

ISTORIA ȘI FILOSOFIA ROBOȚILOR INDUSTRIALI

Mihaiela ILIESCU

iliescumihaiela7@gmail.com

ABSTRACT: Robots have an impressive impact of everyone's life nowadays. Their history comes from centuries, their philosophy is governed by laws and principles. Mainly, this study is aimed to present some relevant aspects of industrial robot's history and philosophy and some of their real life application in industry.

KEYWORDS. History, philosophy, robot, industrial, law

Introducere

Robotul este definit [1] ca¹ un „agent”² [2] mecanic, sau virtual, de regulă un echipament electromecanic, ce este comandat printr-un program de calculator (software) sau, printr-un sistem de circuite electronice. Prin faptul că pot avea înfățișare de tip uman, sau mișcări autonome și automate, roboții induc percepția unui grad ridicat de inteligență.

Dacă, inițial, roboții erau utilizați pentru efectuarea unor activități repetitive, sub îndrumarea prioritară a omului, în prezent, devin tot mai mult implicați în sarcini și activități mai puțin structurate și, mult mai complexe. Această complexitate a determinat focalizarea atenției cercetătorilor, producătorilor și, nu în ultimul rând, a utilizatorilor, spre studiul interacțiunii om – robot (Human-Robot Interaction, HRI). Scopul fundamental al HRI devine acela de a dezvolta noi principii și algoritmi pentru sistemele robotice, astfel încât acestea să poată interacționa cu oamenii într-un mod direct, sigur și eficient.

Primul robot industrial a fost introdus în USA în anul 1960. De la acel moment, tehnologia de fabricare a acestora s-a perfecționat continuu și, ca urmare, domeniile de aplicații ale roboților industriali s-au extins

¹ Dr. ing. în Domeniul Științe Inginerești; cercetător științific la Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române; conferențiar universitar.

² Agent [2] = cineva care exercită putere, sau are putere să acționeze;
= cineva care acționează pentru, sau în locul altcuiva

foarte mult. Acestea acoperă „plaja” de la industria High Tech (nano-fabricare, aerospațială), până la medicină computerizată; de la fabricarea pe centre de prelucrare CNC, până la fabricarea prin printare 3D (Rapid Manufacturing). Prin utilizarea roboților în industrie, se obțin beneficii importante, sub aspectul productivității, siguranței în exploatare, cost și productivitate.

Conform unu raport elaborat de HIS³, o companie internațională de informații, în anul 2017 se estimează că se vor vinde un număr de aproximativ, 52.000 de roboți industriali, generând astfel, o valoare de piață de \$1.3 billion.

Ținând cont de tema abordată, corpul lucrării de față este structurat sub forma a trei capitole și anume; *Istoria, Filozofia* și, respectiv, *Utilizarea* roboților industriali.

Concluziile lucrării sintetizează răspunsurile la problemele supuse cercetării, legate de istoria și filozofia roboților industriali, precum și beneficiile obținute prin utilizarea acestora în industrie.

Istoria roboților industriali

Roboți în antichitate

Ideea the „automaton / automata” își are originile în mitologiile diferitelor culturi ale lumii. Inginerii și inventatorii din civilizațiile antice (China, Grecia și Egipt) au încercat să construiască mașini care să funcționeze singure / independent, unele având asemănarea oamenilor și animalelor. Cele mai vechi descrieri ale „automaton” se referă la: păsările artificiale ale lui Mozi și lui Ban; automaton care vorbește, al lui Hero din Alexandria; automaton pentru spălare al lui Philo din Bizanț.

În sec. IV i.e., matematicianul grec Archytas⁴ of Tarentum a proiectat o pasăre mecanică, denumită „The Pigeon / Proumbelul) acționată cu abur. Alt automaton⁵ îl reprezintă clepsidra fabricată în anul 250 i.e. de Ctesibius din Alexandria, fizician și inventator din Ptolemaic Egypt.

³ HIS = Heller Information Services, Inc.

