

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚE UMANISTE ȘI ALE EDUCAȚIEI

CONSORTIU: Universitatea de Stat din Moldova (USM), Universitatea de Stat „Alecu Russo” din Bălți (USARB), Universitatea de Stat „Bogdan Petriceicu Hașdeu” din Cahul (USC).

Cu titlu de manuscris
C.Z.U.: 373.5.02:004:51(043.2)

BRĂNOAEA GABRIELA – CRISTINA

SISTEM SUPORT INTELIGENT PENTRU
ACCELERAREA ACHIZIȚIILOR MATEMATICE LA
ELEVII DE GIMNAZIU

532.02. DIDACTICĂ ȘCOLARĂ
(PE TREPTE ȘI DISCIPLINE DE ÎNVĂȚĂMÂNT)

Rezumatul tezei de doctorat în Științe ale educației

CHIȘINĂU, 2026

Teza a fost elaborată în cadrul Școlii Doctorale Științe Umaniste și ale Educației a Universității de Stat din Moldova.

Conducător științific: BRAICOV Andrei, dr., prof. univ.

Conducător științific prin cotutelă: BRAGARU Tudor, dr., prof. univ.

Comisiei de îndrumare:

1. GOLUBIȚCHI Silvia, dr. hab., prof. univ.
2. MARIN Maria, dr., conf. univ.
3. VEVERIȚĂ Tatiana, dr., conf. univ.

Componenta Comisiei de doctorat:

Președinte – GUȚU Vladimir, dr. hab., prof. univ., Universitatea de Stat din Moldova

Conducător științific – BRAICOV Andrei, dr., prof. univ., Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

Conducător științific prin cotutelă – BRAGARU Tudor, dr., prof. univ., Universitatea de Stat din Moldova

Referent 1 – COZMA Dumitru, dr. hab., prof. univ., Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

Referent 2 – ZASTÎNCEANU Liubov, dr., conf. univ., Universitatea de Stat „Alecu Russo” din Bălți

Referent 3 – MARIN Maria, dr., conf. univ., Universitatea de Stat din Moldova

Susținerea va avea loc la data de 11.09.2026, la ora 14:00, în ședința publică a Comisiei de doctorat din cadrul Școlii Doctorale Științe Umaniste și ale Educației a Universității de Stat din Moldova, în sala 505, blocul III, Universitatea de Stat din Moldova, Str. M. Kogălniceanu 65A, MD-2009, Chișinău, Republica Moldova.

Teza de doctorat și rezumatul pot fi consultate la Biblioteca Națională a Republicii Moldova, Biblioteca Centrală a Universității de Stat din Moldova și pe pagina web a Agenției Naționale de Asigurare a Calității în Educație și Cercetare.

Rezumatul a fost expedit la data de 17.06.2026.

Autor: **BRĂNOAEA Gabriela Cristina** _____

Conducător științific: **BRAICOV Andrei, dr., prof. univ.** _____

Conducător prin cotutelă: **BRAGARU Tudor, dr., prof. univ.** _____

Președinte al Comisiei de doctorat: **GUȚU Vladimir, dr. hab., prof. univ.** _____

CUPRINS

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	2
CONȚINUTUL TEZEI	6
1. FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A SISTEMELOR INTELIGENTE DE SUPORT EDUCAȚIONAL	6
2. DEZVOLTAREA PEDAGOGICĂ ȘI TEHNOLOGICĂ A SISTEMULUI SUPORT INTELIGENT	10
3. EVALUAREA ȘI VALIDAREA SISTEMULUI SUPORT INTELIGENT ÎN CICLUL GIMNAZIAL	19
CONCLUZII FINALE ȘI RECOMANDĂRI	25
BIBLIOGRAFIE (SELECTIVĂ)	29
LISTA PUBLICAȚIILOR AUTORULUI LA TEMA TEZEI	31
ADNOTARE	33
ANNOTATION	34
АННОТАЦИЯ	35

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Cuvinte-cheie: Educație digitală, FOSS (Free and Open Source Software), itemi parametrizați, matematică gimnazială, mathmentor.ro, model didactic, platforma Moodle, Resurse Educaționale Digitale Inteligente (REDI), feedback adaptiv, Sistem Suport Inteligent (SSI).

Actualitatea și importanța temei de cercetare. Transformările societății contemporane, marcate de digitalizare și de economia cunoașterii, impun reconsiderarea rolului educației și evoluția evaluării de la o funcție sumativă la una formativă, orientată spre reglarea învățării și dezvoltarea competențelor (*Black & Wiliam, 2009*). Pandemia COVID-19 a evidențiat limitele și potențialul educației digitale, în special în ceea ce privește accesul și calitatea evaluării online (*Hodges et al., 2020*). În acest context, se evidențiază necesitatea integrării tehnologiilor digitale și a sistemelor inteligente în educație, pentru personalizarea învățării și susținerea feedbackului adaptiv (*Beldiga & Bragaru, 2025; Hattie & Timperley, 2007; Holmes et al., 2019; Marin, 2017*).

Analiza literaturii de specialitate din România și Republica Moldova evidențiază tranziția de la modele tradiționale de evaluare, centrate pe măsurarea rezultatelor, către abordări moderne, orientate spre reglarea procesului de învățare și dezvoltarea competențelor. În cadrul științelor educației, evaluarea este fundamentată ca o componentă integrată a instruirii, cu funcții formative și reglatoare (*Cucoș, 2008; Potolea & Manolescu, 2005*), iar perspectivele contemporane subliniază caracterul său interactiv și corelarea cu strategiile didactice (*Bocoș, 2013; Albulescu & Catalano, 2020*). În didactica matematicii, accentul se deplasează spre analiza proceselor cognitive implicate în rezolvarea de probleme, utilizarea reprezentărilor și dezvoltarea gândirii matematice (*Singer, 2007*), în corelație cu rolul feedbackului și al autoreglării în învățare (*Neacșu, 2015*). În contextul modernizării educației, evaluarea este abordată ca proces centrat pe elev și pe dezvoltarea competențelor (*Guțu & Vicol, 2014*), iar integrarea tehnologiilor educaționale extinde funcționalitatea evaluării formative prin monitorizarea continuă a progresului și furnizarea de feedback imediat, contribuind la individualizarea învățării (*Dulamă, 2020*).

Analiza stadiului actual al cunoașterii evidențiază patru direcții majore: *fundamentele tehnologice și pedagogice ale platformelor educaționale (e.g. Moodle), dovezile empirice privind impactul acestora, studiile de implementare și evaluarea critică a limitărilor existente (Căpățână, et al., 2015; Astafieva et al., 2024).*

Obiectul cercetării constituie procesul de evaluare formativă a elevilor în învățarea matematicii, în contextul utilizării tehnologiilor educaționale moderne. **Subiectul cercetării** reprezintă modelul didactic de evaluare formativă bazat pe un sistem suport inteligent, precum și

mecanismele pedagogice asociate acestuia, respectiv utilizarea itemilor parametrizați și a feedback-ului adaptiv în procesul de învățare a matematicii la nivel gimnazial.

Motivația alegerii temei se bazează pe relevanța acesteia pentru *fundamentarea teoretico-metodologică a didacticii matematicii și pentru optimizarea practicilor didactice în contextul digitalizării educației*.

Cercetarea identifică **contradicții structurale în domeniu**: între practicile didactice tradiționale și imperativele digitalizării, între cerințele pieței muncii și nivelul competențelor formate, între necesitatea integrării e-learningului și complexitatea schimbării curriculare, precum și între utilizarea tehnologiei ca instrument de replicare a materialelor didactice tradiționale și potențialul său transformator. În consecință, se evidențiază o **lacună teoretică și aplicativă** în didactica școlară privind implementarea și validarea Intelligent Tutoring System (ITS) în învățământul preuniversitar, în special la matematică.

Problema științifică importantă soluționată prin cercetarea desfășurată: *Există o discrepanță între potențialul didactic al sistemelor de suport educațional bazate pe evaluare digitală inteligentă și nivelul redus de valorificare a acestora în practica învățării matematicii la nivel gimnazial, în condițiile lipsei unor modele validate de implementare în context preuniversitar din România și Republica Moldova*.

