

## CONTRIBUȚII ÎN DOMENIUL MODELELOR GENERATIVE APLICATE ÎN ÎNVĂȚAREA ELECTRONICĂ

### Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Calculatoare și Tehnologia Informației

autor inf. Dume (Costea) Felicia Mirabela

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Crețu Vladimir Ioan

luna 07 anul 2021

#### Cuprins:

1. Introducere.....	1
2. State of the art.....	3
3. Strategia pentru îndeplinirea obiectivelor.....	5
4. Modelul de obiecte de învățare auto-generative.....	5
5. Modele pentru aritmetica de gimnaziu.....	6
6. Modele pentru discipline TI.....	7
7. Implementarea prototipului.....	7
8. Validarea prototipului.....	7
9. Concluzii și perspective.....	8

### 1. INTRODUCERE

Prezenta lucrare se focusează pe dezvoltarea și implementarea unei abordări bazate pe obiecte de învățare auto-generative (AGLO) pentru a facilita învățarea și evaluarea automată pentru disciplinele științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii (STEM). Tematica abordată este de actualitate cu atât mai mult cu cât utilizarea obiectelor de învățare electronice a cunoscut o creștere foarte mare în anul 2020 pe fondul restricțiilor impuse de pandemia generată de virusul Sars-CoV-2.

Termenul de e-learning a devenit un concept important în evoluția educației. În linii mari, eLearning (sau e-learning) înseamnă totalitatea situațiilor educaționale în care mijloacele tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC) sunt utilizate în mod semnificativ [1]. Computerul și materialele electronice/multimedia sunt utilizate ca suport în predare, învățare, evaluare. În prezent, termenul de e-learning a înlocuit practic toți termenii care desemnează un nou mod de integrare a TIC în procesul de formare.

Tehnologia digitală produce anumite schimbări în mediul de învățare prin:

- spațiul virtual de învățare, care creează posibilitatea imaginației și creativității elevilor, informațiile pot fi vizualizate, simulate procedural, făcând aceste materiale mai atractive și mai ușor de înțeles;

- învățare independentă, elevii nu petrec timp căutând informații, ci folosindu-le;

- se respectă individualizarea învățării, se respectă ritmul personal al fiecăruia;

- monitorizarea în timp real a activității cursantului.

Obiectele de învățare (LO) au apărut ca un nou mod de a gândi despre conținutul de

învățare. În mod tradițional, conținutul vine în câteva ore. Obiectele de învățare sunt unități de învățare mult mai mici, care durează chiar și câteva minute. Conceptul de obiecte de învățare este definit pe larg. Standardizarea Institutului de ingineri electrici și electronici (IEEE) definește obiectele de învățare ca: „un obiect de învățare este definit ca orice entitate, digitală sau non-digitală, care poate fi utilizată pentru învățare, educație sau instruire” [2].

Există o varietate de modele de obiecte de învățare și noi propuneri apar continuu. Cele mai utilizate standarde de e-learning sunt

- Modelul Sharable Content Object Reference sau SCORM [3];
- Metadatele obiectelor de învățare ale Institutului de ingineri electrici și electronici sau IEEE LOM [4];
- Sistem de gestionare a informațiilor sau IMS [5];
- Inițiativa de metadate a resurselor de învățare sau LRMI [6];
- Compania de sisteme informatice sau CISCO [7].

Un sistem de management al învățării (LMS) este un mediu adaptat pentru diseminarea obiectelor de învățare. Este o aplicație software care oferă, printre altele, cursuri educaționale și programe de învățare. Profesorul poate folosi acest software pentru a crea cursuri structurate și a le gestiona pentru a îndeplini diverse cerințe. LMS este considerat a fi baza pentru construirea practicii de învățare electronică de astăzi [8]. Dintre LMSurile open source amintim Moodle [9], Ilias [10], Canvas [11].

LO-urile sunt dificil de reutilizat și dificil de adaptat la fiecare disciplină, deoarece necesită acces la codul sursă, cunoștințe de programare pentru modificarea conținutului, testare și implementare [12]. Pentru a îmbunătăți utilizarea obiectelor de învățare, a fost creat modelul generativ. „Obiectele de învățare generative (GLO-uri) sunt LO generice și reutilizabile din care conținutul LO specific poate fi generat la cerere” [13].

