

## **Modele de inteligență artificială pentru sistemele de luare a deciziilor**

### **Teza de doctorat - Rezumat**

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnica Timișoara

în domeniul Inginerie și Management

**autor Marta PALADE**

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Anca DRĂGHICI

luna 6, anul 2025

Această cercetare doctorală explorează influența transformatoare a Generative Artificial Intelligence (GenAI) asupra practicilor moderne de dezvoltare software. Utilizând o abordare multidimensională care cuprinde perspective organizaționale, tehnice și operaționale, studiul oferă o analiză cuprinzătoare a modului în care GenAI redefineste aspectele-cheie ale ingineriei software - inclusiv estimarea, codificarea, testarea și gestionarea proiectelor.

Investigația este structurată în jurul mai multor anchete de bază: evaluarea pregătirii organizaționale pentru adoptarea GenAI; evaluarea capacităților și limitărilor modelelor avansate de limbaj mare (LLM), cum ar fi ChatGPT și Claude; examinarea măsurii în care aceste instrumente pot sprijini inteligența decizională în cadrul sarcinilor de inginerie software (de exemplu, proiectarea algoritmilor, crearea cazurilor de testare); și explorarea integrării lor în fluxurile de lucru agile, în special printr-o platformă de estimare asistată de Inteligența Artificială.

Primul nivel de cercetare introduce și validează empiric un cadru conceptual pentru evaluarea pregătirii organizaționale pentru adoptarea Inteligența Artificială. Bazat pe o amplă analiză a literaturii de specialitate și fundamentat pe teorii ale procesului decizional, ale transformării digitale și ale comportamentului organizațional, cadrul identifică șase dimensiuni critice - pregătire strategică, IT, resurse, cognitivă, culturală și partenerială - care formează în mod colectiv pregătirea unei organizații pentru implementarea Inteligența Artificială. Acest cadru este fundamentat printr-o combinație de metode cantitative (bazate pe sondaje) și calitative (interviuri cu experți și brainstorming). Constatările indică faptul că percepția pregătirii diferă semnificativ în funcție de rolul managerial și de experiența profesională, pregătirea strategică - definită ca alinierea inițiativelor IA la obiectivele de afaceri și la sprijinul conducerii executive - evidențiindu-se ca cel mai influent factor în diverse contexte. Prin crearea unei punți între constructele teoretice și perspectivele organizaționale practice și prin evidențierea modului în care dimensiunile pregătirii se intersectează cu provocările specifice industriei, studiul oferă un model de diagnostic de bază pentru evaluarea maturității adoptării Inteligența Artificială în cadrul organizațiilor.