Această discrepanță nu este doar una operațională, ci reflectă o insuficientă maturizare a cadrului conceptual și metodologic al evaluării digitale în învățământul preuniversitar.

Scopul tezei constă în fundamentarea teoretico-metodologică, elaborarea și validarea experimentală a unui model didactic de evaluare formativă, operaționalizat printr-un sistem suport inteligent, realizat prin integrarea platformei Moodle cu pluginuri FOSS și REDI, orientat spre generarea și corectarea automată a evaluărilor standardizate, cu feedback adaptiv, în vederea accelerării achizițiilor matematice ale elevilor de gimnaziu și eficientizării activității profesorilor.

Pentru atingerea acestui scop, sunt formulate următoarele obiective:

1. Analiza cadrului teoretic și metodologic privind evaluarea formativă și utilizarea sistemelor inteligente de suport educațional în didactica matematicii.
2. Compararea principalelor sisteme de management al învățării, în vederea identificării oportunităților de integrare a evaluării digitale inteligente în învățământul gimnazial.
3. Proiectarea modelului didactic de evaluare formativă, bazat pe principii pedagogice validate în literatura de specialitate.
4. Dezvoltarea SSI, prin integrarea platformei Moodle cu pluginurile avansate FOSS și elaborarea resurselor educaționale digitale inteligente.

5. Implementarea modelului didactic și SSI, prin realizarea unui studiu cvasi-experimental în mediul educațional real.
6. Validarea SSI, prin analiza cantitativă a performanțelor elevilor, prin indicatori psihometrice specifici evaluării digitale și prin analiza calitativă a percepțiilor participanților.

Ipoteza cercetării: Dacă elevii de gimnaziu utilizează sistemul suport inteligent/SSI implementat pe platforma Moodle, care integrează resurse educaționale digitale inteligente pentru evaluare formativă cu feedback automatizat, atunci aceștia înregistrează îmbunătățiri semnificative ale achizițiilor matematice comparativ cu strategia didactică tradițională.

Noutatea și originalitatea științifică vizează actualizarea și operaționalizarea conceptului de evaluare formativă prin integrarea itemilor parametrizați și a feedbackului adaptiv într-un model didactic bazat pe un sistem suport inteligent implementat pe platformă digitală proprie, *mathmentor.ro*, cu cod personalizat.

Modelul didactic propus realizează o sinergie între **componenta pedagogică** (*obiectivele educaționale, strategiile didactice, procesele de evaluare și învățare, interacțiunile dintre profesor și elev*) și **componenta tehnică** (*SSI conceput ca un ecosistem digital de susținere a procesului didactic în matematica gimnazială, prin organizarea și orchestrarea logică a funcționalităților avansate ale platformei Moodle și ale pluginurilor FOSS*). În plan metodologic, clasele de gimnaziu se caracterizează prin eterogenitate cognitivă și nevoi de sprijin individualizat, ceea ce necesită sisteme capabile să susțină evaluarea formativă continuă prin sisteme de tip ITS, deoarece strategiile diferențiate cresc eficiența învățării prin adaptarea conținuturilor și sarcinilor la nivelul elevilor, iar tehnologiile educaționale moderne extind mediile de învățare și facilitează integrarea activă a elevilor în procesul educațional (*Astafieva et al., 2024; Zastînceanu, 2021*).

Metodologia de cercetare adoptată este mixtă, construită în acord cu standardele internaționale de cercetare experimentală, combinând structura IMRaD (*Introduction, Methods, Results and Discussion*) cu principiile DBR (*Design-Based Research*). Cercetarea include un **design pedagogic cvasi-experimental**, structurat în etapele de constatare (*pre-test*), intervenție formativă, control (*post-test*) și *re-test*, destinat verificării retenției pe termen scurt și mediu. Suportul metodologic al lucrării este structurat pe trei categorii de **metode complementare**: **teoretice** (*documentarea științifică, analiza critică a literaturii, modelarea conceptuală și proiectarea didactică*), **empirice** (*experimentul pedagogic, analiza produselor activității și testarea performanțelor elevilor*) și **statistice** (*medii, diferențe pre-post, distribuții pe niveluri de performanță, testele Levene și t Student și indicatorul d Cohen*), utilizând aplicația Microsoft

Excel 365 — Analysis ToolPak. Rezultatele cantitative sunt completate de o analiză calitativă (hermeneutică și pedagogică), bazată pe chestionare de percepție administrate atât elevilor, cât și cadrelor didactice, prin intermediul platformei Google Forms.

Semnificația teoretică a cercetării constă în integrarea coerentă a evaluării formative, a teoriei feedbackului educațional, a principiului individualizării și diferențierii intervențiilor și a evaluării digitale într-un model unitar operaționalizat printr-un sistem suport inteligent. Studiul valorifică contribuțiile lui Black și Wiliam (1998, 2009) privind rolul evaluării formative în reglarea învățării, extinzându-le prin mecanisme automatizate de feedback și evaluare digitală.

În același timp, cercetarea se înscrie în *paradigma evaluării asistate de calculator* (Sangwin, 2013; Davies & Sangwin, 2024), dezvoltând-o prin introducerea itemilor parametrizați și a feedbackului adaptiv într-un cadru didactic integrat (Hattie & Timperley, 2007). Modelul operaționalizează, de asemenea, concepte din psihologia educației, precum zona de dezvoltare proximală (Vygotsky, 1978), prin adaptarea progresivă a sarcinilor în funcție de răspunsurile elevilor, contribuind la transformarea procesului educațional în mediul digital.

Valoarea aplicativă a cercetării este demonstrată prin dezvoltarea unor cursuri digitale implementate pe trei platforme Moodle (USM, CEITI, mathmentor.ro), utilizate în diferite contexte reale de învățare. Un element esențial al valorii aplicative îl constituie ghidurile metodologice (pentru profesori și pentru elevi), care facilitează transferul tehnologic și utilizarea directă a sistemului în practică.

Implementarea și aprobarea rezultatelor cercetării au fost realizate în unități de învățământ din România și Republica Moldova. Integrarea curriculară este evidențiată prin elaborarea și avizarea unor discipline opționale la decizia școlii, ceea ce confirmă relevanța pedagogică a sistemului. Caracterul adaptabil este susținut prin implicarea în proiectul de transfer tehnologic RO-MD, iar originalitatea SSI este demonstrată prin dezvoltarea site-ului de autor mathmentor.ro. Implementarea include și activități dedicate elevilor cu cerințe educaționale speciale și celor cu potențial înalt în competiții școlare, ceea ce evidențiază impactul sistemului asupra incluziunii și performanței școlare.

Rezultatele cercetării au fost aprobate prin **trei articole în reviste internaționale indexate** în baze de date (un articol WOS, ESCI, IF 0.5, Q4, unul EBSCO, unul publicat în volume ale conferințelor internaționale indexate WOS ISI), **trei articole în reviste naționale** (două de categoria B și una de categoria C), prin participarea la 24 de evenimente științifice, majoritar internaționale, prin cinci medalii la saloane de invenție și prin dreptul de proprietate intelectuală (AGEPI).

În ansamblu, cercetarea realizează un parcurs complet și coerent, de la identificarea problemei științifice până la realizarea, implementarea, validarea și transferul soluției propuse,

demonstrând că integrarea sistemelor suport inteligente în evaluarea matematică conduce la optimizarea procesului de învățare, creșterea obiectivității evaluării, eficientizarea activității didactice și alinierea educației la cerințele societății digitale contemporane.

CONȚINUTUL TEZEI

1. Fundamentarea teoretică a sistemelor inteligente de suport educațional

Capitolul 1 conține o sinteză a unor studii din educația digitală, efectuate anterior tezei, subliniind importanța tranziției de la evaluarea tradițională, centrată pe produs, la evaluarea formativă, continuă și personalizată, susținută de tehnologii digitale, care permite accelerarea formării achizițiilor școlare, în raport cu strategiile didactice tradiționale.

