

# ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI



Școala doctorală Informatică Economică

## TEZĂ DE DOCTORAT

Prezentată și susținută public de către autor:  
**IRINA-MIRUNA Ș. RADU**

Titlul tezei de doctorat:

**Componente pentru învățarea asistată de calculator**

Conducător de doctorat:

Prof.univ.dr. Ion SMEUREANU

**București, 2024**

## REZUMAT

În contextul transformărilor rapide din domeniul educațional și al integrării tehnologiei în procesul de învățare, învățarea asistată de calculator devine o componentă esențială în modernizarea sistemelor educaționale. Lucrarea de față abordează ca temă componentele reutilizabile în dezvoltarea software-ului educațional, un subiect de actualitate, având în vedere cerințele tot mai ridicate de flexibilitate, adaptabilitate și personalizare a proceselor educaționale.

Criza pandemică COVID-19 a accelerat tranziția către digitalizare și a expus limitările actuale ale sistemelor educaționale tradiționale, subliniind necesitatea unor soluții fiabile, scalabile și ușor de adaptat la diverse contexte. Deși există cercetări semnificative privind CBSD în ingineria software, aplicarea acestora în software-ul educațional este încă limitată. Lucrarea evidențiază relevanța importanța utilizării componentelor reutilizabile pentru a facilita personalizarea și adaptarea conținutului educațional, concentrându-se pe elaborarea și validarea unui ghid specific, adaptat cerințelor tehnice și pedagogice ale componentelor educaționale.

Scopul lucrării este acela de a analiza și evalua modul în care principiile dezvoltării bazate pe componente pot fi aplicate în software-ul educațional, cu accent pe dezvoltarea de componente reutilizabile care să îmbunătățească adaptabilitatea, scalabilitatea și eficiența procesului educațional asistat de calculator. În acest sens, este elaborat un framework pentru dezvoltarea acestora care îmbină criteriile tehnice și pedagogice, precum modularitatea, interoperabilitatea, compatibilitatea multiplatformă și alinierea la obiectivele educaționale.

Lucrarea are următoarele obiective: analiza contextului actual al educației digitale, identificarea principiilor fundamentale ale CBSD, dezvoltarea unui ghid metodologic și validarea acestuia prin transformarea unei componente tradiționale într-una tehnologizată. Experimentul realizat a demonstrat că ghidul propus oferă eficiență în dezvoltare, adaptabilitate la diverse contexte și economisirea resurselor necesare.

Rezultatele obținute evidențiază beneficiile dezvoltării pe bază de componente, incluzând creșterea accesibilității și reducerea timpului de dezvoltare. Ghidul propus a fost validat prin feedback-ul oferit de dezvoltatori și educatori, evidențiind utilitatea sa practică și claritatea

etapelor. De asemenea, lucrarea subliniază necesitatea colaborării dintre dezvoltatorii software și experții pedagogici, pentru a asigura crearea unor soluții educaționale coerente și eficiente.

Un aspect inovator al cercetării constă în integrarea inteligenței artificiale (AI) în procesul de dezvoltare a componentelor educaționale, oferind automatizare în generarea de cod și personalizarea experienței de învățare. De asemenea, teza dezvoltă un model de recunoaștere automată a formelor aplicabil în domeniul identificării unor componente de învățare, pornind de la cerințele de utilizare. Această abordare a demonstrat potențialul AI în reducerea costurilor și îmbunătățirea accesibilității.

În concluzie, cercetarea evidențiază importanța aplicării principiilor CBSD pentru dezvoltarea educațională, contribuind la modernizarea procesului de învățare și la crearea unor soluții educaționale scalabile și accesibile, adaptate cerințelor actuale din domeniul educației digitale.

# CUPRINS

Rezumat.....	2
Mulțumiri.....	3
Introducere .....	9
1. Sistemul educațional în România și Europa .....	13
1.1. Modelul educațional european .....	13
1.2. Competențe-cheie și competențe transversale.....	14
1.3. Provocările educației în perioada virusului COVID-19 în România .....	18
Întrebările de cercetare .....	20
Metodologia cercetării.....	21
Rezultate .....	22
Concluzii .....	23
1.4. Strategia de digitalizare a educației în România.....	23
2. Software-ul educațional.....	27
2.1. Analiza software-ului educațional open-source .....	27
Obiective .....	27
Competențe în România .....	28
Software-ul open-source în educație .....	29
Metodologie.....	30
Software-ul selectat.....	31
Elaborarea listei de criterii de evaluare .....	32
Evaluarea software-urilor propuse.....	33
2.2. Problemele software-ului educațional în timpul COVID-19 - Revizuirea sistematică.....	37
Metodologie.....	37
Rezultate .....	39
3. Fundamente Teoretice: Componente Reutilizabile în Dezvoltarea Software.....	41
3.1. Principiul reutilizării în dezvoltarea software .....	41
Categorii de reutilizare.....	41
Beneficii și compromisuri ale reutilizării.....	45
Abordări ale reutilizării software.....	46
3.2. Principiile dezvoltării software bazate pe componente (CBSD) .....	48
Ce sunt componentele ? .....	49
Caracteristicile componentelor .....	50