⁴ Archytas (428–347 BC) a fost filozof, matematician, astronom, politician și strateg al Greciei Antice. Primul cercetător în școala lui Pitagora, fiind acela care a pus bazele matematicii aplicată în mecanică. A fost un bun prieten al lui Platon. [7]

⁵ Automaton (plural: automata sau automatons) reprezintă o „mașină”/ echipament cu auto-funcționare, sau o „mașină”, mecanism de control proiectat pentru a urma automat un set predeterminat de instrucțiuni de operare, sau să răspundă la anumite instrucțiuni predeterminate. [8]

Preluând informațiile din Iliada lui Homer, Aristotel a speculat în „*Politicile*” (322 BC, book 1, part 4) sale că acele „automatons” ar putea într-o zi să servească conceptului de egalitate între oameni, prin aceea că fac posibilă abolirea sclaviei⁶.

Pentru China antică, s-au găsit descrieri ale „automata” în scrierile Lie ZI, din sec. III, i.e. Aici împăratul chinez, King Mu of Zhou (1023–957 BC) este prezentat în mărime naturală, printr-o figurină cu față umană, realizată de Yan Shi, „artificer”⁷. Aceasta era realizată din piele, lemn și organe artificiale

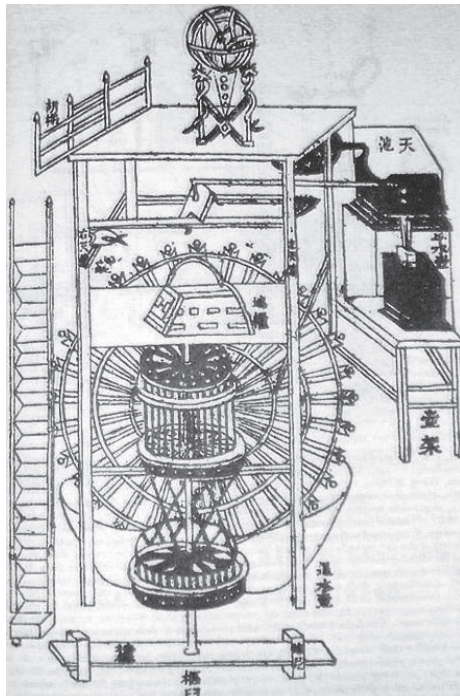


Fig. nr. 1 – Mecanismul acționat cu apă al turnului ceasului astronomic Su Song

- ⁶ Nu există decât o condiție în care ne putem imagina că directorii nu vor avea nevoie de subordonați, iar stăpânii nu vor avea nevoie de sclavi. Această condiție ar fi aceea ca fiecare instrument să-și poată îndeplini sarcina la un cuvânt de comandă, sau prin anticipare inteligent.
- ⁷ Needham, Joseph (1991). *Science and Civilisation in China: Volume 2, History of Scientific Thought*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-05800-7.

Motorul cosmic, un turn cu ceas de 10 m înălțime, construit de Su Song în Kaifeng, China, în 1088, are mecanisme de tip „manechin” care marchează orele sunând din gong, sau clopoțel.

Indianul Lokapannatti (sec. XI–XII) spune povestea Regelui Ajatashatru din Magadha, care a luat relicvele lui Buddha și le-a ascuns într-o „stupa” sub pământ. Relicvele erau protejate de roboți mecanici (bhuta vahana yanta),

În legenda egipteană a lui Rocail, fratele cel tânăr a lui Seth a construit un palat și un mormânt care conțineau statui autonome ce erau acționate astfel încât duceau o viață similară cu cea a oamenilor. Statuile erau atât de bine realizate, încât puteau fi confundate cu niște ființe vii⁸.

Cele prezentate în acest subcapitol, confirmă realitatea că istoria roboților își are originea în lumea antică.

Roboți industriali – evoluție. Termenul „robot” a fost utilizat pentru prima dată, în anul 1920 de scriitorul ceh, Karel Čapek⁹, pentru a denumi „fictional automata”, în piesa *R.U.R.*

Conceptul modern al robotului a început să fie dezvoltat în perioada Revoluției Industriale, atunci când era posibilă utilizarea sistemelor mecanice complexe și devenea accesibilă utilizarea electricității / curentului electric.