Analiza critică a literaturii de specialitate relevă limitele e-learningului actual, în special în evaluarea matematicii: incapacitatea instrumentelor digitale clasice de evaluare a raționamentelor simbolice, lipsa feedbackului personalizat și vulnerabilitatea evaluărilor bazate pe itemi statici, care favorizează fraudă academică (*Noorbehbahani et al., 2022*). În acest context, sistemele suport inteligente sunt definite ca soluții educaționale capabile să susțină învățarea individualizată și evaluarea formativă prin feedback diferențiat (*Son, 2024; VanLehn, 2011*).

Un rol central îl ocupă *integrarea platformei Moodle cu pluginuri avansate* precum STACK, care permite evaluarea automată a răspunsurilor simbolice prin utilizarea arborilor PRT, și sistemelor CAS, care extind evaluarea de la verificarea rezultatului final la diagnosticarea procesului cognitiv (*Davies & Sangwin, 2024; Jungic et al., 2012*). Itemii parametrizați susțin practica variată, contribuind la dezvoltarea metacogniției matematice și la creșterea validității evaluării (*Branoaea, 2025f; Sangwin, 2013*). Sinteza studiilor empirice indică efecte educaționale pozitive consistente ale sistemelor inteligente de evaluare ($d \approx 0,47$), depășind pragul de relevanță practică (*Hattie & Timperley, 2007*). Acestea includ creșterea implicării elevilor, eficientizarea timpului profesorilor și îmbunătățirea performanțelor formative (*Lowe, 2020; Sangwin, 2013*). Totuși, impactul este condiționat de calitatea proiectării pedagogice, de formarea cadrelor didactice și de integrarea curriculară adecvată (*Son, 2024; VanLehn, 2011*). Literatura analizată evidențiază predominanța studiilor universitare, lipsa cercetărilor longitudinale la nivel gimnazial, insuficienta calibrare psihometrică a itemilor sau dependența de infrastructura tehnologică și suportul instituțional (*Astafieva et al., 2024; Castro et al., 2024*). De asemenea, se subliniază necesitatea dezvoltării competențelor digitale ale profesorilor și creării unor bănci de itemi colaborative pentru integrarea eficientă a tehnologiei în activitatea didactică (*Holmes et al., 2019*).

Analiza contextului educațional din România și Republica Moldova evidențiază *probleme sistemice* precum: nivelul scăzut al competențelor matematice (*OECD, 2025*), supraîncărcarea

profesorilor cu sarcini de evaluare (*Ministerul Educației României, 2024*), inegalități de acces la resurse digitale și competențe digitale insuficiente (*Frontiers in Education, 2024*).

Aceste disfuncționalități limitează implementarea evaluării formative și justifică necesitatea unor soluții tehnologice eficiente.

Analiza comparativă a principalelor sisteme de management al învățării (LMS) evidențiază diferențe semnificative în ceea ce privește adecvarea pedagogică pentru evaluarea formativă automatizată, personalizată și orientată spre procesul de rezolvare. Platformele LMS generaliste oferă suport organizațional și colaborativ eficient, însă prezintă limitări în evaluarea matematică avansată. În cadrul analizei sunt incluse atât platforme proprietare bazate pe cloud sau comerciale (Google Classroom și Schoology), cât și soluții open-source (Moodle), clasificarea fiind realizată în funcție de modelul de dezvoltare și posibilitățile de personalizare a funcționalităților educaționale. Sistemele comerciale de evaluare matematică automatizată oferă funcționalități avansate, dar accesibilitatea acestora este limitată de costuri și complexitate tehnică, ceea ce restrânge aplicabilitatea în învățământul preuniversitar (*Brănoaea, 2023*). În contrast, Moodle se distinge prin caracterul open-source, scalabilitatea și interoperabilitatea sa, precum și prin flexibilitate, arhitectură modulară și posibilitatea integrării pluginurilor specializate în evaluarea simbolică și generarea de itemi parametrizați, constituind o infrastructură adecvată pentru evaluare matematică avansată, în pofida cerințelor tehnice asociate (*Moodle Stats, 2025*). Fundamentarea pedagogică a platformei pe construcționismul social susține învățarea activă, colaborativă și reflexivă, în acord cu cerințele evaluării formative moderne (*Laurillard, 2012*).

Constrângerile infrastructurale și organizaționale specifice învățământului preuniversitar din România, în special absența implementării instituționale a platformei Moodle, lipsa serverelor dedicate și a suportului tehnic specializat, limitează aplicarea directă a soluțiilor LMS avansate. Pentru integrarea funcționalităților avansate de evaluare simbolică și testarea itemilor parametrizați de tip STACK, este utilizată platforma Moodle USM, care beneficiază de infrastructura existentă și de suportul tehnic specializat. În paralel, în lucrare se propune o soluție originală concretizată prin dezvoltarea unei platforme educaționale proprii *mathmentor.ro*, concepută ca mediu independent de livrare a resurselor educaționale digitale inteligente.

Tipologia itemilor utilizați în evaluarea digitală a matematicii reflectă o clasificare în funcție de gradul de automatizare și complexitatea cognitivă. Corelarea tipurilor de itemi cu nivelurile taxonomiei Bloom asigură validitatea constructului evaluării și permite proiectarea unor sarcini didactice adaptate progresiv nivelului cognitiv al elevilor, de la recunoaștere și aplicare până la analiză și sinteză (*Anderson & Krathwohl, 2001*).

Modelarea itemilor parametrizați se bazează pe utilizarea variabilelor aleatoare pentru generarea automată a unor sarcini echivalente curricular, contribuind la individualizarea evaluării, reducerea riscului de fraudă și creșterea sustenabilității evaluării digitale (Sangwin, 2013).

Integrarea pluginurilor avansate este esențială pentru extinderea capacităților evaluative ale itemilor standard. Dintre acestea, STACK se evidențiază prin evaluarea simbolică, parametrizarea avansată, acordarea de punctaj fragmentat și feedback contextualizat, pe baza arborelui de răspuns potențial/PRT (Davies & Sangwin, 2024).

Sistemul suport inteligent este conceptualizat ca un ecosistem educațional digital integrat, construit pe o arhitectură modulară, deschisă și interoperabilă, orientată spre optimizarea procesului de predare – învățare – evaluare la matematică. Originalitatea demersului constă în integrarea coerentă a diverselor componente tehnologice, pedagogice și metodologice într-un sistem funcțional unitar, scalabil și reproductibil, capabil să genereze proprietăți emergente superioare funcționării independente a fiecărei componente (Brănoaea, 2023; 2025d; 2026b).

SSI operaționalizează un flux complet al evaluării digitale: *proiectare* → *generare* → *aplicare experimentală* → *feedback* → *analiză* → *validare*.

Din perspectivă structurală, SSI este organizat pe cinci niveluri funcționale interdependente: *infrastructura Moodle* (asigură managementul cursurilor, testelor și raportarea); *inteligenta matematică* (pluginuri precum STACK, WIRIS, Formulas, H5P, care permit evaluare simbolică, itemi parametrizați și feedback adaptiv); *biblioteca REDI*, structurată curricular pe clase, domenii și niveluri de dificultate, incluzând itemi, teste și resurse interactive; *interoperabilitate și automatizare*, prin formatele GIFT și XML pentru generare și transfer eficient de itemi; *infrastructura web* materializată prin dezvoltarea site-ului de autor *mathmentor.ro*.

O resursă educațională digitală capătă statutul de inteligentă atunci, când îndeplinește cumulativ funcții pedagogice, formative și analitice. Astfel, acestea susțin *predarea asistată* prin parcurgerea individualizată a materialelor teoretice și a glosarelor tematice, *învățarea activă* prin aplicarea cunoștințelor în contexte interactive cu feedback imediat (Brănoaea et al., 2025; Castro et al., 2024), *evaluarea automată* prin validarea răspunsurilor, și acordarea de punctaje pe etape (Black & Wiliam, 2009; Davies & Sangwin, 2024), precum și *remediarea personalizată* prin feedback adaptiv și recomandări de resurse în funcție de erorile identificate (Astafieva et al., 2024).