Tipuri de reutilizare în cadrul componentelor .....	51
Tipuri de componente .....	52
3.3.    Avantaje și provocări ale dezvoltării bazate pe componente, așa cum reies din literatura de specialitate .....	54
Metodologie .....	54
Rezultate .....	55
Beneficii CBSD .....	58
Provocări CBSD .....	60
3.4.    Pașii dezvoltării de componente reutilizabile.....	62
Analiza cerințelor și specificațiilor .....	63
Analiza și proiectarea arhitecturii.....	63
Implementare.....	63
Integrare.....	64
Testarea .....	64
Lansarea în producție și întreținerea.....	64
4.    CBSD în dezvoltarea de software educaționale .....	65
4.1.    Componenta educațională .....	65
4.2.    Caracteristici ale componentelor educaționale reutilizabile.....	66
Caracteristici generale .....	66
Caracteristici specifice .....	68
4.3.    Rolul componentelor reutilizabile în depășirea provocărilor educaționale.....	70
Probleme generale în educația asistată de calculator .....	70
Probleme specifice identificate în timpul pandemiei COVID-19 .....	73
5.    Principii Fundamentale de Design pentru Componente Reutilizabile în Sisteme Educaționale.....	76
5.1.    Principii ale modularității .....	76
5.2.    Flexibilitatea și personalizarea componentelor.....	77
5.3.    Separarea responsabilităților în designul componentelor educaționale .....	78
5.4.    Design centrat pe utilizator în componentele educaționale .....	79
5.5.    Asigurarea consecvenței între componente.....	80
5.6.    Considerații etice în proiectarea componentelor educaționale.....	80
Accesibilitatea în sistemele educaționale .....	81
Confidențialitatea și securitatea datelor .....	82
Evitarea părtinirii în componentele de învățare algoritmică .....	83

Echitate și incluziune în instrumentele educaționale .....	84
6. Framework pentru dezvoltarea de componente educaționale reutilizabile .....	85
6.1. Introducere .....	85
6.2. Principiile de bază .....	87
Alinierea cu principiile pedagogie .....	87
Modularitate .....	87
Interoperabilitate .....	88
Reutilizabilitate.....	88
Personalizare și flexibilitate.....	89
Mentenabilitate și scalabilitate .....	89
6.3. Etapele dezvoltării componentelor educaționale reutilizabile.....	90
Etapa 1: Identificarea componentelor educaționale și corelarea cu principiile pedagogice .....	90
Etapa 2: Proiectarea arhitecturii componentelor.....	91
Etapa 3: Standarde și ghiduri pentru interoperabilitate.....	92
Etapa 4: Dezvoltarea componentei și asigurarea reutilizabilității în diverse contexte .....	93
Etapa 5: Implementarea și testarea.....	93
Etapa 6: Mentenanță și gestionarea versiunilor .....	94
Etapa 7: Asigurarea conformității etice .....	95
7. Experiment – Transformarea unei componente educaționale tradiționale într-o componentă tehnologizată .....	97
7.1. Obiective.....	97
7.2. Metodologia de cercetare .....	97
Designul experimentului .....	98
7.3. Alegerea tehnologiei .....	99
Cele mai populare tehnologii .....	99
Angular, React și Vue - soluții moderne pentru dezvoltarea de aplicații bazate pe componente ...	101
Metodologie.....	102
Rezultate .....	103
7.4. Aplicarea ghidului de bune practici.....	105
7.5. Rezultate și concluzii .....	118
8. Studiu de caz – aplicarea ghidului propus de către un grup de dezvoltatori .....	121
8.1. Evaluarea ghidului de către dezvoltatori.....	121
Metodologie.....	121

Chestionarul .....	122
Interviul.....	126
8.2. Concluzii și sugestii de îmbunătățire a ghidului.....	128
9. Impactul algoritmilor de Inteligență Artificială asupra dezvoltării tehnologiilor de învățare bazate pe componente.....	131
9.1. AI-ul ca instrument în dezvoltarea componentelor .....	131
Generarea automată de cod .....	131
9.2. AI pentru automatizarea testării și a asigurării calității .....	132
9.3. Evaluarea continuă a componentelor prin AI.....	132
9.4. Recunoașterea componentelor educative .....	133
Analiza și identificarea automată a componentelor.....	134
Etapele recunoașterii automate a componentelor .....	134
Clasificarea componentelor educaționale .....	145
Sugestii pentru reutilizarea și adaptarea componentelor .....	150
Evaluarea conformității cu ghidul.....	150
Avantaje .....	151
9.5. Provocări și considerente .....	151
Personalizarea învățării și păstrarea controlului pedagogic .....	151
Riscul de părtinire algoritmică (bias) .....	152
Lipsa transparenței și explicabilității algoritmilor AI .....	152
Asigurarea confidențialității și securității datelor .....	152
Gestionarea schimbărilor în curriculum și practici educaționale.....	152
10. Contribuții personale și concluzii finale .....	153
10.1. Contribuții personale.....	153
10.2. Concluzii.....	155
Lista lucrărilor publicate .....	158
Lista de figuri.....	160
Lista de tabele .....	161
ANEXE .....	162
Anexa 1 – Chestionar .....	162
Anexa 2 – Rezultate chestionar .....	165
Bibliografie.....	173

**Cuvinte cheie:**

e-learning, CBSD, dezvoltare software bazată pe componente, CAL, învățare asistată de calculator, reutilizare, COVID-19