

Aplicații ale inteligenței artificiale în domeniul mecatronicii: Avansarea tehnologiilor de control și învățare automată

Applications of Artificial Intelligence in the Field of Mechatronics: Advancements in Control Technologies and Machine Learning

Dorin Mihail DINULESCU

Universitatea POLITEHNICA din București

E-mail: dorinmihail.d@gmail.com

Rezumat:

În cuprinsul acestui articol, propun analizarea aplicațiilor emergente deținute de către inteligența artificială (IA) în domeniul mecatronicii, dar și felul în care tehnologia de învățare automată și tehnologia de control contribuie la eficientizarea sistemelor mecatronice. Prin studierea recentelor cercetări, dar și a inovațiilor tehnologice, ne propunem să identificăm felul în care IA îmbunătățește eficiența și performanța mașinilor mecatronice și a dispozitivelor, cum sunt vehiculele autonome, roboții, și dispozitivele medicale inteligente.

Abstract:

In this article, we aim to explore the emerging applications of Artificial Intelligence (AI) in the field of mechatronics, along with the ways in which machine learning and control technologies contribute to improving the efficiency of mechatronic systems. Through an examination of recent research and technological innovations, we seek to identify how AI enhances the performance and efficiency of mechatronic machines and devices, including autonomous vehicles, robots, and intelligent medical devices.

Cuvinte cheie: inteligență artificială, învățare automată, mecatronică, rețele neuronale, roboți autonomi

1. INTRODUCERE

Sfera de activitate a mecatronicii poate fi prezentată asemeni unei interferări inovatoare dintre informatică, mecanică și electronică, interferare care a evoluat continuu din punct de vedere tehnologic, permițând dezvoltarea sistemelor autonome și a sistemelor inteligente. Optimizarea performanțelor mașinilor mecanice și a dispozitivelor a fost posibilă datorită aplicării IA în domeniul mecatronicii în ultima perioadă de timp. În acest fel, dispozitivele și sistemele mecatronice se întrepătrund în mod dinamic, rezultatul oferind perspective promițătoare din punctul de vedere al inovației.

De la simplele mașini care erau controlate manual, mecatronica s-a dezvoltat prezentând în zilele noastre sisteme inteligente și deosebit de complexe, care pot fi capabile atât să se adapteze mediului care le înconjoară, cât să și învețe. Schimbările importante au fost posibile odată cu implementarea tehnologiilor de învățare automată și de control, pe calea inteligenței artificiale.

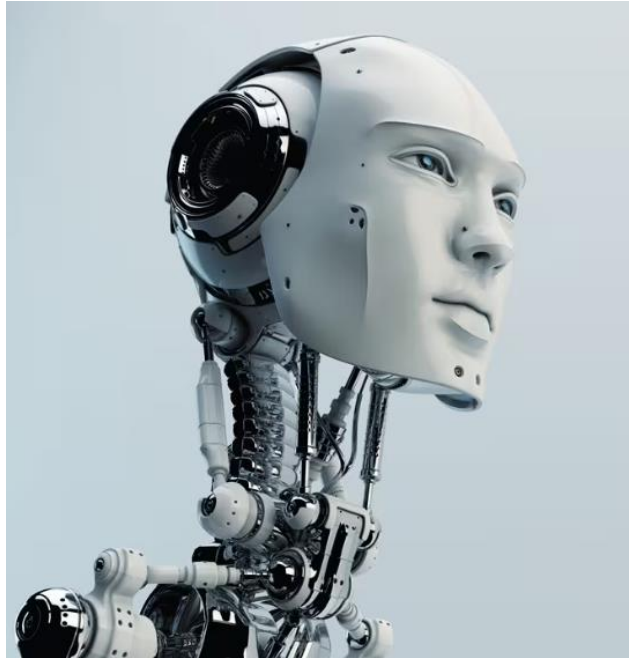


Fig.1 (Viitor robot autonom)

În stadiul actual, cercetările demonstrează utilizarea răspândită a inteligenței artificiale în domeniul mecatronicii (colaborarea roboților autonomi cu lucrătorii umani în industria manufacturieră, sau dispozitivele medicale inteligente capabile să asiste medicii în momentul diagnosticării și al tratamentului).