În funcție de context, REDI oferă feedback de patru tipuri: *informativ* – oferă doar mesajul scurt „corect/greșit” și note brute; *explicativ* – indică erori și oferă feedback procedural; *diagnostic* – identifică lacune conceptuale și recomandă resurse de remediere; și *predictiv* – utilizează date

de tip „*learning analytics*” pentru anticiparea performanței și sprijinirea deciziilor pedagogice (Black & Wiliam, 2009).

Inovația educațională adusă de REDI și justificarea conformității cu tendințele moderne și recomandările de bune practici se pot vedea în Tabelul 1.1, care prezintă caracteristicile fundamentale ale sistemului și corelația acestora cu sarcinile didactice actuale.

Tabelul 1.1. Caracteristicile REDI și rolurile didactice

Nr.	Caracteristică	Rol didactic
1	Standardizare parametrizată	Fiecare item respectă programa școlară oficială, iar variabilele numerice se generează aleatoriu, păstrând echivalența curriculară la nivel de competență evaluată (Sangwin, 2013).
2	Utilizare repetată nelimitată fără depreciere	Itemii pot fi reutilizați la nelimitat fără a-și pierde puterea de discriminare statistică, datorită generării automate a valorilor numerice aleatorii (Wiley & Hilton, 2018).
3	Echitate prin unicitate de variantă	Orice elev primește o variantă unică, eliminând riscul de copiere și asigurând condiții egale de evaluare (Bragaru et al., 2026).
4	Feedback simbolic adaptativ	STACK analizează expresia elevului pas-cu-pas și returnează mesaje diferențiate pe tipuri de eroare (Sangwin, 2013).
5	Analitică educațională integrată	Datele de răspuns, timp de lucru și traseu de remediere sunt stocate automat în Moodle, sprijinind decizii pedagogice bazate pe evidențe (Sangwin, 2013).
6	Scalabilitate disciplinară	Modelul parametric poate fi extins la alte arii STEM atâta timp cât există un formalism simbolic evaluabil (Bragaru & Arnăut, 2017).
7	Eficiență didactică	Corectarea și raportarea sunt automatizate, lăsând profesorului rolul de designer și mentor, nu de evaluator manual (OECD, 2022); (Bragaru et al., 2026).
8	Compatibilitate tehnologică deschisă	REDI se bazează pe Moodle + STACK, ceea ce permite instalare gratuită și interoperabilitate prin formatul Moodle XML (Sangwin, 2013; Bragaru & Arnăut, 2017)

Proiectarea REDI este fundamentată pe *paradigme pedagogice consacrate*, care susțin atât validarea procesului de învățare, cât și optimizarea intervențiilor didactice. *Constructivismul pedagogic* subliniază rolul interacțiunii active și al reflecției asupra erorilor în construirea cunoașterii (Laurillard, 2012), *evaluarea formativă automatizată* vizează reglarea continuă a învățării prin feedback constant (Davies & Sangwin, 2024), *pedagogia adaptivă digitală* evidențiază rolul tehnologiei ca mediator activ al învățării (Holmes et al., 2019), iar *educația personalizată* este susținută prin itemi parametrizați și trasee individualizate de învățare (Brănoaea, 2025f).

REDI se distinge de OER clasice (Astafieva et al., 2024) și de instrumentele liniare de e-learning, deoarece ele îmbină **standardizarea** (prin corelarea directă cu programa școlară) cu **personalizarea** (item individual per elev, dar în baza unei sarcini unice) și cu **analitica** (raport

detaaliat pentru profesor), constituind un model sustenabil de evaluare matematică la nivel gimnazial (Brănoaea, 2025d).

În concluzie, Capitolul 1 stabilește cadrul conceptual al cercetării și oferă baza necesară pentru capitolul următor, care prezintă realizarea practică a modelului didactic, precum și procesul de proiectare, realizare și implementare a SSI ca instrument didactic integrat, destinat să susțină în mod efectiv procesul de predare – învățare – evaluare în matematică.

2. Dezvoltarea pedagogică și tehnologică a Sistemului Suport Inteligent

Capitolul 2 descrie procesul de proiectare, dezvoltare și implementare a sistemului suport inteligent ca instrument didactic de susținere a procesului de predare – învățare – evaluare, capabil să genereze și să evalueze itemi matematici parametrizați, să ofere feedback etapizat și personalizat și să furnizeze date relevante pentru deciziile pedagogice.

Modelul didactic realizat este fundamentat pe o serie de principii pedagogice ale instruirii matematice, validate în literatura de specialitate și pe potențialul tehnologiilor educaționale avansate, fiind operaționalizat prin intermediul SSI, care funcționează ca mediu de mediere didactică între conținuturile curriculare, actorii educaționali și procesele de evaluare:

- *Evaluarea formativă continuă*, definită ca un proces în care datele despre progresul învățării sunt utilizate pentru reglarea activităților didactice în timp real (Black & Wiliam, 2009; Hattie & Timperley, 2007);
- *Individualizarea și diferențierea instruirii*, prin ajustarea conținutului și a metodelor pentru a răspunde nevoilor specifice ale elevilor (Anderson & Krathwohl, 2001; Cao, 2022; Vygotsky, 1978);
- *Feedbackul imediat și specific*, esențial pentru dezvoltarea autoreglării și progresul în învățare, contribuind la trecerea dintre nivelul actual și cel dorit de performanță (Black & Wiliam, 1998; Hattie & Timperley, 2007);
- *Practica variată*, realizată prin itemi parametrizați capabili să ofere multiple repetiții și contexte variate de aplicare a competențelor (Sangwin, 2013; Barana et al., 2021; Brănoaea, 2025f);
- *Echitatea evaluativă*, în sensul standardizării criteriilor și instrumentelor de evaluare pentru a asigura consistența și comparabilitatea rezultatelor într-un cadru formal (Black & Wiliam, 1998; Redecker & Johannessen, 2013).

Modelul didactic operaționalizat în cadrul acestei cercetări se fundamentează pe corelarea dintre abordările contemporane din didactica matematicii și cadrul cognitiv al taxonomiei revizuite a lui Bloom (Anderson & Krathwohl, 2001), în care învățarea este concepută ca un

proces progresiv de dezvoltare a competențelor, de la înțelegere și aplicare către analiză și evaluare.

În acest context, evaluarea depășește focalizarea pe rezultate finale și se orientează către procesele cognitive implicate în activitatea matematică, devenind un instrument de diagnoză și reglare continuă a învățării (Singer et al., 2015). Astfel, REDI sunt proiectate pentru a activa niveluri cognitive diferite, solicitând nu doar aplicarea procedurilor, ci și interpretarea, selectarea strategiilor și justificarea demersului matematic, în vederea dezvoltării unei înțelegeri profunde.

Acest demers este susținut de cadrul rezolvării de probleme, care structurează activitatea matematică în etape corelabile cu nivelurile taxonomiei Bloom, de la înțelegerea cerinței și aplicare până la analiză și evaluare (Singer & Voica, 2013).

Din perspectivă conceptuală, modelul se înscrie în *paradigma învățării asistate de tehnologie*, în care sistemele digitale nu doar livrează conținut, ci *susțin personalizarea, autoreglarea învățării și analiza erorilor* prin evaluare automatizată și feedback contextualizat (Laurillard, 2012; Holmes et al., 2019). Structura modelului este organizată pe patru componente interdependente: *obiective didactice, strategii de predare – învățare – evaluare, evaluare formativă și actori educaționali*. În acest flux operațional, profesorul devine designer și analist al procesului educațional, iar elevul – un participant activ și autonom în procesul de învățare. Funcționarea modelului este ciclică și autoreglatoare, bazată pe succesiunea: *generare sarcină → rezolvare → evaluare automată → feedback adaptiv → reglare → reluare*, ceea ce permite optimizarea continuă a învățării și colectarea de date relevante pentru intervenții pedagogice personalizate (Brănoaea, 2023; 2025f).