În domeniul obiectelor generative există două direcții clare:

- GLO bazat pe șabloane, dezvoltat de Tom Boyle în [14], [15], [16].
- GLO bazat pe meta-programe dezvoltate de Damaševičius și Štuikys în [17], [18], [13].

Obiectele de învățare auto-generative (AGLO) sunt „modele pedagogice reutilizabile care trebuie instanțiate cu conținut generat pe baza numerelor aleatorii pentru a îndeplini obiectivele de învățare” [12]. În această teză, propunem o abordare bazată pe AGLO pentru a facilita învățarea și evaluarea automată pentru disciplinele STEM.

Abordarea AGLO presupune dezvoltarea de către tutore a unui model AGLO care vizează un obiectiv specific de învățare. Acesta dezvoltă meta-modelul folosind medii accesibile: Eclipse și Notepad ++. Când șabloanele sunt create, acestea sunt stocate într-o bază de date MySQL. Șabloanele sunt salvate în fișiere XML. Din baza de date, studentul prin intermediul aplicației web frontend poate selecta AGLO-uri.

Elevii accesează aplicația web utilizând un browser web pe o stație de lucru, tabletă sau smartphone. În procesul de evaluare, studentul va accesa mai multe AGLO-uri. La acest pas, AGLO-urile accesate sunt instanțiate cu numere aleatorii, formulele sunt evaluate pentru a îndeplini scenariul de învățare sau testare proiectat. Sunt apelate și metode din bibliotecile JavaScript specifice domeniului. Evaluarea corectitudinii răspunsurilor se face automat. Răspunsurile date de elevi sunt stocate într-un depozit de obiecte de învățare.

## 1.2. Obiectivele tezei

Scopul cercetării fiind acela de a crea AGLO-uri care pot fi utilizate în procesul instructiv-educativ, au fost formulate următoarele obiective specifice.

Obiectivul O1 este de a face un studiu bibliografic al obiectelor de învățare și o analiză comparativă a modelelor studiate;

Obiectivul O2 este de a propune un algoritm, o metodologie de abstractizare pentru a crea șabloane AGLO reutilizabile;

Obiectivul O3 este de a realiza AGLO-uri instanțabile prin abstractizarea mai multor concepte de învățare din disciplinele STEM (aritmetică, structuri de date, analize algoritmice, sisteme de operare), cel puțin 150 de obiecte;

Obiectivul O4 este de a dezvolta concepte de modelare a bibliotecilor specifice domeniului (cel puțin 15 clase JavaScript) pentru a ajuta instanțierea AGLO-urilor;

Obiectivul O5 este validarea abordării noastre AGLO în practică, pe grupuri de studenți, arătând eficacitatea modelului;

Subobiectivul O51 este să arate că AGLO-urile sunt eficiente în procesul de învățare în comparație cu abordările clasice;

Subobiectivul O52 este de a arăta că mecanismele automate de evaluare ale AGLO sunt foarte apropiate de evaluarea dată de tutori.

### 1.3. Structura tezei

Teza este organizată după cum urmează:

Capitolul 1 prezintă contextul tezei, obiectivele tezei și structura tezei.

Capitolul 2 prezintă state-of-the-art în domeniul obiectelor de învățare cărui i se adresează această lucrare.

Capitolul 3 prezintă metodologia de cercetare aplicată în acest proiect de cercetare.

Capitolul 4 prezintă pas cu pas procesul de abstractizare. Procesul de abstractizare este apoi prezentat practic pe un exemplu din disciplinele Matematică, Structuri de date și algoritmi, Analiza și proiectarea algoritmilor și Sisteme de operare. În continuare este prezentată structura modelului, iar în continuare semantica acestuia.

Capitolul 5 prezintă modelul AGLO aplicat în domeniul aritmeticii școlii gimnaziale. Temele vizate de aceste AGLO-urilor sunt fracțiile, operațiile cu intervale, rezolvarea ecuațiilor și inecuațiilor cu modul, rezolvarea diferitelor tipuri de inegalități, precum și formulele de calcul prescurtat.

Capitolul 6 prezintă modelul AGLO aplicat în domeniul disciplinelor TI. Capitolul începe cu o expunere a AGLO-urilor care vizează patru tipuri de căutări, și anume căutarea liniară, căutarea liniară cu fanion, căutarea binară și căutarea prin interpolare. Capitolul continuă cu prezentarea AGLO-urilor care vizează diferite tipuri de sortări. Lucrul cu listele liniare simplu înlănțuite și cu listele liniare dublu înlănțuite este subiectul discutat în continuare în acest capitol. Noțiunile legate de arbori și grafice sunt abordate în continuare. În cele din urmă, sunt descrise AGLO-urile ce vizează noțiuni legate de diferite comenzi de bază utilizate în Linux.

