

**ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN
BUCUREȘTI**

Consiliul pentru Studii Universitare de Doctorat
Școala Doctorală Economie și Afaceri Internaționale

**DEZVOLTAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN UNIUNEA
EUROPEANĂ: CLUSTERELE CA MECANISME DE
COORDONARE A INOVĂRII ÎN ROMÂNIA ȘI STATELE
BALTICE**

GABRIELA A. CĂLINESCU (căsătorită LUPU)

Conducător de doctorat: prof. univ. dr. Gabriela
DRĂGAN

București, 2026

CUPRINS

INTRODUCERE.....	1
1. CLUSTERELE CA MECANISME ALE DEZVOLTĂRII INTELIGENȚEI ARTIFICIALE: CADRU TEORETIC ȘI INSTITUȚIONAL, EXAMINAREA CRITICĂ A LITERATURII, FUNDAMENTAREA NIȘII DE ANALIZĂ.....	6
1.1. INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ — PROCES DE INOVARE SISTEMICĂ.....	6
1.1.1. Definirea și clasificarea inteligenței artificiale.....	6
1.1.2. Evoluția inteligenței artificiale.....	11
1.1.3. Aplicații ale inteligenței artificiale. Oportunități și provocări.....	15
1.2. CLUSTERELE CA MECANISME ALE DEZVOLTĂRII INTELIGENȚEI ARTIFICIALE.....	17
1.2.1. Fundamente teoretice și tipologii ale clusterelor.....	17
1.2.2. Guvernanța și orientarea strategică a clusterelor în contextul transformării digitale și al adoptării inteligenței artificiale.....	21
1.2.3. Clusterelor, competitivitatea regională și ecosistemele de inovare.....	25
1.3. CADRUL STRATEGIC ȘI LEGISLATIV-INSTITUȚIONAL AL DEZVOLTĂRII INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN UNIUNEA EUROPEANĂ.....	28
1.3.1. Politici și strategii europene de inovare și digitalizare.....	28
1.3.2. Reglementarea inteligenței artificiale și a infrastructurilor digitale.....	33
1.3.3. Arhitectura instituțională.....	39
1.4. IDENTIFICAREA NIȘII DE CERCETARE.....	41
2. METODOLOGIA CERCETĂRII.....	46
2.1. Întrebările de cercetare, obiectivele și ipotezele cercetării.....	47
2.2. Metode de cercetare, instrumente, variabile/concepte.....	48
2.3. Surse folosite în colectarea datelor și limite impuse de abordarea metodologică.....	53
3. REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	57
3.1. CONTEXTUL STRATEGIC NAȚIONAL AL DEZVOLTĂRII INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN UNIUNEA EUROPEANĂ.....	57
3.1.1. Analiza strategiilor naționale privind inteligența artificială în statele membre ale UE.....	58
3.1.2. Analiza comparativă a ecosistemelor de IA: România versus Statele Baltice.....	72
3.2. PROFIL COMPARATIV AL MATURITĂȚII DIGITALE ÎN ROMÂNIA ȘI STATELE BALTICE VERSUS UE-27 PE BAZA DESI.....	76
3.2.1. Repere metodologice și relevanța indicelui DESI pentru analiza maturității digitale.....	77