Metodologia cercetării este fundamentată printr-o abordare mixtă (*cantitativă și calitativă*), integrată în structura IMRaD și operaționalizată prin principiile DBR, ceea ce permite articularea coerentă a dimensiunilor teoretice și aplicative. Cadrul IMRaD este adaptat specificului cercetării educaționale: *Introduction* include analiza critică a practicilor de evaluare digitală și fundamentarea necesității SSI; *Methods* descrie designul DBR, arhitectura SSI, instrumentele și etapele de colectare a datelor; *Results* integrează analize cantitative (*performanță, indicatori statistici*) și calitative (*erori, comportamente de învățare*); iar *Discussion* interpretează rezultatele în raport cu literatura și evidențiază implicațiile și limitele modelului. Metodologia DBR este operaționalizată printr-un demers iterativ: *analiza contextului educațional → proiectarea SSI și a REDI → implementarea în contexte reale → evaluare și revizuire iterativă → formularea de contribuții teoretice și practice*. Acest proces susține validitatea ecologică și caracterul aplicativ al cercetării (Design-Based Research Collective, 2003). Pentru a evita potențiale interferențe metodologice între caracterul iterativ al DBR și cerințele de stabilitate

specifice designului cvasi-experimental, cele două abordări au fost articulate secvențial în cadrul cercetării. Astfel, metodologia DBR a fost utilizată în etapele preliminară de analiză, proiectare, dezvoltare și pilotare a SSI și a REDI asociate, perioadă în care au fost realizate ajustări iterative bazate pe feedback pedagogic și tehnic. Ulterior, în etapa de validare experimentală, a fost aplicat designul cvasi-experimental cu grup experimental și grup de control, utilizând o versiune stabilizată a SSI, menținută constantă pe întreaga perioadă a administrării pre-testului, intervenției pedagogice și post-testului, în vederea asigurării validității interne a rezultatelor.

Cercetarea are un **design cvasi-experimental**, prin compararea unui grup experimental (129 de elevi) cu un grup de control (123 de elevi), selectate din clase paralele din cadrul aceleiași instituții. Selecția eșantioanelor a urmărit asigurarea validității interne, prin controlul variabilelor parazitare și verificarea omogenității grupurilor pe baza testelor inițiale, utilizând *testul t Student* pentru diferența mediilor și *testul Levene* pentru egalitatea varianțelor, confirmând comparabilitatea statistică inițială. Elevii au fost clasificați inițial în trei niveluri de competență, pe baza testelor de diagnostic: nivel scăzut (*sub 6*), nivel mediu (*6 – 7,99*) și nivel ridicat (*8 – 10*), pentru diferențierea intervențiilor pedagogice și personalizarea sarcinilor de învățare. Intervenția formativă a fost aplicată grupului experimental prin utilizarea REDI, integrate în platforma Moodle, în timp ce grupul de control a urmat un demers didactic tradițional, fără utilizarea resurselor digitale inteligente. Variabila factor/experimentală este reprezentată de utilizarea REDI în cadrul SSI, variabila dependentă este performanța matematică a elevilor, iar variabilele independente includ curriculumul național, planificările calendaristice, mediul de învățare, structura lecțiilor, metodele clasice de predare și nivelul de pregătire inițial al elevilor. Efectele intervenției au fost măsurate prin media fiecărei clase gimnaziale, pentru a cuantifica *progresul = post-test - pre-test* și *retenția = re-test - pre-test* și prin distribuția procentuală a notelor pe intervale (1–5,99; 6–7,99, 8–10), pentru a identifica dinamica performanței în urma utilizării REDI.

Componenta **cantitativă** (*pozitivistă*) vizează evaluarea obiectivă a efectelor intervenției prin experiment pedagogic, teste standardizate, indicatori statistici și analiza datelor din platforma Moodle, iar componenta **calitativă** (*interpretativă*) investighează experiențele de învățare, tiparele de eroare și percepțiile utilizatorilor prin observație, chestionare și analiză contextuală.

Metodologia cercetării respectă principiile GDPR: colectarea datelor a fost realizată pe baza consimțământului informat al elevilor și părinților, iar datele sunt stocate securizat, accesibile doar utilizatorilor autorizați, fiind anonimizate și utilizate exclusiv în scop științific.

Realizarea sistemului suport inteligent

În cadrul prezentei cercetări, realizarea, implementarea, testarea și validarea SSI sunt desfășurate prin intermediul cursului electronic prototip „Matematica Gimnazială

Bacău” (Branoaea & Bragaru, 2025b). În contextul lipsei implementărilor Moodle în învățământul preuniversitar românesc, platforma *mathmentor.ro* a fost dezvoltată ca soluție proprie, administrată integral de autoare cu drepturi de root pe server. Implementarea a urmat o strategie bazată pe principii FOSS și pe arhitectura clasică LAMP (Linux, Apache, MariaDB, PHP), folosind Ubuntu 22.04 LTS pe un VPS dedicat, cu resurse hardware configurate (2 vCPU, 4 GB RAM, 40 GB SSD, IP static). Administrarea și dezvoltarea s-au realizat prin MobaXterm, care a permis gestionarea completă a serverului (SSH, SFTP, terminal, editor text, X11).

Instalarea Moodle 4.1 LTS s-a realizat manual, cu configurarea bazei de date MariaDB, a directorului de stocare și a fișierului config.php. Interfața grafică a fost personalizată prin tema Moove și modificări SCSS, iar funcționalitatea a fost extinsă cu pluginuri open-source pentru evaluare. Securitatea a fost asigurată prin HTTPS (Let’s Encrypt), firewall, backup automatizat și aplicarea metodologiei OWASP (validare input, protecție sesiuni, prevenire XSS și SQL injection). Comunicarea prin e-mail folosește SMTP securizat, iar toate componentele au fost testate și documentate. Domeniul *mathmentor.ro* este înregistrat oficial și asociat infrastructurii cloud proprii, integrând componente interdependente într-un ciclu de funcționare orientat spre îmbunătățire continuă, prezentat sintetic în Figura 2.1.