Capitolul 7 prezintă implementarea prototipului. Capitolul prezintă modul în care am reușit să conectăm studenții cu AGLO-urile noastre folosind platforma DSEL. Bibliotecile JavaScript specifice domeniului pe care le-am realizat sunt prezentate în continuare.

Capitolul 8 prezintă validarea modelului AGLO prin două studii de caz, unul realizat pe un grup de 12 elevi din clasa a V-a și unul realizat pe un grup de 50 de elevi din clasa a VIII-a.

Capitolul 9 prezintă concluziile finale, contribuțiile originale din teza de doctorat, diseminarea rezultatelor, precum și câteva perspective.

## 2. STATE OF THE ART

A fost realizat un studiu asupra unei varietăți de modele de obiecte de învățare: modelul SCORM, standardul IEEE Learning Object Metadata, modelul CISCO, modelul Dublin Core,

modelul Learnativity, modelul NETg, modelul ALOCoM, pluginul H5P. Precum și a obiectelor generative de învățare (GLO), obiectele dezvoltate de Tom Boyle, modelul dezvoltat de Damasevicius și Štuikys, și pluginurile Moodle Coordinate Question și Calculated Question.

Obiectele de învățare IEEE sunt reprezentate de orice conținut utilizat pentru învățare sau instruire. Conținutul poate fi orice text, imagini, audio. Nu au feedback, nu au evaluare și nu necesită cunoștințe de programare.

SCORM este un set de standarde tehnice care asigură funcționarea corectă a conținutului eLearning pe o platformă LMS. Conținutul LO este static, o reprezentare electronică a mass-media, text, imagini, audio, pagini web sau alte date care pot fi prezentate într-un client web. LO-urile pot avea feedback și evaluare automată. SCORM permite tutorilor să-și distribuie conținutul într-o varietate de LMS-uri, dar pentru a crea acest conținut, tutorele trebuie să aibă un minim de cunoștințe de programare.

CISCO este un model de conținut care restricționează numărul de componente de învățare la șapte. Conținutul LO este, de asemenea, static, poate conține propoziții sau paragrafe, imagini, animații etc. Cisco are o strategie pentru dezvoltarea și implementarea RLO-urilor, dar tutorele trebuie să aibă cunoștințe de bază despre programare.

Learnativity este un model de conținut în care elementele media brute, cum ar fi o singură propoziție sau paragraf, ilustrație, animație și altele sunt grupate până la nivelul cursului. LO-urile create cu Learnativity conțin doar conținut static. Cum să combinați obiecte la diferite niveluri de granularitate urmează câteva reguli, dar nu aveți nevoie de abilități de programare pentru a le îndeplini.

Termenul LO folosit de NETg cuprinde trei părți: un obiectiv de învățare, o activitate de predare a obiectivului și o unitate de evaluare care măsoară obiectivul. Acestea sunt tipuri abstracte, care pot fi mapate și agregate pe patru niveluri, până la nivelul cursului. Conținutul poate fi orice text, imagini, audio. Au evaluare automată. LO-urile nu necesită cunoașterea programării pentru a fi realizate.

H5P este un instrument open-source axat pe crearea de conținut interactiv HTML5. În funcție de tipul de sarcină, dificultatea creării acesteia diferă, astfel încât procesul de creare a sarcinilor interactive de învățare necesită cunoștințe minime de programare.

Odată ce managementul învățării a fost transferat de la clasă la un nou nivel de dezvoltare, experiențele de clasă au trebuit să fie reconfigurate pentru livrare computerizată și distribuite pe internet. Platformele de învățare electronică cuprind în principal LMS-uri care se concentrează foarte mult pe crearea și standardizarea conținutului de învățare, distribuirea materialelor către cursanți și furnizarea de funcționalități pentru exerciții de autoevaluare și scopuri de examinare [8]. Profesorul poate crea conținut de curs adăugând text, imagini, tabele, link-uri, prezentări de diapozitive etc. Pe un LMS își poate gestiona cursurile și modulele, poate înregistra studenți sau își poate configura autoînscriserea, precum și importa studenți la cursurile lor online.