3.2.2. Evoluția comparativă a DESI Total: România versus Statele Baltice versus media UE-27.....	77
3.2.3. Analiza comparativă a dimensiunilor DESI relevante.....	80
3.2.4. Compasul Digital 2030 și poziționarea comparativă a României față de Statele Baltice și UE.....	88
3.2.5. Indicatori-cheie ai transformării digitale a întreprinderilor. Analiză comparativă România și Statele Baltice versus UE-27.....	90
3.2.6. Proiecție exploratorie a maturității digitale până în 2030 pe baza FORECAST.LINEAR.....	94
3.3. ANALIZA RELAȚIEI DINTRE GRADUL DE UTILIZARE A INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ȘI PERFORMANȚA ECONOMICĂ PE ACTIVITĂȚI SECTORIALE ÎN UNIUNEA EUROPEANĂ, CU ACCENT PE ROMÂNIA ȘI STATELE BALTICE.....	101
3.3.1. Construcții.....	102
3.3.2. Informații și comunicații.....	116
3.3.3. Prelucrare.....	130
3.3.4. Activități profesionale, științifice și tehnice.....	143
3.3.5. Alimentare cu apă; canalizare, gestionarea deșeurilor și activități de depoluare.....	156
3.4. ANALIZA COMPARATIVĂ A CLUSTERELOR ORIENTATE CĂTRE DIGITALIZARE/INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ DIN ROMÂNIA ȘI STATELE BALTICE: APLICAȚII, MECANISME ȘI DIFERENȚE DE MATURITATE.....	174
3.4.1. Cadru metodologic specific pentru analiza comparativă a clusterelor și a aplicațiilor inteligenței artificiale.....	174
3.4.2. Cadrul european al clusterelor care prioritizează ca domeniu de specializare inteligență digitalizarea, incluzând inteligența artificială, conform clasificării tematice a Platformei de Specializare Inteligență (S3) a Comisiei Europene și distribuția teritorială a acestora.....	181
3.4.3. Identificarea și analiza descriptivă a clusterelor selectate.....	197
3.4.3.1. Green Technology Cluster din România.....	197
3.4.3.2. Estonian Digital Construction Cluster din Estonia.....	202
3.4.3.3. Latvian IT Cluster din Letonia.....	206
3.4.3.4. Life Sciences Digital Innovation Hub din Lituania.....	211
3.4.4. Analiza comparativă a aplicațiilor principale ale inteligenței artificiale și a maturității digitale în clusterelor analizate.....	216
3.4.4.1. Clasificarea și analiza comparativă a aplicațiilor inteligenței artificiale în firmele reprezentative din clusterelor selectate.....	216

3.4.4.2. Analiza comparativă a clusterelor selectate. Evaluarea mecanismelor, a influențelor structurale și a diferențelor de maturitate organizațională în adoptarea inteligenței artificiale.....	224
3.5. EVALUAREA IPOTEZELOR ȘI FORMULAREA RĂSPUNSURILOR LA ÎNTREBĂRILE DE CERCETARE.....	232
3.5.1. Evaluarea ipotezei H1 la nivel agregat și răspunsul la întrebarea de cercetare ÎC1.....	232
3.5.2. Validarea ipotezei H2 și evaluarea răspunsului la întrebarea de cercetare ÎC2.....	233
CONCLUZII.....	236
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....	242
ANEXE.....	262
Anexa A. Tabelul A1. Clusterelor din Uniunea Europeană care prioritizează ca domeniu de specializare inteligentă digitalizarea, incluzând inteligența artificială, conform clasificării tematice a Platformei de Specializare Inteligentă (S3) a Comisiei Europene și distribuția teritorială a acestora.....	262
LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR.....	326
LISTA TABELELOR.....	330
LISTA FIGURILOR/GRAFICELOR.....	336
LISTA ANEXELOR.....	342

CUVINTE-CHEIE: inteligență artificială; Uniunea Europeană; România; Statele Baltice; cluster; DESI; performanță economică; maturitate digitală; inovare.

REZUMAT

Transformările tehnologice rapide din ultimii ani au dus la o reconfigurare a economiilor contemporane. Inteligența artificială — „IA” în limba română, respectiv „AI” în limba engleză — s-a impus ca una dintre tehnologiile emergente cu cel mai ridicat potențial de transformare a proceselor economice, organizaționale și instituționale. În Uniunea Europeană, dezvoltarea inteligenței artificiale este susținută prin politici publice, strategii și instrumente de finanțare dedicate, fiind integrată în obiectivele strategice ale Uniunii Europene privind digitalizarea, inovarea și competitivitatea.

În acest cadru, tema prezentei cercetări doctorale, „Dezvoltarea Inteligenței Artificiale în Uniunea Europeană: Clusterelor ca Mecanisme de Coordonare a Inovării în România și Statele Baltice”, este relevantă, deoarece permite analizarea relației dintre adoptarea IA, performanța economică sectorială și rolul ecosistemelor de inovare în facilitarea transformării digitale. Relevanța temei derivă atât din rolul central pe care inteligența artificială îl joacă în procesele de transformare digitală, cât și din necesitatea de a înțelege condițiile în care această tehnologie este adoptată și integrată în economie. La nivelul Uniunii Europene, diferențele dintre statele membre privind nivelul de digitalizare, infrastructura, competențele și capacitatea de inovare influențează ritmul și profunzimea adoptării IA. Astfel, clusterelor sunt analizate în teză ca structuri intermediare care pot facilita coordonarea între actori economici, instituționali și academici și pot contribui la răspândirea tehnologiilor emergente în cadrul ecosistemelor regionale de inovare.