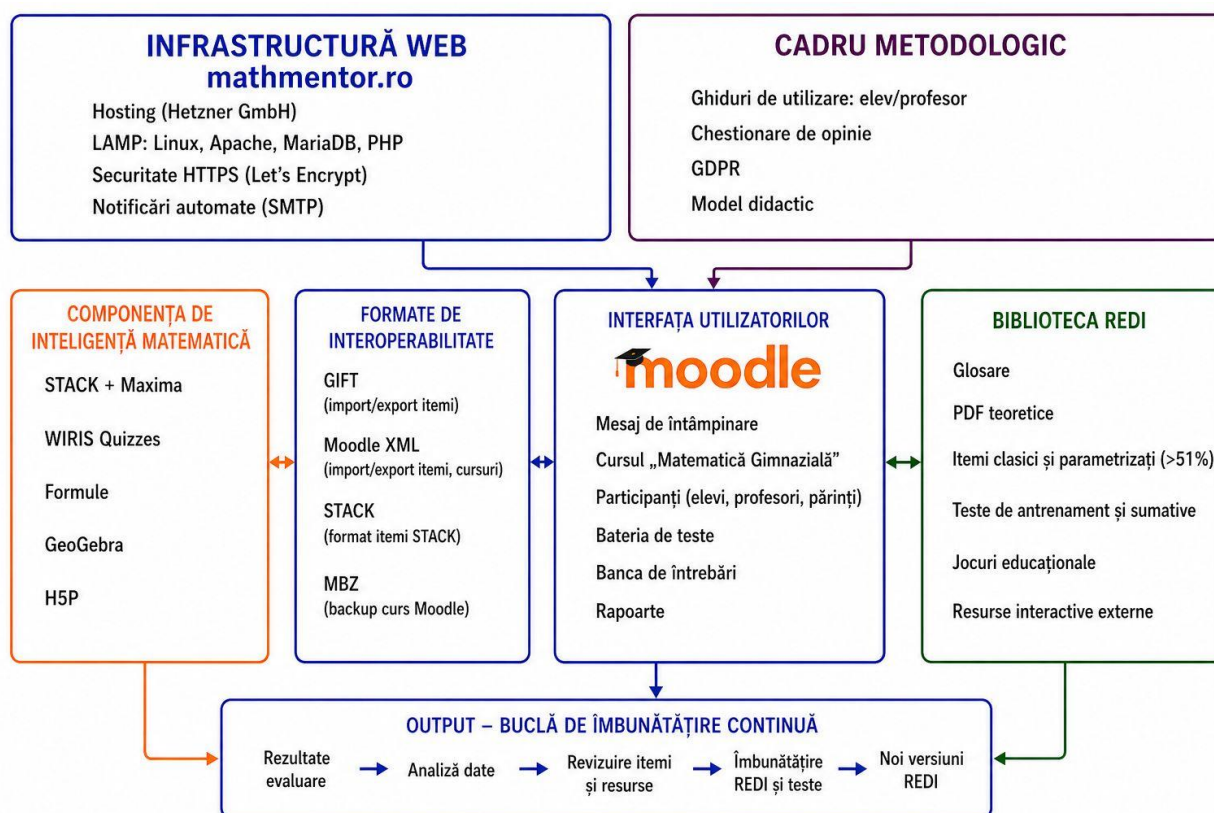


Figura 2.1. Arhitectura sistemului suport inteligent

Platforma *mathmentor.ro* permite importul și gestionarea cursurilor, itemilor și testelor și oferă acces liber și gratuit, cu control administrativ total, fără implicarea unor terți.

Dezvoltarea REDI a pornit de la analiza curriculumului de gimnaziu și organizarea conținuturilor în *familii de probleme*, care grupează sarcinile după competențe și tipuri de raționament matematic. Formarea competenței de modelare matematică presupune integrarea conținuturilor într-un cadru logico-didactic coerent, orientat spre aplicabilitate și transfer (Sali et al., 2025). Astfel, au fost identificate 10 familii de probleme la Algebră și 6 la Geometrie, asigurând acoperirea integrală a conținuturilor gimnaziale.

Fiecare familie este asociată cu un set de *concepte matematice comune*, *strategii de rezolvare similare*, posibilitatea de *parametrizare algoritmică* și structurare graduală pe niveluri de dificultate, toate fiind amplasate pe site-ul *mathmentor.ro*. Alinierea curriculară a conținuturilor matematice din România și Republica Moldova este reglementată prin documente oficiale (MEN RO, 2017; MECC MD, 2020) și evidențiază o compatibilitate semnificativă a domeniilor fundamentale de conținut, cu diferențe doar de distribuire cronologică a unor subteme. Toate materialele (fișe teoretice, itemi, teste) au ca titlu denumirea explicită a unității de învățare și coduri numerice, ceea ce facilitează identificarea rapidă, indiferent de țară sau sistem de învățământ.

Dezvoltarea itemilor pentru import în Moodle vizează un *proces structurat de generare, standardizare și interoperabilitate*, bazat pe utilizarea formatelor GIFT, Moodle XML și STACK, în funcție de tipul evaluării și nivelul de complexitate cognitivă. Procesul include trei fluxuri principale: (1) crearea directă în Moodle cu export/import prin XML sau backup (.mbz); (2) utilizarea de șabloane și copierea itemilor existenți pentru reutilizare și adaptare; și (3) dezvoltarea offline a itemilor în format text (GIFT) cu import ulterior în banca de întrebări, ceea ce permite producerea rapidă a unor volume mari de itemi standardizați (Brănoaea, 2026a).

Organizarea băncii de itemi (BDI) este construită pe un sistem ierarhic, coerent și extensibil, bazat pe categorii/colecții tematice cu codificarea standardizată a identificatorului de item, care asigură *transparență curriculară*, *navigare intuitivă* și *gestionare eficientă a evaluării* în cadrul SSI. În acest sens, a fost elaborată și aplicată o schemă de *codificare pozițională ierarhică*, care facilitează poziționarea rapidă, filtrarea și utilizarea itemilor în funcție de multiple criterii didactice. Fiecare cod de item îndeplinește un dublu rol: *identificator unic* și *denumire standardizată*, asigurând consistența între baza de date conceptuală și implementarea tehnică în platformă. Pozițiile codului ierarhic au semnificația: prima poziție – *anul de studiu din gimnaziu* (5, 6, 7, 8); a doua poziție – *domeniul matematic* (A = Algebră, G = Geometrie); a treia poziție – *numărul unității de învățare în cadrul domeniului*; a patra poziție – *tipul întrebării Moodle* (e.g. STACK, Calculat, Cloze, Numeric, Potrivire etc.); a cincea poziție – *nivelul de dificultate* (1 = nivel de bază, 2 = nivel mediu, 3 = nivel avansat); a șasea poziție: numărul de ordine al itemului

în cadrul categoriei. E.g. 7_A_1_STACK_nivel2_01 reprezintă un item pentru clasa a VII-a, algebră, unitatea educațională a 1-a, de tip STACK, dificultate medie (=2), primul din categorie.

Analiza fluxului de utilizare a sistemului suport inteligent în procesul educațional evidențiază interacțiunea funcțională dintre actorii educaționali, resursele digitale inteligente, procesele de evaluare și analiza rezultatelor. Modelul propus urmărește realizarea unui proces de învățare autoreglată, adaptivă și centrată pe elev, susținut prin evaluare continuă, analiză a rezultatelor și feedback constructiv.

Figura 2.2. evidențiază arhitectura funcțională și succesiunea etapelor prin care elevii și profesorii interacționează cu Sistemul Suport Inteligent, dezvoltat pe platforma Moodle și extins prin pluginuri open-source care au facilitat crearea resurselor educaționale digitale inteligente.