Pentru dezvoltarea acestui domeniu s-au realizat de asemenea și alte abordări. Astfel, în plus, LO-urile s-au grupat în secvențe, LO-urile s-au îmbunătățit prin design orientat pe obiecte sau au fost mapate și reprezentate asemenea unui pachet cloud în platforma CLAVIRE e-Science.

GLO-urile inventate de Tom Boyle sunt modele reutilizabile. Aceste modele sunt accesibile de pe orice dispozitiv. GLO-Maker este un instrument care oferă tutorilor posibilitatea de a crea LO-uri concrete pe baza acestor modele, prin adăugarea de conținut static. Răspunsul elevului este apreciat cu o notă.

GLO-urile propuse de Vytautas Štuikys și Robertas Damaševičius sunt un model extins cu tehnologii de meta-programare, destul de generale și accesibile. Șabloanele se refereau doar la disciplinele IT. Conținutul este static, iar răspunsul elevului obține o notă.

Plug-in-urile Moodle Coordinate Question și Moodle Calculated Question sunt două pluginuri, în care întrebarea este realizată din conținut static îmbinat cu variabile numerice

dinamice. Tutorul poate seta feedback automat la fiecare întrebare. După evaluarea răspunsului elevului i se returnează o notă. Nu sunt necesare cunoștințe de programare pentru a crea astfel de întrebări. Platforma Moodle oferă documentația necesară pentru realizarea lor.

În urma comparării modelelor studiate cu modelul AGLO s-a ajuns la concluzia că AGLO-urile sunt șabloane accesibile de pe orice dispozitiv, care oferă feedback și evaluare automată ce merită studiate și dezvoltate. Exerciții obținute prin acest model sunt dinamice, realizate din combinarea textului static cu variabile initializate automat cu valori aleatorii la fiecare instanțiere. Variabilele pot fi numere exprimate în mai multe formate, șiruri încadrate de ghilimele, liste de numere asociate matricelor, liste de caractere asociate cu matrice, liste de șiruri asociate cu matrice, obiecte: intervale, fracții, noduri de listă, liste liniare simplu înlănțuite, liste liniare dublu înlănțuite, arbori, grafice, reprezentări SVG.

### 3. STRATEGIA PENTRU ÎNDEPLINIREA OBIECTIVELOR

Etapile realizate în prezenta cercetare științifică sunt prezentate mai jos:

1. Realizarea unui algoritm de abstractizare pentru obținerea șabloanelor AGLO;
2. Proiectare modelului AGLO;
3. Dezvoltarea și implementarea de modele pentru disciplinele STEM;
4. Dezvoltarea de biblioteci JavaScript specifice domeniului;
5. Evaluarea modelului prin aplicarea AGLO-urilor în procesul de învățare-evaluare în clasă.

Primul pas al metodologiei de cercetare 1. Realizarea unui algoritm de abstractizare pentru obținerea șabloanelor AGLO are rolul de a aborda O2, așa cum este descris în primul capitol al tezei: să propună o metodologie pas cu pas bazată pe abstracții pentru a crea șabloane AGLO re folosibile.

Următorii doi pași ai metodologiei 2. Proiectare modelului AGLO și 3. Dezvoltarea și implementarea de modele pentru disciplinele STEM, au rolul de a aborda O3, formulat în primul capitol al tezei: să realizeze AGLO-uri instanțiable prin abstractizarea mai multor concepte de învățare din discipline STEM (aritmetică, structuri de date, analize algoritmice, sisteme de operare), cel puțin 150 de obiecte.

Al patrulea pas al metodologiei de cercetare 4. Dezvoltarea de biblioteci JavaScript specifice domeniului, are rolul de a aborda O4, așa cum este descris în primul capitol al tezei: să dezvolte concepte de modelare a bibliotecilor specifice domeniului (cel puțin 15 clase JavaScript) pentru a ajuta instanțierea AGLO-urilor.