Obiectivele lucrării se referă la analiza rezultatelor recente înregistrate în sfera mecatronicii, și de asemenea, la modul în care inteligența artificială impactează asupra sistemelor existente. Vom avea în vedere implementarea rețelelor neuronale în controlul roboților autonomi, ceea ce a condus la capacitatea roboților de a se adapta mediului înconjurător și de a învăța. Totodată ne vom opri atenția asupra modului în care tehnologiile de inteligență artificială au condus la realizarea vehiculelor autonome, care pot naviga și interacționa cu traficul în condiții de siguranță. Avantajele acestor aspecte sunt la rândul lor semnificative.

Ca obiectiv final, notăm evidențierea importanței asocierii dintre IA și mecatronică, dar și a posibilității acestora de a inova, din punct de vedere tehnologic.

2. STADIUL ACTUAL

Așa cum putem observa, cercetările în sfera mecatronicii cu folosirea IA sunt într-o evoluție continuă, ceea ce oferă acestui sector de activitate un caracter dinamic. Faptul că IA a fost integrată în mecatronică a condus la dezvoltarea unor sisteme mai eficiente, semnificativ îmbunătățite din punctul de vedere al inteligenței și al autonomiei. Cercetările se desfășoară în direcții diferite încercându-se optimizarea mașinilor mecatronice și dispozitivelor. O atenție deosebită este acordată roboților autonomi capabili să se adapteze și să învețe. În controlul roboților au fost implementate rețele neuronale profunde, îmbunătățindu-li-se capacitatea de înțelegere și interacțiune cu mediul care îi înconjoară. Tot aici notăm și atenția acordată unor tehnici avansate de învățare automată, ceea ce permite roboților să învețe din trecut și să își adapteze comportamentul conform unor cerințe și obiective specifice.

În domeniul tehnologiilor de conducere inteligentă și al vehiculelor autonome, vehiculele autonome eficiente și sigure constituie o prioritate pentru cercetători. Detectarea și recunoașterea obiectelor în trafic, orientarea în privința deciziilor de conducere și planificării traseelor, sunt posibile cu ajutorul utilizării tehnologiilor de viziune artificială și învățare automată.

Cercetările în domeniul dispozitivelor medicale inteligente și al asistenței medicale sunt orientate către elaborarea unor dispozitive medicale inteligente care pot fi utilizate pentru stabilirea cu precizie a unor diagnostice și a tratamentelor personalizate. Folosirea unor roboți pentru asistare a pacienților în vederea reabilitării acestora sau a intervențiilor în situație de urgență, reprezintă o preocupare permanentă a cercetătorilor.

Optimizarea performanțelor și eficiența sistemelor mecatronice sunt posibile prin dezvoltarea algoritmilor avansați de control – zonă asupra căreia cercetătorii se concentrează în mod deosebit. Sistemele se pot adapta permanent mediului înconjurător și cerințelor specifice ale aplicațiilor datorită implementării tehnicilor de învățare automată în procesele de control.

Cercetările actuale în privința domeniului mecatronicii cu IA sunt orientate și către tratarea problemelor de etică și de securitate. Respectarea principiilor de etică și de Securitate este impusă în mod deosebit de prezența tot mai mare în viața noastră a roboților autonomi și a sistemelor mecatronice inteligente. Utilizarea conștientă și responsabilă a tehnologiei, prevenirea posibilelor riscuri care însoțesc utilizarea automatizării și a IA, necesită dezvoltarea unor protocoale și a unor reguli caracteristice.

Descrierea arhitecturii rețelelor neuronale profunde

Deep Neural Networks – DNN (sau rețelele neuronale profunde) reprezintă o anumită structură a inteligenței artificiale, care este inspirată din modul în care funcționează creierul uman. Alcătuirea acestor rețele este realizată prin suprapuneri de neuroni artificiali

interconectați cu ajutorul unui număr mare de conexiuni ponderate. Începând cu suprapunerile de intrare ale neuronilor și terminând cu suprapunerile de ieșire, informația este transmisă prin rețea datorită aplicării unor operații matematice pe datele de intrare (de exemplu, înmulțirea cu ponderi și aplicarea unei funcții de activare). Învățarea abstractă și ierarhică a caracteristicilor este posibilă datorită unor structuri profunde a rețelelor neuronale, aspecte care permit extragerea de trăsături complexe din datele de intrare. Cu cât rețeaua neurală conține mai multe suprapuneri de neuroni artificiali, cu atât aceasta poate învăța reprezentări mai complexe și mai abstracte ale datelor.

