

ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI
Consiliul pentru Studii Universitare de Doctorat
Școala Doctorală de Informatică Economică

**TEHNICI AVANSATE DE ANALIZĂ ȘI VIZUALIZARE A
DATELOR PENTRU E-LEARNING**

Marian STAN

Conducător de doctorat: Prof.univ.dr. ION SMEUREANU

București, 2025

CUPRINS

Capitolul I - Introducere.....	1
1.1 Importanța temei de cercetare	1
1.2. Contextul și relevanța e-learningului	2
1.3. Necesitatea tehnicilor avansate de analiză și vizualizare a datelor	3
1.4 Obiectivele tezei.....	4
1.5 Contribuțiile principale	5
1.6. Premisele ontologice, epistemologice și axiologice ale tezei	6
1.7 Structura tezei.....	8
Capitolul II - Stadiul actual al cunoașterii	9
2.1. Metodologia de cercetare bibliografică.....	9
2.2. Rezultatele analizei bibliometrice	12
2.3 Analiza co-apariției cuvintelor cheie.....	14
2.4 Abordarea tematică a reviziei literaturii de specialitate	18
2.5 Concluzii și implicații pentru cercetare.....	21
Capitolul III - Dimensiuni metodologice.....	23
3.1. Obiectivele cercetării și întrebările de cercetare	23
3.2 Designul cercetării.....	24
3.3 Analiza documentară	25
3.4 Studiul de caz multiplu.....	25
3.5 Selecția literaturii	26
3.6 Seturile de date și tehnicile de analiză cantitativă.....	26
3.7 Dezvoltarea prototipului aplicativ (Python și Streamlit).....	28
3.8 Limitări ale metodologiei	30
Capitolul IV - Preprocesarea și curățarea datelor în e-learning	31
4.1 Surse de date în e-learning	31
4.2 Metode de colectare a datelor.....	32
4.3 Preprocesarea și curățarea datelor	33
Capitolul V – Maturitate analitică, model organizațional și studii de caz în e-learning.....	38
5.1 Modelul maturității analitice Davenport-Harris	38
5.2. Structura organizațională și guvernarea datelor	41
5.3 Indicatori cheie de performanță (KPIs) ca măsură a maturității	43
5.4 Studii de caz	44

5.5 Sinteza principalelor descoperiri	58
5.6 Contribuția la obiectivele tezei.....	59
Capitolul VI – Tehnici avansate de analiză a datelor pentru e-learning	61
6.1 Introducere	61
6.2 Analiză predictivă și clasificare în e-learning	62
6.3 Tehnici de învățare nesupervizată	75
6.4 Analiza datelor de interacțiune și secvențiale	81
6.5 Tehnici de analiza text și Generative AI.....	91
Capitolul VII – Tehnici avansate de vizualizare a datelor pentru e-learning.....	97
7.1 Introducere în vizualizarea datelor pentru e-learning	97
7.2 Biblioteci și instrumente pentru vizualizarea datelor în Python	97
7.3 Vizualizarea datelor pentru analiza abandonului școlar	99
7.4 Vizualizarea nivelului de dificultate a materialelor.....	100
7.5 Vizualizarea clusterelor în e-learning.....	104
7.6 Vizualizarea comportamentelor atipice în e-learning.....	106
7.7 Vizualizarea rețelelor sociale în e-learning	108
7.8 Vizualizarea mineritului secvențial al datelor , al traseelor de învățare și al secvențelor de click uri.....	110
7.9 Vizualizarea analizei sentimentului.....	116
7.10 Tablouri de bord pentru vizualizarea datelor.....	121
Capitolul VIII – Platformă de analiză și vizualizare a datelor pentru e-learning	125
8.1 Motivația alegerii arhitecturii generale și a limbajului de programare	125
8.2 Funcționalitățile aplicației pe module	125
8.3 Implementarea prototipului	129
8.4 Funcționalitățile prototipului.....	130
8.5 Narațiune automată cu OpenAI API.....	135
8.6 Evaluarea aplicației	135
8.7 Limitările tehnice și funcționale ale aplicației	136
8.8 Direcții viitoare de dezvoltare	136
8.9 Contribuțiile aplicației la obiectivele tezei.....	137
Capitolul IX - Contribuții și direcții viitoare de cercetare	138
9.1 Arhitectură modulară pentru analiza datelor educaționale	138
9.2 Tablouri de bord personalizate pentru diferite roluri educaționale	138
9.3 Integrarea GenAI pentru narațiuni automate explicative	139
9.4 Validarea contribuțiilor și rezultatelor	140