Al cincilea pas al metodologiei de cercetare 5. Evaluarea modelului prin aplicarea AGLO-urilor în procesul de învățare-evaluare în clasă, are rolul de a aborda O5, așa cum este descris în primul capitol al tezei: să validăm abordarea noastră AGLO în practică, pe grupuri de studenți, arătând eficacitatea modelului. Al cincilea pas al metodologiei de cercetare 5. Evaluarea modelului prin aplicarea AGLO-urilor în procesul de învățare-evaluare în clasă, are rolul de a aborda O51 și O52, așa cum sunt descrise în primul capitol al tezei: să arate că AGLO-urile sunt eficiente în procesul de învățare în comparație cu abordările clasice; și să arate că mecanismele automate de evaluare ale AGLO sunt foarte apropiate de evaluarea dată de tutori.

### 4. MODELUL DE OBIECTE DE ÎNVĂȚARE AUTO-GENERATIVE

#### 4.1. Algoritm de abstractizare

Procesul de abstractizare este realizat sub forma unui algoritm de 11 pași ce pot fi urmați

de tutori pentru a dezvolta șabloane AGLO reutilizabile. Procesul de realizare a acestor AGLO cuprinde următoarele etape:

Pasul 1: Identificarea obiectivului de învățare.

Pasul 2: Identificarea exercițiului concret.

Pasul 3: Identificarea variabilelor.

Pasul 4: Identificarea tipului variabilelor și mulțimea în care acestea pot lua valori.

Pasul 5: Identificarea datelor de intrare, acestea vor fi generate aleator.

Pasul 6: Construirea unui scenariu de calcul.

Pasul 7: Identificarea obiectelor și metodelor din bibliotecile JavaScript specifice domeniului.

Pasul 8: Configurarea nivelului de dificultate.

Pasul 9: Identificarea variabilelor intermediare necesare.

Pasul 10: Identificarea variabilelor răspuns și a formulelor lor de calcul.

Pasul 11: Testarea obiectului.

Procesul de abstractizare este prezentat practic pe câte un exemplu din disciplinele Matematică, Structuri de date și algoritmi, Analiza și proiectarea algoritmilor și Sisteme de operare.

#### 4.2. Structura și semantica AGLO

LO-urile sunt resursele digitale cu care interacționează elevul. AGLO-urile sunt șabloane din care se obțin LO-uri concrete la fiecare instanță.

Modelul AGLO este definit folosind meta-limbajul EBNF. Șabloanele AGLO sunt scrise în format XML, iar elementul rădăcină este elementul <action>.

Fiecare obiect AGLO este format din șase secțiuni:

- nume – conține numele AGLO-ului;
- scenariu – cuprinde prezentarea modului de funcționare al obiectului de învățare, precum și declararea și inițializarea simbolurilor necesare pentru rezolvarea problemei;
- teorie – conține prezentarea noțiunilor teoretice;
- întrebare – conține sarcina de lucru ce este realizată prin îmbinarea dintre test static și variabile instanțiate aleator;
- răspuns – conține răspunsul dat de student și notarea automată a acestuia;
- feedback – conține explicații suplimentare legate de noțiunea abordată, precum și compararea răspunsului dat de student cu răspunsul calculat.

Un AGLO este un model pedagogic care oferă instantaneu diferite exerciții, astfel încât elevul sau studentul să poată exersa noțiunea vizată.

### 5. MODELE PENTRU ARITMETICA DE GIMNAZIU

Capitolul prezintă modelul AGLO aplicat în domeniul aritmeticii școlii gimnaziale. Temele vizate de aceste AGLO-urilor sunt fracțiile (clasificare, comparare, operații cu fracții, transformări de fracții, introducerea și scoaterea întregilor din fracție, aflarea unui procent dintr-un număr), operațiile cu intervale, rezolvarea ecuațiilor și a inecuațiilor cu modul, rezolvarea diferitelor tipuri de inegalități, precum și formulele de calcul prescurtat.

Pentru lucrul cu fracții, s-au realizat douăzeci și unu de AGLO-uri. Aceste exerciții acoperă competențele specifice legate de fracții cerute de programa curentă din România pentru elevii din clasa a V-a.

Pentru aritmetica clasei a VIII-a, s-au realizat treisprezece exerciții. Aceste exerciții acoperă competențe specifice legate de primele două capitole de algebră cerute de actualul

curriculum din România pentru elevii din clasa a VIII-a.

## 6. MODELE PENTRU DISCIPLINE TI

Capitolul prezintă modelul AGLO aplicat în domeniul disciplinelor IT.