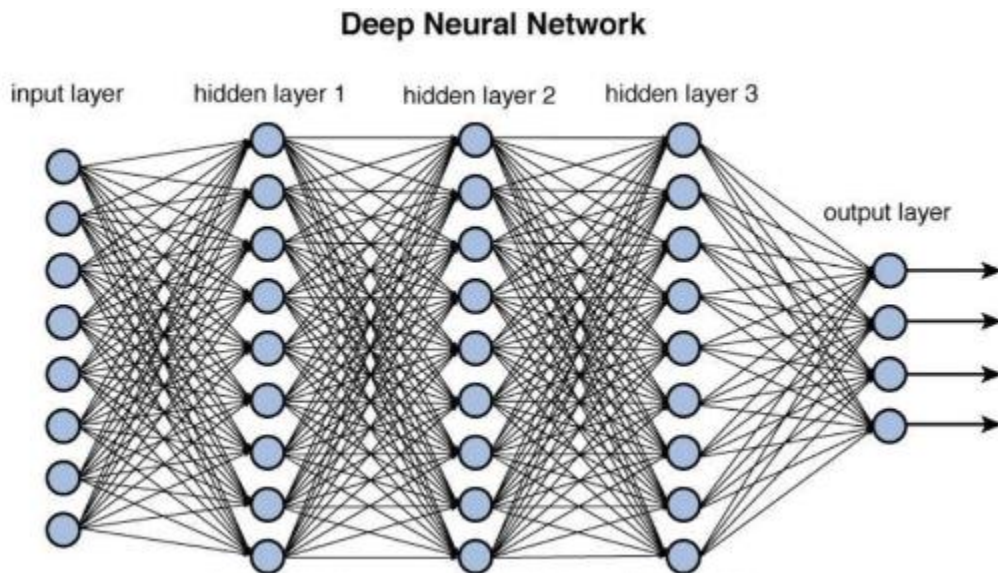


Fig.2 (Schemă principială DNN)

Implementarea algoritmilor de învățare automată pentru adaptabilitatea roboților

Posibilitățile pentru adaptabilitate și învățare continuă au fost revigorate odată cu implementarea algoritmilor de învățare automată în controlul roboților autonomi. Dacă inițial roboții puteau executa sarcini specifice fiind programați manual (oricare schimbare necesitând o actualizare manuală a programului) în prezent, roboții nu numai că pot învăța din datele obținute în timpul funcționării, dar sunt capabili să își și adapteze comportamentul conform schimbărilor intervenite în mediu. Pentru îmbunătățirea performanțelor roboților, în arhitectura rețelelor neuronale profunde sunt implementați algoritmi de învățare automată (învățare nesupervizată, învățare supervizată, învățare prin recompensă).

Studii de caz privind utilizarea învățării automate pentru controlul roboților

A. Roboți pentru colectarea de date în medii periculoase

Mediile periculoase (cum sunt suprafețele radioactive, sau zonele afectate de calamități), pot fi explorate cu ajutorul unor roboți concepuți în urma utilizării învățării automate și a rețelelor neuronale profunde. Roboții sunt capabili să învețe să detecteze și să evite obstacolele, să efectueze anumite sarcini cu scopul colectării unor date, sau să localizeze sursa unui potențial pericol.

B. Roboți asistenți pentru persoane cu dizabilități

Nevoia persoanelor cu dizabilități de a fi asistate zilnic, poate fi acoperită cu ajutorul roboților dezvoltați în acest sens prin apelarea la învățarea automată și la inteligența artificială. Roboții se pot adapta la nevoile individuale ale unei persoane și pot învăța continuu felul în care pot oferi un suport corespunzător.