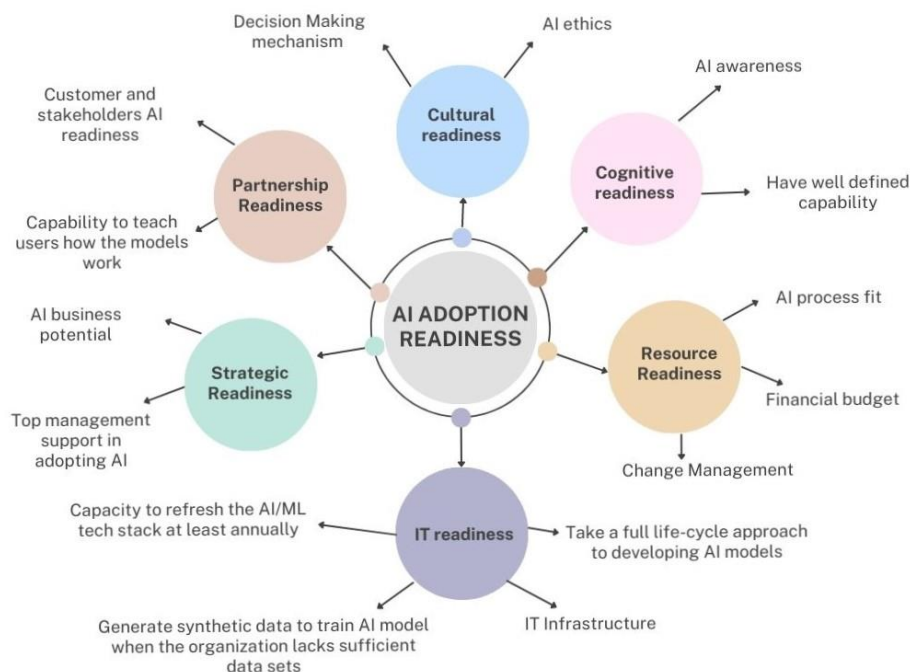


Figura 1. Factori de pregătire a organizației pentru adoptarea IA

Următorul nivel al acestei cercetări a examinat măsura în care instrumentele de inteligență artificială generativă (GenAI) pot sprijini în mod eficient sarcinile de bază ale ingineriei software, cum ar fi rezolvarea algoritmică a problemelor și generarea cazurilor de testare. Această etapă contribuie cu dovezi empirice originale privind performanța, aplicabilitatea și interacțiunile umane în buclă ale GenAI în dezvoltarea de software. Concentrându-se pe două sarcini-cheie - generarea de coduri algoritmice și crearea de teste unitare - studiul oferă o evaluare cuprinzătoare, la scară largă, a modelelor GenAI, stratificate în funcție de dificultatea problemei. Această evaluare analizează performanța modelului pe dimensiuni precum acuratețea soluției, latența răspunsului, claritatea explicației și comportamentul de rafinare iterativă.

În plus, cercetarea introduce un nou caz de utilizare care implică aplicarea GenAI pentru generarea de teste unitare într-un mediu software simulat din lumea reală. Acest studiu de caz oferă o perspectivă practică asupra provocărilor de integrare, evidențiind aspecte precum rezultatele halucinante, lipsa capacităților de simulare a serviciilor și nevoia critică de supraveghere a dezvoltatorului pentru a converti rezultatele generate în active de testare viabile. În completarea evaluării tehnice, studiul încorporează atât metode calitative, cât și cantitative - inclusiv un sondaj în rândul a 99 de profesioniști din domeniul software și interviuri cu experți - pentru a situa constatările în perspectivele actuale ale industriei. Această analiză relevă practici emergente, avantaje percepute și bariere actuale în calea adoptării GenAI în contexte de inginerie software.

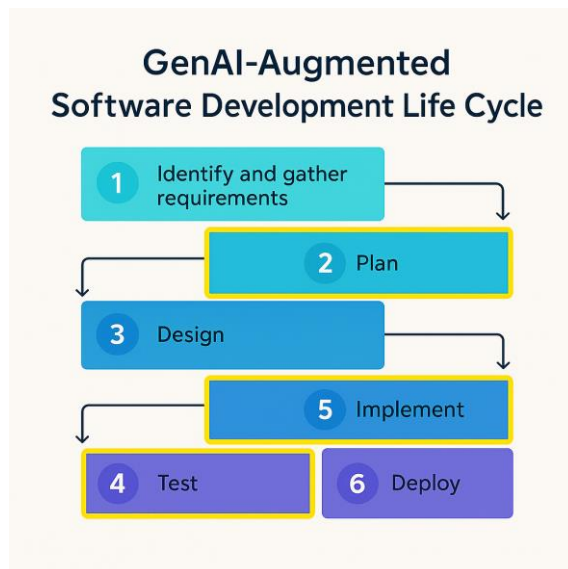


Figura 2. Fazele ale ingineriei software explorate în cadrul acestei teze

Componenta finală a acestei teze explorează integrarea instrumentelor Generative AI în dezvoltarea agile de software, cu un accent deosebit pe îmbunătățirea procesului de estimare a efortului pentru poveștile utilizatorilor printr-o platformă de estimare bazată pe Inteligența Artificială. Această cercetare prezintă o evaluare comparativă a două modele mari de limbaj (LLM) în seturi de date de diferite dimensiuni, dezvăluind modele de performanță în raport cu volumul de date. De asemenea, detaliază proiectarea și punerea în aplicare a unei platforme prototip - care utilizează inteligența artificială generativă pentru a ajuta proprietarii de produse și dezvoltatorii să producă estimări coerente, bazate pe date. Platforma adoptă o abordare cu arhitectură dublă, oferind atât un model GenAI bazat pe cloud pentru a asigura scalabilitatea, cât și o alternativă de învățare automată on-premise pentru a oferi reziliență în cazul întreruperii serviciilor. Această concepție hibridă reprezintă o contribuție orientată spre viitor, echilibrând inovarea cu fiabilitatea operațională și sprijinind adoptarea practică a instrumentelor îmbunătățite de IA în cadrul fluxurilor de lucru Agile.

Printre toate straturile de cercetare se subliniază faptul că Inteligența Artificială ar trebui să fie adoptată cu o abordare centrată pe om și să fie utilizată ca suport în procesul decizional și nu ca factor de decizie.