Literatura de specialitate abordează cele trei dimensiuni principale ale cercetării — inteligența artificială, performanța economică și clusterelor — însă, de cele mai multe ori, aceste componente sunt analizate separat. O mare parte a lucrărilor privind inteligența artificială se concentrează asupra dimensiunii tehnologice, cu accent pe algoritmi, învățare automată și rețele neuronale, în timp ce alte contribuții analizează implicațiile etice, sociale și de reglementare ale utilizării inteligenței artificiale. În paralel, literatura privind clusterelor și ecosistemele de inovare evidențiază rolul acestora în stimularea inovării, facilitarea transferului de cunoștințe și creșterea competitivității regionale. Cu toate acestea, relația dintre adoptarea IA, performanța economică sectorială și rolul clusterelor este mai rar integrată într-un cadru analitic comun.

Analiza literaturii de specialitate a evidențiat o serie de lacune relevante pentru tema prezentei cercetări. În primul rând, lucrările care analizează inteligența artificială se concentrează deseori pe nivelul tehnologic sau instituțional și nu integrează suficient dimensiunea organizațională și relațională a adoptării acestei tehnologii. În al doilea rând, literatura despre clusterelor abordează rolul lor în inovare și competitivitate, dar investighează rar contribuția lor la adoptarea inteligenței

artificiale. În al treilea rând, pentru economiile din Europa Centrală și de Est, inclusiv România și Statele Baltice, există un număr limitat de studii care analizează integrat relația dintre IA, performanța economică sectorială și rolul clusterelor ca mecanisme de coordonare a inovării. Astfel, problema de cercetare a tezei doctorale de față constă în absența unei analize integrate care să conecteze două paliere de analiză: pe de o parte, relația dintre gradul de utilizare a inteligenței artificiale și performanța economică sectorială la nivelul Uniunii Europene; pe de altă parte, mecanismele prin care clusterelor orientate către digitalizare/IA contribuie la adoptarea aplicațiilor de inteligență artificială în rândul firmelor membre din România și Statele Baltice.

Nișa de cercetare a tezei este reprezentată de analiza integrată a relației dintre utilizarea inteligenței artificiale, performanța economică sectorială și rolul clusterelor orientate către digitalizare/IA în adoptarea și diseminarea aplicațiilor IA. Accentul cercetării cade asupra economiilor din Europa Centrală și de Est, respectiv asupra României și Statelor Baltice. În această cercetare doctorală, formularea „clusterelor orientate către digitalizare/IA” desemnează clusterelor care prioritizează digitalizarea ca domeniu de specializare inteligentă, incluzând inteligența artificială, conform clasificării tematice a Platformei de Specializare Inteligentă (S3) a Comisiei Europene.

Alegerea României și a Statelor Baltice se justifică prin faptul că aceste state funcționează în același cadru strategic și instituțional european, dar prezintă niveluri diferite de dezvoltare digitală și capacitate de inovare. Această analiză comparativă permite evidențierea modului în care structuri similare, precum clusterelor orientate către digitalizare/IA, pot genera rezultate diferite în funcție de contextul național și instituțional.

Scopul cercetării doctorale este analiza relației dintre utilizarea inteligenței artificiale și performanța economică sectorială la nivelul Uniunii Europene și evaluarea rolului clusterelor orientate către digitalizare/IA în facilitarea adoptării acestei tehnologii la nivelul firmelor membre, cu accent asupra României și Statelor Baltice. În vederea atingerii acestui scop, cercetarea este structurată pe două axe majore: o axă macroeconomică, care vizează relația dintre utilizarea inteligenței artificiale și performanța economică sectorială, și o axă mezo-microeconomică, care analizează rolul clusterelor în facilitarea adoptării aplicațiilor de inteligență artificială.

În acest context, sunt formulate următoarele întrebări de cercetare:

ÎC1: Care este relația dintre gradul de utilizare a inteligenței artificiale și performanța economică sectorială în Uniunea Europeană, cu accent pe România și Statele Baltice?

ÎC2: În ce măsură și prin ce mecanisme sunt asociate clusterelor orientate către digitalizare/IA cu adoptarea aplicațiilor de inteligență artificială în firmele membre din România și Statele Baltice?