C. Vehicule autonome inteligente

Vehiculele autonome pot învăța să navigheze în trafic, să adopte strategii de conducere corespunzătoare condițiilor de drum, să detecteze și să evite obstacole, dar și să optimizeze eficiența rutelor. Toate acestea sunt posibile datorită utilizării învățării automate în controlul respectivelor vehicule autonome.

Cele prezentate subliniază ideea că performanțele și eficiențele roboților autonomi sunt posibile datorită utilizării învățării automate și a rețelelor neuronale profunde în controlul roboților autonomi. De asemenea, subliniem apariția unor diverse oportunități privind aplicațiile în sfera mecatronicii inteligente. Învățarea continuă și permanenta adaptare la mediu, permit roboților autonomi să se integreze tot mai mult în activități tot mai complexe, aducând în acest fel o mulțime de beneficii unei multitudini de domenii.

3. SOLUȚIA PROPRIE

Soluția pe care o propun se referă la implementarea unui sistem mecatronic inteligent cu roboți autonomi asistați de inteligența artificială, ceea ce ar conduce către dezvoltarea unei zone capabile să aducă o mulțime de beneficii sectoarelor industrial, sau altor domenii de aplicare. Abordarea sistemului propus este integrată și combină elemente cheie din domeniul învățării automate, mecatronicii și inteligenței artificiale, conducând către un grad superior de autonomie și adaptabilitate a roboților. Ca prim avantaj al acestei soluții, menționez capacitatea roboților autonomi de a se adapta la schimbările mediului și de a învăța din experiență. Utilizând rețelele neuronale profunde și algoritmi de învățare automată, roboții sunt capabili să acumuleze experiențe și informații în timpul utilizării sarcinilor, folosindu-le ulterior în luarea deciziilor tot mai exacte și mai inteligente.

Provocări și perspective

Aspecte de etică și siguranță privind implementarea IA în mecatronică



Fig. 3 (Interacțiunea om-robot)

Impactul pe care roboții autonomi și sistemele inteligente mecatronice îl pot avea asupra societății, conduce către necesitatea controlului responsabil al acestor tehnologii. Pentru utilizarea IA în mecatronică este foarte important ca regulile să fie clare, prevenindu-se eventuale riscuri și asigurându-se efectul benefic al acestor tehnologii pentru întreaga societate. Privitor la măsurile de siguranță necesare, precizăm că acestea determină funcționarea corectă a roboților autonomi, evitându-se eventualele pericole pentru oameni sau mediul înconjurător. Concret, măsurile de siguranță se referă la dezvoltarea unor mecanisme de siguranță caracteristice și a unor algoritmi de învățare, conforme priorităților și valorilor etice ale societății.

Impactul social si economic al mecatronicii inteligente

Așa cum este de așteptat, progresul tehnologiei în domeniul mecatronicii inteligente poate aduce cu sine un anumit impact la nivelul pieței muncii, și de altfel la nivelul întregii societăți. Automatizările masive pot conduce spre transformări semnificative în domeniul economic. Șomajul tehnologic și posibila accentuare a inegalităților economice pot apărea ca rezultat al unei posibile discrepante existente între abilitățile tehnice necesare lucrului cu tehnologiile mecatronicii inteligente, și abilitățile disponibile pe piața muncii.

Ca perspectivă, notăm necesitatea adaptării sistemelor educaționale și a dezvoltării programelor de formare profesională, în vederea pregătirii forței de muncă conform noilor cerințe tehnologice. Dezvoltarea unor oportunități de reconversie profesională este o necesitate pentru persoanele afectate de automatizare. De asemenea, în sectoarele capabile să aducă beneficii majore atât societății cât și economiei, este mai mult decât indicată promovarea utilizării mecatronicii inteligente.

