoltare industrială a Republicii Moldova. Tehnologii Moderne, Calitate, Restructurare. Culegere de lucrări științifice. Chișinău, 2003, V. 5, p. 509 - 516D. S. Watson, M. A. Piette, O. Sezgen and N. Motegi, “Machine to machine (M2M) technology in demand responsive commercial buildings,” in Proc. of 2004 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Aug.2004. Disponibil la: <https://escholarship.org/uc/item/3286r367>
27. Alexei Toca, Vasile Mamaliga, Vasile Cebănaș. Instrumente și tehnologii de creștere a competitivității industriei constructoare de mașini. Meridian Ingineresc, Nr. 2, 2003, Tehnica Info, pp. 13 - 17. ISSN 1683-853X
28. Z. M. Fadlullah, M. M. Fouda, N. Kato, A. Takeuchi, N. Lwaski and Y. Nozaki, “Toward intelligent machine-to-machine communications in smart grid,” IEEE Communications Magazine, vol.49, no.4, pp.60-65, Apr.2011. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5741147>



29. G. Lawton, "Machine-to-machine technology gears up for growth," *Computer*, vol.37, no.9, pp.12-15, Sep.2004. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1332996>
30. Zhaozong Meng, Zhipeng WuID and John Gray. A Collaboration-Oriented M2M Messaging Mechanism for the Collaborative Automation between Machines in Future Industrial Networks. *Sensors* 2017, 17, 2694. disponibil la: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/11/2694>
31. Fan, Z.; Haines, R.J.; Kulkarni, P. M2M communications for E-Health and smart grid: An industrial and standard perspective. *IEEE Commun. Mag.* 2014, 21, 62–69. Disponibil la: [https://www.researchgate.net/publication/237843025\\_M2M\\_Communications\\_for\\_E-Health\\_and\\_Smart\\_Grid\\_An\\_Industry\\_and\\_Standard\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/237843025_M2M_Communications_for_E-Health_and_Smart_Grid_An_Industry_and_Standard_Perspective)
32. Latvakoski, J.; Alaya, M.; Ganem, H.; Jubeh, B.; Iivari, A.; Leguay, J.; Bosch, J.; Granqvist, N. Towards Horizontal Architecture for Autonomic M2M Service Networks. *Future Internet* 2014, 6, 261–301. Disponibil la: [https://www.researchgate.net/publication/273687096\\_Towards\\_Horizontal\\_Architecture\\_for\\_Autonomic\\_M2M\\_Service\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/273687096_Towards_Horizontal_Architecture_for_Autonomic_M2M_Service_Networks)
33. Internet of Things. Disponibil la: [http://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_Things](http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things).
34. Iațchevici Vadim, Alexei Toca. Dezvoltarea sistemului inovational în Republica Moldova. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților. 26-27 noiembrie 2015, Chișinău, 2016, Vol. III, pp 185 – 188
35. Tao, F.; Cheng, Y.; Xu, L.; Zhang, L.; Li, B. CCIoT-CMfg: Cloud computing and Internet of Things-based cloud manufacturing service system. *IEEE Trans. Ind. Inf.* 2014, 10, 1435–1442. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6742575>
36. Meridou, D.T.; Kapsalis, A.P.; Papadopoulou, M.E.C.; Karamanis, E.G.; Patrikakis, C.Z.; Venieris, I.S.; Kaklamanis, D.T.I. An Ontology-Based Smart Production Management System. *IT Prof.* 2015, 17, 36–46. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7332211>
37. Adame, T.; Bel, A.; Bellalta, B.; Barcelo, J.; Oliver, M. IEEE 802.11 ah: The WiFi approach for M2M communications. *IEEE Commun. Mag.* 2014, 21, 144–152. Disponibil la: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7000982>
38. Mazuru Sergiu, Casian M and Scaticailov S 2017 *Adv. Mat. Res.* 112 01026
39. Mazuru Sergiu, Vlase A and Scaticailov S 2014 *Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat (Chișinău: Tehnica-UTM)*
40. Mazuru Sergiu and Scaticailov S 2018 *Tehnologii și procedee de danturare a roților dințate Univ. Tehn A Moldovei (Chișinău: Tehnica-UTM)*

41. 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
42. Bostan I Dulgheru V Glușco C and Mazuru Sergiu 2011 *Antologia invențiilor Vol 2 Transmisii planetare precesionale (Chișinău: Bons Offices)*
43. 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)*
44. 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)*
45. 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.*
46. Mazuru S.. *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*