Primul robot industrial, fabricat în 1938, avea aspectul unei macarale și un singur motor pentru acționare. Remarcabil este faptul că avea 5 (cinci) grade de libertate. Acest robot nu putea fi utilizat la o diversitate mare de acțiuni (tasks) dar, era capabil să așeze plăci / bucăți de lemn în „blocuri” / stive de forme bine definite.

Primul robot programabil și operabil în sistem digital a fost inventat de George Devol în 1954 [10] și, ulterior a primit denumirea de Unimate¹⁰. Brevetul obținut de Devol reprezintă fundamentul industriei moderne de robotică.

⁸ William Godwin (1876). „*Lives of the Necromancers*”

⁹ Karel Čapek (9 January 1890 – 25 December 1938) scriitor ceh, al începutului sec. XX. Cel mai bine este cunoscut pentru literatura SF, inclusiv nuvela „*War with the Newts’ și piesa „R.U.R., (Rossum’s Universal Robots)*, în care introduce, cuântul / termenul „robot” [9]

¹⁰ Unimate a fost primul robot industrial care a lucrat pe linia de asamblare a General Motors assembly line de la fabrica Inland Fisher Guide Plant, în Ewing Township, New Jersey, în 1961. A fost utilizat pentru a lua ridica piesele turnate din fontă, din matrițe și, apoi, a le depozita.

În anii 1970, compania germană KUKA¹¹ a construit primul robot industrial din lume, cu mișcări pe 6 (șase) axe comandate electromecanic, cunoscut sub denumirea FAMULUS.

Brațul robotic SCARA¹² a fost creat în 1978, ca braț robotic cu 4 axe. S-a dovedit a fi deosebit de eficient pentru apucarea reperelor și mutarea lor în altă locație, fiind introdus pe linia de asamblare în 1981.

În anii 1980, companiile din industria automobilului au făcut investiții masive la companiile din domeniul roboticii, cu toate că, nu întotdeauna, acestea s-au dovedit a-și atinge scopul [11]. General Motors Corporation a cheltuit mai mult de „40 billion USD” pe tehnologii, dar, din păcate, o mare parte a investiției s-a dovedit a fi fost un eșec. În 1988, roboții de la fabrica Hamtramck Michigan au „cedat”, adică au spart gemurile și s-au vopsit unul pe altul.

Din păcate, introducerea prematură a roboților în industriei, s-a dovedit a crea instabilitate financiară.

Anul 2010 a indus o accelerare a cererii pentru roboții industriali, datorită dezvoltării continue inovative și îmbunătățirii performanțelor roboților. Până în 2014 s-a înregistrat o creștere cu 29% a vânzărilor la nivel mondial.

Deoarece în ultimii ani roboții au devenit tot mai performanți, s-a dezvoltat un sistem de operare pe computer pentru aceștia. Robot Operating System, ROS, reprezintă un set de programe „open-source” dezvoltat la Stanford University, Massachusetts Institute of Technology și Technical University of Munich. Sistemul permite variante avansate de software pentru programarea mișcărilor robotului, nivel ridicat de comandă și control, procesare cu acuratețe a imaginilor, evitarea obsacolelor etc. Atunci când ROS realizează „boot” / conexiune pe computer, se obțin date despre lungimea și mișcările brațului robotic, date care sunt apoi procesate prin algoritmi complexi, de înalt nivel (neutrosific, logic, fuzzy etc.).

Baxter¹³ este un robot nou, diferit de ceilalți roboți industriali în aceea că poate învăța. Un operator / muncitor îl poate învăța cum să desfășoare o activitate, mutându-i mâna cu mișcarea respectivă și, punându-l pe Baxter

¹¹ KUKA este companie din Germania, producător al roboților industriali și furnizor de soluții pentru automatizări industriale.

¹² SCARA este acronimul pentru „Selective Compliance Assembly Robot Arm” sau „Selective Compliance Articulated Robot Arm”

¹³ Baxter este un robot industrial construit la compania Rethink Robotics, utilizat din Septembrie 2012 [12]

să o memoreze. Nu este nevoie de programare pentru ca robotul să execute operațiile.