***Teza de doctorat constă din șase capitole cu o lungime totală de 151 de pagini (inclusiv lista de referințe). În plus, au fost definite 9 anexe pentru a sprijini dezbaterile și explicațiile cu detalii suplimentare. În total, teza de doctorat este alcătuită din 12 tabele și 64 de figuri.***

**Obiectivul principal** al acestei cercetări doctorale este investigarea critică și evaluarea empirică a impactului transformator al Inteligenței Artificiale Generative asupra procesului contemporan de dezvoltare software, în cadrul paradigmei în evoluție a Industriei 5.0, care pune accentul pe inovarea centrată pe om, inteligentă și durabilă.

**Obiectivele operationale** urmărite pe parcursul tezei sunt:

**Obiectivul 1:** Contextualizarea rolului Inteligenței Artificiale în cadrul tranziției mai ample către Industria 5.0.

- A) Sintetizarea literaturii privind inteligența artificială (definiție, clasificare, cazuri de utilizare industrială, aspect etic).
- B) Sintetizarea literaturii privind sistemele și procesele decizionale în organizații și rolul tehnologiei în evoluția sistemelor decizionale.

**Obiectivul 2:** Conceptualizarea și validarea unui cadru multidimensional pentru evaluarea pregătirii organizațiilor pentru adoptarea IA.

- A) Definirea unui cadru multidimensional pentru determinarea pregătirii unei organizații pentru adoptarea IA pe baza analizei literaturii de specialitate.
- B) Validarea cadrului multiplu prin studii calitative și cantitative.

**Obiectivul 3:** Evaluarea performanțelor, a punctelor forte și a limitelor modelelor AI generative de ultimă generație în îndeplinirea sarcinilor principale de inginerie software.

- A) Investighează capacitățile practice ale AI generative în sprijinirea sarcinilor de dezvoltare software, cu accent pe generarea codului și automatizarea testelor.
- B) Efectuează cercetări cantitative și calitative pentru a încorpora feedback-ul de la practicieni pentru a contextualiza constatările tehnice în cadrul fluxurilor de lucru de dezvoltare reale.

**Obiectivul 4:** Proiectarea, implementarea și testarea empirică a unui prototip de sistem de asistență decizională cu AI augmentat, care poate fi utilizat ca parte a practicilor din cadrul ingineriei software.

- A) Sintetizarea diferitelor metode de estimare a poveștilor utilizatorilor și a factorilor care influențează estimarea poveștilor utilizatorilor.
- B) Testarea empirică a două LLM pe secundar pentru a investiga diferențele în capacitatea acestora de a estima poveștile utilizatorilor.
- C) Proiectarea și implementarea unui model de învățare automată care poate fi utilizat ca soluție de rezervă pentru modelul de inteligență artificială generativă.
- D) Proiectarea și punerea în aplicare a unei dovezi de concept sub forma unei platforme de sprijin pentru decizii care operaționalizează GenAI pentru estimarea agile a poveștilor de utilizare.
- E) Validarea platformei în cadrul unui studiu cantitativ

Realizarea obiectivului general și a obiectivelor operaționale a fost realizată sistematic și gradual, demonstrată prin cercetarea științifică descrisă în fiecare capitol al tezei de doctorat.

**Capitolul 1, „Introducere în contextul cercetării”** prezintă contextul cercetării, obiectivul principal al tezei și prezintă motivațiile și obiectivele care l-au determinat pe autor să selecteze această temă de cercetare.

**În capitolul 2, „Stadiul actual al cunoașterii în domeniul inteligenței artificiale și a procesului decizional”** - oferă o prezentare structurată a evoluției, clasificărilor și aplicațiilor sistemelor de inteligență artificială (AI) și de luare a deciziilor, cu accent pe sinergia acestora sub umbrela inteligenței decizionale.

**Capitolul 3, „Studiu explorator asupra caracterizării nivelului de pregătire al organizațiilor în adoptarea inteligenței artificiale”,** prezintă o explorare conceptuală și empirică a factorilor care influențează gradul de pregătire al unei organizații pentru integrarea tehnologiilor AI.

**Capitolul 4, „Cercetări aplicate privind inteligența artificială în luarea deciziilor pentru ingineria software”** - investighează capacitățile și limitările modelelor GenAI în contexte practice de inginerie software, atât prin analize experimentale, cât și prin feedback-ul practicienilor. În mod colectiv, capitolul oferă o perspectivă empirică cuprinzătoare asupra rolului GenAI în generarea și testarea codului, punând în același timp bazele pentru inovarea specifică instrumentelor în capitolul următor.