9.5 Limitări ale cercetării actuale	140
9.6 Direcții viitoare de cercetare	141
9.7 Concluzii	141
Bibliografie	143
Anexa A – Codul sursă al aplicației	155
Anexa B – Lista abrevierilor utilizate în teză	196
Anexa C – Lista figurilor și a tabelelor.....	200
Anexa D – Descrierea seturilor de date utilizate	203
Anexa E – Lista bibliotecilor Python și versiunea lor	207
Anexa F – Lista lucrărilor publicate	211

Cuvinte-cheie: analiza datelor, vizualizarea datelor, e-learning.

REZUMAT

Teza de doctorat abordează o temă de mare actualitate în contextul digitalizării educației, explorând aplicarea tehnicilor avansate de analiză și vizualizare a datelor în domeniul e-learning-ului. Lucrarea își propune să contribuie la optimizarea proceselor educaționale online prin dezvoltarea de soluții inovatoare pentru analiza datelor educaționale.

Obiectivele principale includ: examinarea stadiului actual al cunoașterii în domeniu, explorarea capacităților platformelor de e-learning prin modelul maturității analitice Davenport-Harris, propunerea unui model organizațional pentru promovarea analizei avansate a datelor, și dezvoltarea unui prototip de aplicație utilizând Python și Streamlit.

Metodologia de cercetare este mixtă, combinând analiza documentară, studiul de caz multiplu și dezvoltarea unui prototip aplicativ. Cercetarea examinează tehnici precum predicția abandonului școlar, analiza de clustering, detectarea anomaliilor, analiza rețelelor sociale, mineritul secvențial al datelor și analiza sentimentelor, aplicând aceste metode pe seturi de date publice (Open University Learning Analytics Dataset sau Gartner Peer Insights).

Contribuțiile principale constau în: propunerea unui model organizațional specific e-learning-ului orientat pe analize avansate, dezvoltarea unui cadru conceptual pentru măsurarea performanței prin KPIs, aplicarea metodelor inovatoare de analiză și vizualizare exemplificate prin cod Python, și crearea unui prototip de aplicație care integrează funcționalități de analiză, vizualizare și inteligență artificială generativă (GenAI) pentru interpretarea automată a rezultatelor.

Structura tezei cuprinde nouă capitole: introducere, stadiul cunoașterii, metodologia, preprocesarea datelor, maturitatea analitică și studii de caz (Coursera, Udemy, LinkedIn

Learning, The Open University), tehnici de analiză, tehnici de vizualizare, dezvoltarea platformei de analiză și contribuții cu direcții viitoare.

Rezultatele evidențiază potențialul tehnicilor avansate de analiză și vizualizare de a transforma înțelegerea și optimizarea proceselor de învățare în mediul digital. Prototipul dezvoltat oferă funcționalități de predicție a abandonului, analiza de clustering, detectarea comportamentelor atipice, tablouri de bord interactive și narațiuni automată cu OpenAI API, marcând o tranziție către analiza prescriptivă în e-learning.

Teza deschide noi direcții de cercetare și oferă un fundament solid pentru dezvoltarea unor soluții de e-learning mai eficiente și personalizate, contribuind semnificativ la înțelegerea aplicării analizei de date în educația online.