A face parte din lume roboților este interesant, provocator și cu beneficii din ce în ce mai mari – în special pentru aplicațiile industriale.

Filosofia roboților industriali

Legile lui Asimov. Scriitorul de literatură SF, Isaac Asimov, a creat legile fundamentale ale roboților, legi care sunt aplicate și în zilele noastre. [13]. [14]. Aceste legi au fost introduse în 1942, în scurta sa poveste, „Runaround”¹⁴, și fuseseră deja conturate în poveștile anterioare.

Legile lui Asimov constituie *fundamentul filozofiei* apariției și dezvoltării roboților, fiind enunțate în cele ce urmează.

L1. Legea 1: Un robot nu trebuie să rănească o ființă umană, sau prin lipsa acțiunii nu trebuie să permită unei finite omenști să vină pentru a face rău.

L2. Legea 2: Un robot trebuie să asculte ordinele date de ființele umane, cu excepția acelor ordine care intră în conflict cu prima lege.

L3. Legea 3: Un robot trebuie să-și protejeze existent, atâta timp cât aceasta protecție nu intră în conflict cu prima lege și cu a doua lege.

Spre finalul cărții sale, *Foundation and Earth*¹⁵, Asimov a introdus „legea zeroth”, enunțată astfel:

Lo. Legea 0: Un robot nu are voie să facă rău umanității, sau, prin lipsa acțiunii să permit umanității să-și facă rău.

Din anul 2011, aceste legi devin „fictional device”

Principiile roboticii: EPSRC / AHRC

În anul 2011, Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)^[16] și Arts and Humanities Research Council (AHRC)^[17] din

¹⁴ „Runaround” este o scurtă poveste SF, de Isaac Asimov, ce creionează personajele recurente, Powell și Donovan. A fost scrisă în Octombrie 1941 și publicată pentru prima dată în Martie 1942, volumul *Astounding Science Fiction*. Este remarcabilă deoarece apare prima enunțare explicită Trei Legi ale Roboticii.

¹⁵ *Foundation and Earth*, povestire SF a lui Isaac Asimov nominalizată Locus Award. Este a cincea nuvelă din seria „*Foundation*”, publicată în 1986.

¹⁶ The Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) este cea mai importantă agenție din UK pentru finanțarea cercetării în inginerie și științe fizice [15]

¹⁷ The AHRC is a non-departmental public body sponsored by the Department for Business, Innovation and Skills, along with the other UK Research Councils.

Marea Britanie au publicat împreună un set de 5 (cinci) principii de etică „pentru proiectanți, constructori și utilizatori ai roboților”, în lumea reală, împreună cu 7 (șapte) mesaje de „înat nivel” ce urmau a fi transmise, toate având la bază un workshop desfășurat în septembrie, 2011 [14].

Principiile de etică sunt următoarele:

P1. Roboții nu trebuie să fie proiectați cu singurul scop, sau în principal, pentru a omorî oameni.

P2. Oamenii, și nu roboții sunt agenți principali. Roboții reprezintă mijloacele proiectate pentru atingerea țelurilor oamenilor.

P3. Roboții trebuie să fie proiectați astfel încât să le asigure siguranța și securitatea.

P4. Roboții sunt „artifact”¹⁸, ei nu trebuie proiectați pentru a exploata utilizatorii vulnerabili prin evocarea unui răspuns emoțional, sau a unei dependențe. Întotdeauna trebuie ca omul să poată vorbi cu robotul.

P5. Întotdeauna trebuie să fie posibil să se identifice cine este responsabil legal, pentru robot.

Mesajele care se intenționa a fi transmise sunt după cum urmează.

M1. Credem că roboții au potențialul de a avea un imens impact pozitiv asupra societății.

M2. Relele practici ne fac rău (tuturor).

M3. Adresarea către îngrijorările evidente ale publicului, ne ajută (pe toți) să progresăm.

M4. Este important să demonstrăm că noi, ca roboticieni, suntem dedicați standardelor de practici, cele mai bune posibile.