**Capitolul 5, "Cercetări aplicate privind integrarea inteligenței artificiale în cadrul metodologiei Scrum"** - prezintă proiectarea, dezvoltarea și validarea unui sistem de sprijinire a deciziilor care utilizează Inteligența Artificială Generativă pentru a ajuta echipele Agile în estimarea sarcinilor de dezvoltare software. Acest capitol demonstrează aplicarea practică a GenAI în contexte Agile operaționale, contribuind în același timp cu un prototip validat care întruchiează principiile colaborării dintre om și AI și ale creșterii deciziilor.

**Capitolul 6. "Concluzii. Contribuții originale. Limitări ale studiului și cercetări viitoare"** - sintetizează constatările teoretice, empirice și aplicate ale tezei, evidențiind contribuțiile sale originale, limitările și implicațiile mai largi. În rezumat, contribuțiile originale aduse de cercetarea doctorală sunt:

- Sinteza modelelor AI cu sistemele de suport decizional (DSS) și domeniul emergent al inteligenței decizionale, subliniind rolul AI nu numai ca procesor de date, ci și ca co-actor în cadrele decizionale centrate pe om.
- Înainte de a aduce preocupări practice, inclusiv riscuri etice, lacune de reglementare și provocări în auditul IA, poziționându-se ca o resursă pragmatică pentru cercetători și practicieni care navighează în complexitatea adoptării și guvernantei IA în contextele industriei 5.0.
- Dezvoltarea și testarea empirică a unui cadru conceptual pentru evaluarea pregătirii organizaționale pentru adoptarea inteligenței artificiale (AI).
- Alinierea cadrului de pregătire pentru IA cu principiile industriei 5.0, inclusiv centrarea pe om, fiabilitatea, durabilitatea și inteligența augmentată. În loc să trateze pregătirea pentru IA ca pe o preocupare pur tehnică sau strategică, cadrul reflectă schimbarea filosofică către colaborarea dintre om și IA, luarea deciziilor etice și reziliența organizațională.
- Perspective empirice asupra performanței, aplicării practice și dinamicii umane în buclă a IA generativă în dezvoltarea de software, cu accent pe două sarcini de inginerie de bază: generarea de cod algoritmic și crearea de teste unitare
- Prin anchetă calitativă și cantitativă - inclusiv un sondaj cu 99 de respondenți și interviuri cu experți - teza contextualizează constatările tehnice în cadrul

sentimentului profesional actual, identificând normele emergente, beneficiile percepute și obstacolele persistente în adoptarea AI generativă.

- Proiectarea și punerea în aplicare a unui prototip de platformă - Estimy - care utilizează inteligența artificială pentru a sprijini proprietarii de produse și dezvoltatorii în generarea de estimări coerente și bazate pe date.
- Prin realizarea unei validări calitative prin intermediul sesiunii de brainstorming a practicienilor din industrie, studiul contribuie, de asemenea, cu informații practice privind punctul de vedere al diferitelor părți interesate în ceea ce privește utilizarea instrumentelor bazate pe IA în sarcinile lor zilnice.

Cercetarea desfășurată în cadrul programului de doctorat a fost valorificată prin publicarea a cinci articole științifice, dintre care trei articole indexate în baza de date Web of Science (WoS), iar celelalte articole fiind indexate în alte baze de date.

### **Bibliografie selectivă:**

- [1] M. Jørgensen și T. Halkjelsvik, "Sequence effects in the estimation of software development effort", *Journal of Systems and Software*, vol. 159, p. 110448, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110448>.
- [2] A. Adel, "Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas", *Journal of Cloud Computing*, vol. 11, nr. 1, p. 40, sep. 2022, doi: 10.1186/s13677-022-00314-5.
- [3] Y. K. Dwivedi *et al.*, "'So what if ChatGPT wrote it?' Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy", *Int J Inf Manage*, vol. 71, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642
- [4] A. M. Votto, R. Valecha, P. Najafirad și H. R. Rao, "Artificial Intelligence in Tactical Human Resource Management: A Systematic Literature Review", *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 1, nr. 2, nov. 2021, doi: 10.1016/j.jjimei.2021.100047.
- [5] Y. Dong, X. Jiang, Z. Jin și G. Li, "Self-collaboration Code Generation via ChatGPT", apr. 2023, [Online]. Disponibil: <http://arxiv.org/abs/2304.07590>