Pentru disciplina Structuri de date și algoritmi au fost realizate AGLO-urile vizând patru tipuri de căutări, și anume căutarea liniară, căutarea liniară cu semnalizare, căutarea binară și interpolarea și diferite tipuri de sortare, sortare prin inserție, sortare prin selecție, sortare cu bule, sortare de tip shell și sortare rapidă. De asemenea au fost realizate AGLO-uri și pentru lucrul cu liste liniare simplu înlanțuite și liste liniare dublu înlanțuite. În acest caz au fost abordate adăugări în listă după mai multe criterii, și anume, înainte sau după un element specificat, la începutul sau la sfârșitul listei, după o adresă specificată, ștergeri din listă, de asemenea după mai multe criterii, precum și noțiuni elementare de recunoaștere a unor elemente specifice listelor, cum ar fi adresa unui element, predecesorul sau succesorul unui element.

Pentru disciplina Analiza și Designul Algoritmilor au fost abordate noțiuni de baza referitoare la arbori și grafuri sunt abordate în mai multe AGLO-uri.

Pentru disciplina Sisteme de Operare, sunt descrise AGLO-urile care descriu noțiuni legate de diferite comenzi de bază utilizate în Linux, și anume, lucrul cu directoare, lucrul cu fișiere, comenzi de proces, comenzi administrative, comenzi de rețea.

Au fost prezentate un total de 141 AGLO-uri care acoperă diferite discipline ITC.

## 7. IMPLEMENTAREA PROTOTIPULUI

Studentii au fost conectați cu AGLO-urile prin intermediul platformei DSEL. Aceștia s-au putut conecta prin intermediul unui cont de g-mail sau facebook deja existent. Toate sesiunile de logare, exercițiile accesate și răspunsurile date sunt stocate într-o bază de date conectată cu platforma.

De asemenea, au fost prezentate bibliotecile JavaScript specifice domeniului implementate pentru a susține AGLO-urile realizate. Au fost realizate astfel:

- pentru noțiunile de aritmetică de gimnaziu `Fractii.js` și `Intervale.js`;
- pentru Structuri de date și algoritmi: `BinarySearch.js`, `LinearSearch.js`, `InterpolationSearch.js`, `SentinelLinearSearch.js`, `InsertSort.js`, `SelectSort.js`, `BubbleSort.js`, `QuickSort.js`, `LinkedListLink.js`, `LinkedListNode.js`, `LinkedListNodeShape.js`, `RandomLinkedList.js`, `OrderedLinkedList.js`, `DoubleLinkedListLink.js`, `DoubleLinkedListNode.js`, `DoubleLinkedListNodeShape.js` și `RandomDoubleLinkedList.js`;
- pentru Analiza și designul algoritmilor: `Circle.js`, `Line.js`, `TreeNode.js`, `Tree.js` și `Graph.js`;
- pentru Sisteme de operare `File.js` și `Folder.js`.

## 8. VALIDAREA PROTOTIPULUI

Capitolul prezintă validarea modelului AGLO prin două studii de caz, unul realizat pe un grup de 12 elevi din clasa a V-a și unul realizat pe un grup de 50 de elevi din clasa a VIII-a.

Ipoteza analizată în primul studiu de caz este aceea că există o șansă de 5% ca obiectele de învățare să nu susțină în mod eficient procesul de învățare. În urma metricilor aplicate s-a obținut o valoare de 0.002 pentru p-ul calculat, și o acuratețe a modelului de 91%.

Ipoteza analizată în al doilea studiu de caz este aceea că șansele ca aceste obiecte de

învățare să nu reflecte cu adevărat nivelul de cunoștințe dobândite de elevi sunt mai mici de 5%. Și în cazul acestui studiu, aplicând metrici statistice, a fost obținută o acuratețe a modelului de 98%, valoarea deviației standard 0.75 și valoare p de 0.03.

Chestionarul de satisfacție aplicat elevilor a dus la concluzia că 97% dintre aceștia apreciază pozitiv aceste tipuri de exerciții, iar peste 90% dintre ei își doresc în activitatea de învățare astfel de AGLO-uri.

## 9. CONCLUZII ȘI PERSPECTIVE

### 9.1 Concluzii

AGLO-urile sunt șabloane reutilizabile ce oferă exerciții dinamice. Utilizarea AGLO-urilor ar putea fi o soluție pentru integrarea cu succes a instrumentelor digitale în procesul de predare-evaluare.