M5. Pentru a înțelege contextul și consecințele cercetării noastre, trebuie să lucrăm cu experți din alte discipline, inclusiv: științe sociale, drept, filozofie și artă.

M6. Trebuie să luăm în considerare etica transparenței: există limite la ceea ce ar trebui să fie deschis, disponibil?

M7. Când vedem povestiri eronate în presă, ne angajăm să găsim timpul necesar pentru a contacta jurnaliștii.

Filozofia evoluției roboților are la bază Legile lui Aismov și Principiile EPSRC / AHRC, care au fost enunțate în cele de mai sus.

¹⁸ Un artifact poate fi definit ca un obiect care a fost intenționat făcut, sau produs, cu un anumit scop [17]

Roboții utilizați în industrie

Roboți în industria prelucrătoare. Un sistem de fabricare a produselor este cu atât mai eficient, cu cât timpul necesar transformării materiei prime în produs finit este mai scurt, costurile implicate sunt mai mici, iar numărul produselor neconforme este redus.

În istoria dezvoltării roboților industriali, se remarcă o corespondență biunivocă între creșterea complexității operațiilor pe care trebuie să le execute robotul și perfecționarea sistemului de comandă și control al acestuia. Dacă, inițial (an 1938), roboții industriali erau utilizați numai pentru a apuca un obiect de configurație simplă și a-l muta dintr-un loc, în altul, în prezent (an 2016) roboții industriali sunt integrați sistemelor de fabricație lean¹⁹, asigurând nu numai o foarte mare precizie de execuție, ci și un număr redus de produse rebut.

Câteva dintre *avantajele* utilizării roboților industriali sunt:

- productivitate și profit – prin aceea că roboții pot lucra 24 /7 (ore / zile), cu viteză de execuție mult mai mare decât cea a operatorului uman;
- costuri reduse – deoarece în timpul exploataării sunt implicate numai costuri cu mentenanța, astfel încât recuperarea investiției²⁰ de achiziționare a robotului se face într-o perioadă cuprinsă între șase luni și un an;
- calitate ridicată a prelucrării – prin aceea că precizia cu care se execută operațiile este mult mai ridicată decât a operatorului uman.

În industria prelucrătoare, roboții au devenit parte integrantă a sistemelor flexibile de fabricare²¹. Ei asigură prinderea / desprinderea rapidă a pieselor, poziționarea la postul de lucru, deplasarea de la un echipament CNC la altul, etc.

De remarcat faptul că, atunci când trebuie să se lucreze în „clean room / camera curată”, în care accesul operatorului uman este strict, robotul reprezintă mijlocul corect de operare

Roboți în cercetare și educație – pentru aplicații industriale. Cercetarea și educația trebuie să reprezinte două domenii strategice, de mare importanță, pentru orice societate modernă responsabilă. Această abordare este

¹⁹ Lean manufacturing sau lean production, reprezintă o metodă sistematică de eliminare a deșeurilor („Muda”) din cadrul unui sistem de fabricație [19]

²⁰ Return on investment /Recuperarea Investiției (ROI) este beneficiul pe care-l obține un investitor în urma investiției în anumite resurse [20], [21]

²¹ Sistem flexibil de fabricare (FMS) reprezintă un sistem flexibil în care există un grad ridicat de flexibilitate ce permite sistemului să reacționeze la schimbări previzibile, sau imprevizibile [22], [23].

sepecifică mai multor domenii care se ocupă cu proiectarea și realizarea roboților, sau a celor care realizează dezvoltări industriale.

Exemplul reliefat în această lucrare este cel al companiei KUKA Group²², ce pornește de la conceptul: „Viitorul învățării începe astăzi”.

Obiectivul KUKA este de a-și păstra rolul conducător în inovație și tehnologie. Precizia și flexibilitatea ridicate ale produselor KUKA au permis ca aceste produse să fie alocate unei game foarte largi de activități specifice cercetării, și, în special, în domeniul roboticii. KUKA Roboter intenționează să ofere cercetătorilor, profesorilor și cursanților produsele de care eu nevoie în munca lor, pentru ca astfel, aceștia să-și dezvolte propriile aplicații.