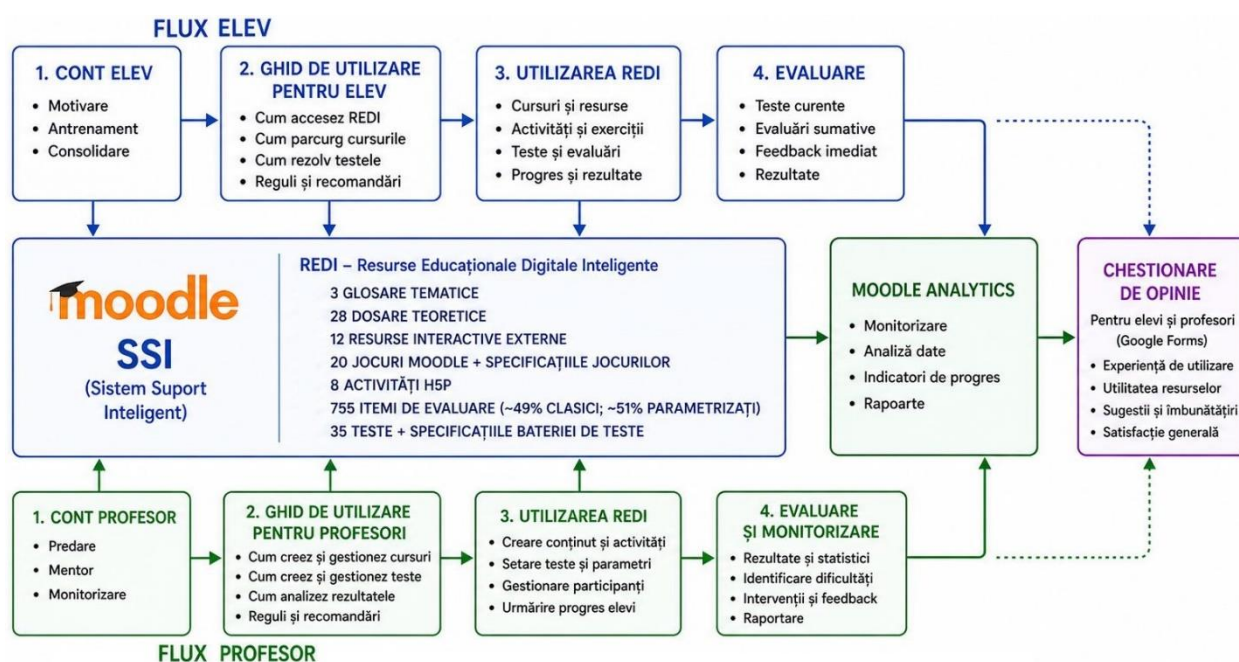


Figura 2.2. Fluxul utilizării sistemului suport inteligent

Fluxul utilizării SSI este organizat diferențiat pentru cele două categorii principale de utilizatori: elevi și profesori. Inițial, atât elevii, cât și profesorii beneficiază de ghiduri dedicate de utilizare („Ghid de utilizare pentru elevi”, respectiv „Ghid de utilizare pentru profesori”), care facilitează familiarizarea cu structura SSI și asigură o utilizare autonomă a sistemului încă de la primul contact cu platforma. SSI reprezintă nucleul funcțional care coordonează gestionarea resurselor, accesul utilizatorilor, distribuirea conținuturilor educaționale, administrarea evaluărilor și colectarea datelor privind progresul elevilor. În sistem sunt integrate REDI, concepute pentru susținerea procesului de predare–învățare–evaluare într-o manieră adaptivă și interactivă. Biblioteca REDI include un ansamblu complex și diversificat de materiale și activități educaționale: 3 glosare tematice, 28 de dosare teoretice, 12 resurse interactive externe, 20 de jocuri Moodle, 8 activități H5P, 755 de itemi de evaluare (peste 51% itemi parametrizați) și 35 de

teste pentru evaluarea tematică de bază, multiplu repetată, cât și evaluarea digitală sumativă adaptivă.

Elevul accesează sistemul prin intermediul „Contului ELEV”, unde desfășoară activități orientate spre motivare, antrenament și consolidarea competențelor matematice. Prin accesarea REDI, elevul interacționează cu resurse teoretice, activități interactive, jocuri educaționale și teste parametrizate, într-un proces de învățare autoreglată. Caracterul autoreglat al învățării este evidențiat prin posibilitatea elevului de a parcurge conținuturile în ritm propriu, de a relua activitățile și de a primi feedback imediat asupra performanței.

După etapa de învățare, elevul participă la procesul de evaluare, realizat prin intermediul testelor. Evaluarea are atât rol formativ, cât și sumativ, fiind susținută prin itemi parametrizați care permit generarea automată a unor variante diferite de exerciții, reducând memorarea mecanică și stimulând gândirea matematică. Rezultatele obținute sunt centralizate și interpretate prin componenta Moodle Analytics, care monitorizează progresul elevului, nivelul de performanță și dificultățile întâmpinate. Analiza datelor conduce la formularea unui feedback pozitiv și constructiv, cu rol motivațional și autoreglator. Astfel, elevul este încurajat să continue procesul de învățare, să își îmbunătățească performanțele și să își dezvolte autonomia în studiu.

Profesorul utilizează sistemul prin intermediul „Contului PROFESOR”, unde îndeplinește roluri complementare de predare, mentorat, monitorizare a progresului elevilor și adaptarea strategiilor didactice cu scop remedial sau de progres. Profesorul poate selecta, adapta și organiza REDI în funcție de obiectivele didactice și de particularitățile colectivului de elevi.

Activitățile educaționale digitale sunt susținute în cadrul SSI prin integrarea unor instrumente interactive precum glosarele tematice și jocurile educaționale Moodle, care susțin forme variate de învățare (*colaborativă, e-learning, blended learning, m-learning etc.*), oferind elevilor acces permanent la resurse și feedback imediat (Holmes et al., 2019; Braicov & Bibic, 2023). Pachetul H5P (HTML5) reprezintă un cadru software open-source care permite crearea, editarea și utilizarea repetată a conținutului educațional interactiv în format direct în platforme de e-learning, inclusiv Moodle, fără a necesita cunoștințe avansate de programare. Glosarele din Moodle au rolul de a organiza conceptual conținuturile de matematică în trei domenii majore: Algebră, Geometrie plană și Geometrie în spațiu, iar jocurile educaționale incluse în cursul digital sunt concepute ca resurse interactive de tip *game-based learning*. Activitățile urmăresc consolidarea vocabularului matematic și recunoașterea conceptuală, sprijinind dezvoltarea competenței de comunicare științifică și a preciziei în utilizarea limbajului matematic (Brănoaea et al., 2026). Jocurile de tip *Crossword (Cuvinte încrucișate)* sunt construite pe baza glosarelor, iar jocul *Millionaire (Vrei să fii milionar?)* poate fi generat fie din itemii BDI cu o singură variantă

de răspuns corect, fie din teste tematice, inclusiv din itemi parametrizați. Numărul combinațiilor diferite posibile pentru un item de *potrivire a răspunsurilor scurte generate aleatoriu* generate din n variante luate câte k este determinat de formula: $C(n, k) = \frac{n!}{k!(n-k)!}$. Conform calculelor efectuate, numărul de combinații de itemi este suficient de mare pentru a combate colectarea de răspunsuri și memorarea mecanică. (Bragaru et al., 2026).

Scopul principal al bateriei de e-teste constă în evaluarea comprehensivă a nivelului de performanță al elevilor în domeniile fundamentale ale matematicii gimnaziale – algebră, geometrie plană și spațială – prin verificarea simultană a cunoștințelor teoretice, a competențelor algoritmice și a capacității de aplicare a conceptelor în contexte variate (Brănoaea, 2025f; Cao, 2022).

Bateria de teste este concepută ca un instrument pedagogic dinamic, care susține învățarea progresivă, stimulează gândirea logică și asigură o măsurare echitabilă, reproductibilă și adaptată diversității cognitive a elevilor. Aceasta se bazează pe diversitatea și complementaritatea sarcinilor de evaluare, randomizarea controlată a valorilor numerice și structurarea logică a itemilor pe niveluri de dificultate (Brănoaea, 2025a; Black & Wiliam, 2009). Cele 35 de e-teste sunt distribuite pe clase astfel: Clasa a V-a: 11 teste; Clasa a VI-a: 10 teste; Clasa a VII-a: 6 teste; Clasa a VIII-a: 8 teste. Din perspectiva tipului de evaluare, 20 de teste ($\approx 57\%$) sunt teste de evaluare (sumative sau de verificare a competențelor), 9 teste ($\approx 26\%$) sunt teste de antrenament și 6 teste ($\approx 17\%$) sunt teste de fixare și consolidare. **Designul unui e-test** are structura pe trei niveluri: nivelul I – itemi clasici de complexitate mică pentru nota 5-6, nivelul II – itemi clasici sau numeric, de complexitate medie pentru nota 7-8 și nivelul III – itemi de complexitate mare de tip calculat sau STACK&WIRIS, pentru nota 9-10. O particularitate distinctivă a acestei baterii constă în testele parametrizate 100%, care permit generarea automată a unui număr nelimitat de variante, asigurând echitate, reducerea riscului de fraudă și un proces de învățare personalizat. Dintre cele 35 de e-teste 12 teste (34%) conțin exclusiv itemi parametrizați. Testele parametrizate 100% sunt concepute cu scopul de a asigura *unicitate, corectitudine automată, adaptabilitate și relevanță pedagogică*. Sunt folosite exclusiv două tipuri de itemi digitali integrați în Moodle: *Calculat* și *STACK*, fiecare cu funcționalități specifice de evaluare, oferind fiecărui elev o experiență personalizată, obiectivă și prietenoasă de testare. Un rol esențial îl are componenta „Setare parametri – Generare teste”, care permite adaptarea nivelului de dificultate conform nevoilor reale ale elevilor, pentru a susține diferențierea instruirii și individualizarea, crescând eficiența activității didactice. Rezultatele sunt preluate din Moodle

Analytics, prelucrate în MS Excel și interpretate atât la nivel individual, cât și la nivel de grup. Acest proces facilitează îmbunătățire continuă a resurselor, identificarea lacunelor de învățare și intervenția pedagogică timpurie. Fluxul de utilizare a SSI se finalizează prin completarea chestionarelor de opinie, orientate spre identificarea nivelului de satisfacție percepută de utilizatori. În acest mod, SSI funcționează ca un mediu educațional inteligent, capabil să optimizeze formarea achizițiilor matematice ale elevilor de gimnaziu și să sprijine activitatea profesorului prin instrumente moderne de personalizare și analiză educațională.