În corelație cu aceste întrebări, cercetarea formulează două ipoteze principale. H1 susține existența unei asocieri pozitive între gradul de utilizare a inteligenței artificiale și performanța economică sectorială în statele membre ale Uniunii Europene. H2 susține că clusterelor caracterizate printr-un nivel mai ridicat de maturitate organizațională și integrare în rețele europene sunt asociate cu un nivel mai ridicat de adoptare a aplicațiilor de inteligență artificială în rândul firmelor membre.

Obiectivele specifice ale cercetării sunt următoarele:

- analiza relației dintre gradul de utilizare a inteligenței artificiale și performanța economică a sectoarelor, măsurată prin productivitatea muncii pe oră, ocuparea forței de muncă și valoarea adăugată brută, în Uniunea Europeană, cu accent pe România și Statele Baltice;
- analiza distribuției teritoriale a clusterelor orientate către digitalizare/IA în Uniunea Europeană, prin cartografiere și identificarea tiparelor regionale relevante;
- analiza modului în care clusterelor orientate către digitalizare/IA din România și Statele Baltice sunt asociate cu adoptarea aplicațiilor de inteligență artificială în rândul firmelor membre, prin identificarea mecanismelor de sprijin, guvernanta și colaborare.

Cercetarea doctorală urmărește identificarea unor tipare de asociere între utilizarea inteligenței artificiale și performanța economică sectorială, evidențierea distribuției teritoriale a clusterelor orientate către digitalizare/IA și analiza mecanismelor prin care acestea facilitează adoptarea aplicațiilor IA la nivelul firmelor. De asemenea, cercetarea evidențiază diferențele dintre România și Statele Baltice în ceea ce privește adoptarea inteligenței artificiale și funcționarea ecosistemelor de inovare.

Relevanța cercetării este atât teoretică, cât și practică. Din punct de vedere teoretic, lucrarea contribuie la integrarea într-un cadru analitic comun a relației dintre inteligența artificială, performanța economică sectorială și rolul clusterelor. Din punct de vedere practic, rezultatele pot sprijini elaborarea politicilor publice și dezvoltarea strategiilor organizațiilor implicate în ecosistemele de inovare.

Originalitatea cercetării constă în abordarea integrată a relației dintre inteligența artificială și performanța economică sectorială, utilizarea clusterelor orientate către digitalizare/IA ca unitate de analiză și realizarea unei analize comparative între România și Statele Baltice.

Din punct de vedere metodologic, cercetarea adoptă o abordare mixtă, combinând analiza cantitativă la nivel macroeconomic, bazată pe date statistice europene (Eurostat, Indicele Economiei și Societății Digitale — DESI), cu o analiză comparativă calitativă a clusterelor selectate din România și Statele Baltice.

Componenta cantitativă utilizează analize descriptive și corelaționale pentru a evidenția asocierea dintre utilizarea inteligenței artificiale și indicatorii de performanță economică sectorială. Indicatorii DESI sunt utilizați pentru a contextualiza nivelul de adoptare a IA și pentru a susține analiza asocierii dintre digitalizare și performanță economică.

Componenta calitativă se bazează pe analiza documentară și comparativă a clusterelor și a firmelor membre, având ca scop identificarea mecanismelor prin care acestea facilitează adoptarea aplicațiilor IA. De asemenea, sunt realizate hărți folosind programul RStudio, pentru a evidenția distribuția teritorială a clusterelor.

Analiza strategiilor naționale IA oferă cadrul instituțional și de politică publică în care funcționează clusterele analizate, contribuind la înțelegerea diferențelor de context dintre România și Statele Baltice. Evaluarea maturității clusterelor este realizată indirect, prin analiza participării la proiecte europene, a existenței infrastructurilor digitale sau a centrelor de competență, a integrării în rețele internaționale de colaborare, a tipurilor de servicii oferite membrilor clusterului și a gradului de specializare sectorială, pe baza informațiilor publice disponibile.

La nivelul rezultatelor obținute, analiza cantitativă a evidențiat existența unei asocieri pozitive, dar condiționate structural și diferențiate sectorial, între gradul de utilizare a inteligenței artificiale și performanța economică, ipoteza H1 fiind confirmată parțial. Această relație este mai pronunțată în sectoarele intensive în cunoaștere, precum informațiile și comunicațiile și activitățile profesionale, științifice și tehnice. Rezultatele sugerează că, în multe sectoare, procesul de transformare digitală se află într-o etapă de tranziție, în care extinderea utilizării IA precede materializarea deplină a beneficiilor economice.