Un exemplu este cel al sistemului „Education BUNDLE”, cu ajutorul căruia studenții pot dobândi cunoștințe și abilități deosebite. Constituie complementarul ideal al cunoștințelor teoretice și permite instruirea practică, pe robot, în condiții identice cu cele din realitate și conform cu cerințele menționate de standard [27].



Fig. nr. 2 – KUKA YOUTBOT

Alt exemplu este cel al KUKA YouBOT, o platformă mobilă omnidirecțională, pe care este montat un brat robotic cu 5 (cinci) axe și un grip cu 2 (două degete). Este destinat institutelor de cercetare și universităților, care își pot implementa pe robot, cu ușurință, propriile controlere și idei de aplicații [27]

²² KUKA este unul dintre leaderii mondiali în automatizări. Oferă o gamă vastă de soluții pentru orice nevoie de automatizare [27]

A existat oarecare reținere, din partea societății față de introducerea pe scară largă a roboților în industrie. O analiză realistă evidentiază că locurile de muncă pierdute sunt, în special, cele ale muncii fizice grele, de rutină, care de multe ori afectează starea de sănătate a muncitorului. Pentru echilibrare, persoanele „disponibilizate” pot face cursuri de re-orientare în carieră, de perfecționare și, altfel capătă noi competențe ce le vor ajuta în găsirea unui loc de muncă pentru calificare superioară și, în consecință, un post mai bine plătit.

Concluzii

În finalul prezentei lucrări, ținând cont de datele și aspectele prezentate, se pot enumera concluziile:

1. Roboții au un impact deosebit asupra vieții noastre de fiecare zi. Este uimitoare dezvoltarea lor, din punct de vedere al capacității operaționale, abilității de a comunica cu oameni și între ei, autonomiei de care pot dispune.

2. Istoria roboților își are originea în lumea antică.

3. Filozofia roboților este guvernată de legi și principii, fundamentale fiind cele 3 (trei) legi ale lui Isaac Asimov.

4. A existat oarecare reținere, din partea societății față de introducerea pe scară largă a roboților în industrie.

5. A face parte din lumea roboților este interesant, provocator, cu extraordinare perspective de cercetare și dezvoltare în viitor.

Bibliografie

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [2] <https://en.wiktionary.org/wiki/agent#Etymology>
- [3] http://www.chinadaily.com.cn/business/2014-05/21/content_17527025.htm
- [4] <http://robotics.usc.edu/publications/media/uploads/pubs/585.pdf>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_robots
- [6] <https://www.used-robots.com/articles/viewing/the-history-of-industrial-robotics>
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/Archytas>
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Automaton>
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Karel_%C4%8Capek
- [10] <https://en.wikipedia.org/wiki/Robot>

- [11] <https://www.used-robots.com/education/the-history-of-industrial-robots>
- [12] [https://en.wikipedia.org/wiki/Baxter_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Baxter_(robot))
- [13] <http://www.auburn.edu/~vestmon/robotics.html>
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Laws_of_robotics
- [15] <https://www.epsrc.ac.uk/>
- [16] <http://www.ahrc.ac.uk/>
- [17] <http://plato.stanford.edu/entries/artifact/>
- [18] <https://www.robots.com/faq/show/what-are-the-advantages-of-an-industrial-manufacturing-robot>
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing
- [20] <https://www.robots.com/roi>
- [21] https://en.wikipedia.org/wiki/Return_on_investment
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/Flexible_manufacturing_system
- [23] Geismar H. Neil, Sethi P.Suresh, Sidney B. Jeffrey, Sriskandarajah Chelliah, “*Productivity Gains in Flexible Robotic Cells*”, March, 2004, <http://www.utdallas.edu/~sethi/Postscript/flexiblerobot.pdf>
- [24] <http://www.foodprocessing-technology.com>
- [26] <http://www.kuka-robotics.com/en/products/education/>
- [27] <http://www.kuka-robotics.com/en/products/education/>
- [28] <https://www.kuka.com/en-US/About%20KUKA/Corporate%20Structure>

Notă: Toate site-urile web menționate au fost accesate în lunile; mai–iunie, 2016.