Abordarea AGLO propusă se pliază foarte bine pe noțiuni specifice disciplinelor STEM. Aceste modele pot fi utilizate atât în evaluare, cât și în procesul de învățare pentru practicarea conceptelor STEM.

Elevii și-au arătat deschiderea către astfel de obiecte de învățare.

### 9.2. Îndeplinirea obiectivelor

La începutul cercetării s-au formulat cinci obiective care au fost atinse rând pe rând pe parcursul cercetării.

În capitolul 2 a fost realizat unui studiu bibliografic al obiectelor de învățare și o analiză comparativă a modelelor studiate cu modelul AGLO. Prin acestea s-a abordat O1, formulat în primul capitol al tezei.

În capitolul 4 a fost realizat un algoritm de abstractizare pentru a crea șabloane AGLO reutilizabile. Prin realizarea acestui algoritm s-a abordat O2.

În capitolul 5 au fost prezentate 34 de AGLO-uri ce vizează aritmetica de gimnaziu. Realizarea acestor AGLO-uri a abordat O3.

În capitolul 6 au fost prezentate 141 de AGLO-uri ce vizează noțiuni specifice unor discipline TI. Realizarea acestor AGLO-uri a abordat O3.

În capitolul 7 a fost prezentat modul în care s-a realizat conectarea studenților și a elevilor cu aceste AGLO-uri prin intermediul platformei DSEL. Au fost prezentate de asemenea și bibliotecile JavaScript specifice realizate. Realizările din capitolul acesta au abordat O4.

În capitolul 8 au fost prezentate două studii de caz. Primul studiu de caz s-a realizat pe un grup de 12 elevi de clasa a cincea, iar cel de al doilea pe un grup de elevi de clasa a opta. Rezultatele obținute au fost favorabile modelului AGLO. Prin realizarea celor două studii a fost abordat O5, primul studiu abordând SO51, iar cel de al doilea SO52.

### 9.3. Contribuții originale

Contribuțiile originale sunt următoarele:

1. A fost dezvoltat un algoritm de abstractizare pentru crearea șabloanelor AGLO. Algoritmul a fost realizat sub forma unui proces ce cuprinde unsprezece pași, cu ajutorul căruia orice tutore poate realiza șabloane AGLO reutilizabile.

2. Au fost create un număr de 175 de AGLO-uri pentru mai multe noțiuni din disciplinele STEM. Astfel au fost realizate: 21 de AGLO-uri ce vizează lucrul cu fracții [19], 13 AGLO-uri ce vizează noțiuni legate de algebra de clasa a opta (operații cu intervale, ecuații



și inecuații cu modul, inegalități și formule de calcul prescurtat) [20], 97 de AGLO-uri ce vizează noțiuni din disciplina Structuri de date și algoritmi (căutări, sortări, liste liniare simplu înălțuite, liste liniare dublu înălțuite)[26], 17 AGLO-uri ce vizează noțiuni din disciplina Analiza și proiectarea algoritmilor (arbori și grafuri) [22] și 27 de AGLO-uri ce vizează noțiuni din disciplina Sisteme de operare (comenzi pentru lucrul cu directoare, fișiere, de proces, administrative, de rețea) [23].

3. Au fost dezvoltate cinci biblioteci JavaScript, ce modelează 42 de concepte reutilizabile care conțin funcțiile și metodele necesare noțiunilor abordate.

4. AGLO-urile au fost aplicate în activitatea de predare-evaluare la clasă, rezultând astfel două studii de caz. Primul studiu de caz a fost realizat pe un grup de 12 elevi de clasa a cincea [19], iar al doilea studiu de caz a fost realizat pe un grup de 50 elevi de clasa a opta [21].

#### 9.4. Direcții de cercetare viitoare

Teza și-a atins obiectivele stabilite, dar noi teme de cercetare pot continua prezenta cercetare, precum:

- să extindem abordarea noastră la un număr mai mare de discipline STEM și conceptele lor (Geometrie, Chimie, Biologie, Fizică, Construcții civile);
- să dezvoltăm o modalitate de a integra AGLO într-un LMS sau de a crea o aplicație mobilă pentru aceste obiecte;
- să facem aceste modele accesibile tutorilor printr-un instrument care permite crearea și adaptarea AGLO-urilor;
- să realizăm tutorialele pe mai multe niveluri, în funcție de nevoile tutorilor: folosirea AGLO, modificarea obiectelor existente și/sau crearea propriilor obiecte;
- să publicăm codul / prototipul cu o licență open-source;
- prin acțiunile viitoare să trecem modelul nostru de la nivelul TRL4 la nivelul TRL5.

#### BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] M. White, "Synthesis of research on electronic learning," *Educational Leadership*, no. 40(8), p. 13-15, 1983.
- [2] T. S. C. Learning, Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standard 1484.12.1, New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002.
- [3] "Advanced Distributed Learning Initiative, SCORM, [Online]," Available: <https://www.adlnet.gov/adl-research/scorm> [Accessed: 28-05-2018], 2001
- [4] LTSC, "Ieee standard for learning object metadata. Technical report, IEEE," [Accessed: 28-05-2018], 2002.
- [5] "IMS Learning Design," Available: <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html> [Accessed: 20-01-2021], 2003.
- [6] M. I. Dublin Core, „Innovation in metadata design, implementation & best practices,” Available: <http://dublincore.org/documents/dces/> [accessed: 19-07-2018], 2010.
- [7] C. System, „Reusable Information Object Strategy, Version 3.0, 1999”.
- [8] B. Davis, C. Colleen and E. Wagner, The Evolution of the LMS: From Management to Learning, Sage Road Solutions, LLC, 2009.
- [9] Moodle, Releases - MoodleDocs, Available: [docs.moodle.org](https://docs.moodle.org/). [Accessed 18-04-2018].
- [10] M. Kunkel, The official ILIAS 4 practical book, München : Auflage. Addison-Wesley, 2011.
- [11] „About Canvas | Edtech Learning Platform | Instructure,” 2013.
- [12] C. B. Chirila, "Auto-generative learning objects in online assessment of data structures disciplines," in *BRAIN - Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, vol. 8, no.

- I, Bacau, Romania, 2017.
- [13] D. Robertas and Š. Vytautas, "On The Technological Aspects of Generative Learning Object Development," *Springer*, 2008.
  - [14] T. Boyle, „Design principles for authoring dynamic, reusable learning,” 2003.
  - [15] T. Boyle, "Generative learning objects (GLOs): design as the basis for reuse and repurposing," London Metropolitan University, London, 2009.
  - [16] T. Boyle și C. Bradley, „ User Guide for the GLO Maker 2 Authoring Tool,” 2009.
  - [17] R. Damaševičius, "Towards Empirical Modelling of Knowledge Transfer in Teaching/Learning Process," DOI: 10.1007/978-3-319-11958-8\_29, 2014.
  - [18] V. Štuikys and R. Damaševičius, Towards knowledge-based generative learning objects, *Information, Technology and Control*, 2007.
  - [19] F. M. Costea, C. B. Chirila and V. I. Cretu, "Redesigning educational tools using auto-generative learning objects," in *ELearning and Software for Education (ELSE)*, Bucharest, 2019.
  - [20] F. M. Costea, C. B. Chirila and V. I. Cretu, "Middle School Arithmetic Auto-Generative Learning Objects to Support Learning in the Covid-19 Pandemic," in *In Proceedings of the IEEE 13-th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, Timisoara, 2021.
  - [21] F. M. Costea, C. B. Chirila și V. I. Cretu, „A Use Case for Arithmetic Auto-Generative Learning Objects in Pandemic,” în *Else*, Bucuresti, 2021.
  - [22] F. M. Costea, C. B. Chirila and V. I. Cretu, "Towards Auto-Generative Learning Objects for Industrial IT Services," in *The IEEE 12-th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, Timisoara, Romania, 2018.
  - [23] F. M. Costea, B. C. Chirila, O. S. Chirila și V. I. Cretu, „On the Generation of Random Data for Auto-Generative Learning Objects,” în *IEEE 13th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, Timisoara, Romania, 2019.
  - [24] F. M. Costea, B. C. Chirila and V. I. Cretu, "Designing E-Learning Content Using AGLOs," in *The 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing*, Timisoara, Romania, 2019.
  - [25] F. M. Costea, B. C. Chirila and V. I. Cretu, "Auto-Generative Learning Objects for Middle School Arithmetic," in *International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Bucharest, Romania, 2018.
  - [26] F. M. Costea, B. C. Chirila and V. I. Cretu, "Auto-Generative Learning Objects for Learning Linked Lists Concepts," in *International Symposium on Electronics and Telecommunications*, Timisoara, Romania, 2020.