În ceea ce privește dimensiunea mezo-microeconomică, analiza comparativă a arătat că ipoteza H2 este validată, clusterele orientate către digitalizare/IA funcționând ca mecanisme de coordonare a inovării și facilitând adoptarea aplicațiilor de inteligență artificială în rândul firmelor membre. Această asociere este susținută prin mecanisme precum colaborarea inter-organizațională, accesul la infrastructuri de inovare, participarea la proiecte europene și integrarea în rețele internaționale. Nivelul de maturitate organizațională al clusterelor influențează capacitatea acestora de a sprijini dezvoltarea și implementarea aplicațiilor IA.

Contribuțiile originale ale cercetării constau în integrarea într-un cadru analitic comun a relației dintre utilizarea inteligenței artificiale, performanța economică sectorială și rolul clusterelor, precum și în utilizarea clusterelor orientate către digitalizare/IA ca unitate de analiză comparativă între România și Statele Baltice.

Prin urmare, cercetarea evidențiază că adoptarea inteligenței artificiale și impactul acesteia asupra performanței economice nu pot fi explicate exclusiv din perspectivă tehnologică și nu sunt

suficiente în sine, ci necesită o abordare integrată, care să includă dimensiunea organizațională și instituțională. În acest context, clusterelor orientate către digitalizare/IA au un rol important în transformarea potențialului tehnologic în valoare economică, în special în economiile din Europa Centrală și de Est.

Structura tezei reflectă logica demersului de cercetare și permite o abordare progresivă, de la fundamentarea teoretică la analiza empirică și interpretarea rezultatelor.

Primul capitol fundamentează cadrul teoretic al lucrării. În cadrul acestuia, inteligența artificială este analizată ca proces de inovare sistemică, fiind clarificate conceptele de bază, tipologiile, evoluția, principalele aplicații, precum și oportunitățile și provocările asociate utilizării sale. De asemenea, capitolul abordează teoria clusterelor, tipologiile acestora, guvernanta și rolul lor în contextul transformării digitale și relația dintre cluster, competitivitate regională și ecosisteme de inovare. Totodată, este analizat cadrul legislativ și instituțional al inteligenței artificiale în Uniunea Europeană, incluzând politicile și strategiile relevante, reglementările existente și arhitectura instituțională. Capitolul se încheie cu identificarea nișei de cercetare, prin evidențierea limitelor literaturii de specialitate și argumentarea necesității unei analize integrate.

Al doilea capitol prezintă cadrul metodologic al lucrării și modul de investigare a relațiilor analizate. Sunt definite întrebările de cercetare, obiectivele și ipotezele formulate, fiind descrisă structura conceptuală a cercetării. Sunt prezentate metodele utilizate, instrumentele de analiză, indicatorii selectați și sursele de date utilizate, în special bazele de date Eurostat, indicatorii DESI și informațiile privind clusterelor. De asemenea, sunt discutate limitele metodologice ale cercetării și modul în care acestea sunt gestionate în cadrul analizei.

Al treilea capitol cuprinde analiza empirică și interpretarea rezultatelor cercetării. Capitolul debutează cu analiza contextului strategic național al dezvoltării IA în Uniunea Europeană (UE), respectiv analiza strategiilor naționale privind inteligența artificială și continuă cu analiza comparativă a maturității digitale, bazată pe indicatori DESI și date Eurostat, în România și Statele Baltice. Capitolul examinează clusterelor orientate către digitalizare/IA, incluzând distribuția teritorială a acestora, evaluarea maturității organizaționale și analiza comparativă a unor cluster selectate din România și Statele Baltice. Capitolul al treilea include și analiza aplicațiilor principale ale inteligenței artificiale în firmele reprezentative din aceste cluster și evidențierea tiparelor regionale. În final, rezultatele sunt interpretate raportat la ipotezele de cercetare și întrebările formulate în cadrul demersului metodologic, evidențiindu-se asocierea dintre nivelul de maturitate organizațională al clusterelor și adoptarea aplicațiilor de inteligență artificială.

În secțiunea de concluzii sunt rezumate principalele rezultate ale cercetării. De asemenea, sunt descrise contribuțiile teoretice și practice, luând în considerare și limitele cercetării și sunt propuse direcții viitoare de cercetare.