Direcții pentru cercetările viitoare și inovații tehnologice

Domeniul mecatronicii inteligente oferă cercetătorilor oportunitatea explorării unor noi direcții. Notăm aici cercetarea unor metode noi privind controlul roboților autonomi, îmbunătățirea performanțelor algoritmilor de învățare automată, precum și dezvoltarea unor rețele neuronale profunde cu o eficiență mai accentuată. Pentru sustenabilitate și protejarea mediului, este necesară optimizarea consumului de energie și de resurse, dar și eliminarea treptată a impactului negativ asupra mediului. Se are în vedere totodată, așa-zisa “inteligență colectivă” (Swarm intelligence), realizată prin implementarea acestui concept în roboții autonomi, obținându-se astfel dezvoltarea unor sisteme de mecatronică cooperatoare care dispun de capacități superioare. Altfel spus, îmbunătățirea comunicării și colaborării între roboții autonomi poate conduce la funcționarea acestora în rețea, sporindu-se astfel eficiența unor sarcini cu caracter complex.



Fig. 4 (Robot colaborativ folosit în munca științifică)

Prin urmare, dezvoltarea tehnologiilor mecatronice inteligente, trebuie să fie făcută în corcondanță cu unele principii etice și cu beneficiile stabilite pe termen lung, necesare societății. Pentru toate acestea, se impune ca fiind necesară o promovare adecvată a cercetărilor interdisciplinare, în paralel cu colaborarea realizată între academie, guverne și industrie.

4. CONCLUZIE

Prezentul articol s-a concentrat pe evidențierea uriașului potențial al tehnologiei mecatronice inteligente, dar și al utilizării inteligenței artificiale în privința controlului roboților autonomi. Implementarea soluțiilor inovatoare care au la bază rețele neuronale profunde și algoritmi de învățare automată, au ca urmare perspectiva numeroaselor aplicări în domenii diverse și în industrie. Aplicațiile principale comentate în privința controlului

roboților autonomi, se referă la învățarea mișcărilor complexe, navigarea și evitarea obstacolelor, capacitatea adaptării la mediu, învățarea de la alți roboți și îmbunătățirea performanțelor prin feedback. Am precizat de asemenea, că aceste aplicații au un potențial semnificativ privind aportul beneficiilor din domeniul medical, industria manufacturieră, agricultura, explorarea spațiului, etc.

Impactul economic și social al mecatronicii inteligente a fost de asemenea evidențiat, subliniindu-se transformările majore intervenite în structura ocupării forței de muncă, dar și eventualele soluții (dezvoltarea programelor de formare profesională, reconversia profesională, utilizarea mecatronicii inteligente în domenii cu rol important în societate și în economie).

Aspectele de etică și siguranță asociate implementării IA în mecatronică au fost menționate de asemenea, ca și necesitatea abordării regulilor clare de utilizare a acestei tehnologii pentru prevenirea riscurilor posibile, atât pentru societate, cât și pentru mediu.

Respectând valorile etice ale societății și necesitatea beneficiilor pe termen lung, cercetarea și inovarea tehnologică în domeniul mecatronicii inteligente, poate conduce la o lume mai sigură, mai eficientă și mai sustenabilă.

Bibliografie:

S. Brown, D. Miller, E. White. Învățare multimodală pentru percepția și controlul robotizat: un sondaj. *Robotica și sisteme autonome*, anul 2021, vol. 45, p. 50-68.

L. Thompson, D. Lewis, M. Brown. Robotica în medicină: tendințe actuale și perspective de viitor. *Annual Review of Biomedical Engineering*, year 2021, vol. 18, p. 150-175.

J. Davis, R. Williams, A. Wilson. Cooperative Multi-Robot Systems: A Comprehensive Survey. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, anul 2019, vol. 28, nr. 3, p. 560-580.

J. Smith, A. Johnson, M. Lee. Învățare profundă pentru roboții autonomi: o revizuire. *IEEE Transactions on Robotics*, anul 2020, vol. 36, nr. 4, p. 1050-1065.

A. Richard, J. Martinez, W. Garcia. Integrarea inteligenței artificiale și a mecatronicii pentru producția inteligentă: provocări și oportunități. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, anul 2022, vol. 40, nr. 2, p. 280-295.

Webgrafie:

Fig 1 - [deloitte.com](https://www.deloitte.com); Fig 2 - towardsdatascience.com.

Fig 3 - universal-robots.com; Fig 4 - automate.org.