Analiza cost-beneficiu a implementării SSI într-o școală gimnazială tipică

Analiza cost-beneficiu evaluează eficiența implementării SSI într-o școală gimnazială tipică din România prin raportarea costurilor inițiale și operaționale la beneficiile educaționale și instituționale obținute pe un orizont de 5 ani, utilizând o rată de actualizare de 3% conform recomandărilor OECD (2025).

Modelul compară principalele disfuncționalități ale evaluării tradiționale (*fraudă și copiere, corectare consumatoare de timp, feedback întârziat, lipsa personalizării și costuri logistice recurente*) cu soluțiile oferite de SSI, bazate pe itemi parametrizați, corectare automată, feedback adaptiv și generare dinamică de teste. Rezultatele indică faptul că investiția inițială estimată este compensată treptat din contul reducerii semnificative a costurilor operaționale și prin creșterea eficienței proceselor de evaluare. Beneficiile principale vizează reducerea timpului de corectare, eliminarea costurilor asociate evaluării pe suport fizic, creșterea obiectivității și echității evaluării, susținerea învățării personalizate prin feedback imediat și adaptiv. Analiza realizată sugerează un raport cost-beneficiu favorabil ($ROI > 1$), ceea ce semnifică faptul că beneficiile educaționale și instituționale estimate depășesc costurile de implementare și exploatare ale sistemului, iar investiția inițială poate fi recuperată într-un interval relativ scurt de aproximativ 3–5 ani, în funcție de gradul de adoptare instituțională și de nivelul de utilizare al sistemului. Se menționează că o evaluare economică exhaustivă și complet validată necesită implicarea unor specialiști în economie educațională, analiza politicilor publice și management de proiect, pentru rafinarea ipotezelor, validarea modelelor de cost și calibrarea beneficiilor pe termen lung. În acest sens, analiza prezentată are un caracter orientativ și explorator, fiind adecvată scopului cercetării doctorale și fundamentării conceptuale a implementării SSI.

În ansamblu, Capitolul 2 vizează proiectarea și dezvoltarea modelului didactic bazat pe SSI, integrând coerent dimensiunea pedagogică și cea tehnologică pentru a susține evaluarea formativă automatizată prin itemi parametrizați, feedback adaptiv și analiză educațională. Organizarea BDI, alinierea curriculară RO–MD și implementarea practică pe platformele USM,

CEITI și *mathmentor.ro* confirmă caracterul aplicativ al sistemului, iar analiza cost-beneficiu evidențiază sustenabilitatea și fezabilitatea extinderii SSI în școli gimnaziale tipice.

3. Evaluarea și validarea Sistemului Suport Inteligent în ciclul gimnazial

Capitolul 3 urmărește evaluarea SSI ca instrument de sprijin pentru învățarea și evaluarea matematicii și validarea printr-un experiment pedagogic controlat, conceput pentru analiza comparativă a eficienței utilizării REDI în raport cu metodele tradiționale de evaluare.

Implementarea SSI a fost realizată printr-o *disciplină opțională* „Matematica prin jocuri digitale”, în anul școlar 2024–2025, la clasa a VIII-a B din cadrul Școlii Gimnaziale Nr. 10 Bacău.

Sistemul este extins experimental la clasele V, VI și VII prin *curriculumul de aprofundare la decizia școlii*, avizat de Inspectoratul Școlar Județean Bacău, structurat ca o oră suplimentară săptămânală dedicată aprofundării matematicii. În mod specific, ultima lună a anului școlar 2024–2025 a fost alocată exclusiv utilizării REDI pe platforma *mathmentor.ro* și evaluării digitale.

Activitatea formativă a vizat instruire inițială, test diagnostic, cinci module tematice cu exerciții interactive, feedback adaptiv, jocuri educaționale și evaluare finală, ceea ce permite monitorizarea progresului elevilor într-un cadru gradual și controlat. Desfășurarea experimentului pedagogic a inclus aplicarea *unei analize duble – internă și externă* – în vederea evaluării impactului sistemului suport inteligent REDI asupra performanțelor școlare ale elevilor.

Comparația internă (intra-subiect) este realizată prin analiza performanțelor aceleiași grup de elevi din clasele experimentale prin teste similare ca obiective curriculare, dar diferite ca format: clasic (pe hârtie) și digital (prin REDI).

Evoluția notelor elevilor din clasele experimentale la testele tradiționale și cu REDI de la pre-test la post-test pe intervale numerice se poate vedea în Figura 3.1.

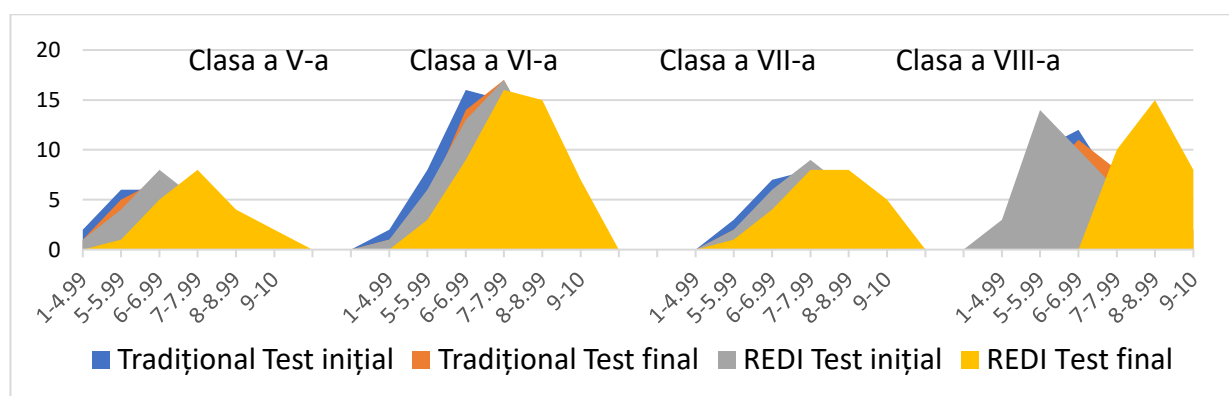


Figura 3.1. Evoluția notelor elevilor din clasele experimentale pe intervale numerice

În toate clasele experimentale se observă o migrare a rezultatelor din zonele de performanță scăzută către intervalele medii și superioare, după expunerea la evaluarea digitală asistată de SSI.

În Figura 3.2 sunt prezentate evoluțiile mediilor la testele sumative, pentru fiecare clasă experimentală din ciclul gimnazial, în două contexte distincte: testare tradițională vs. digitală.

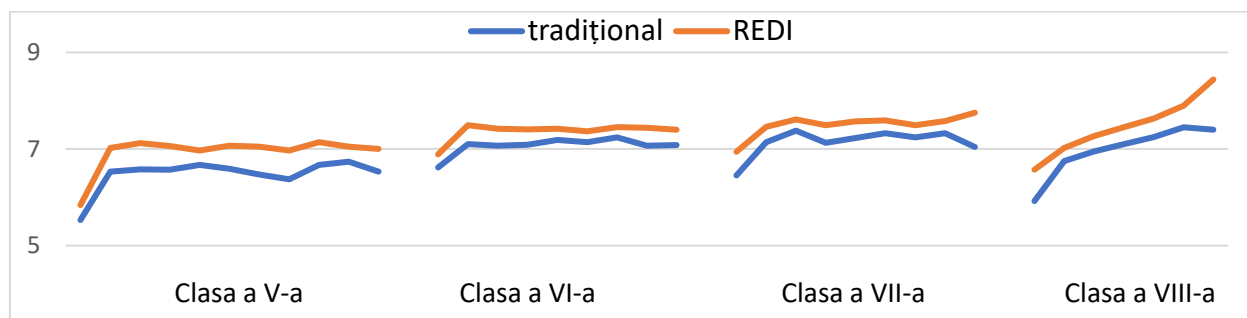


Figura 3.2. Comparația internă (tradițional vs. REDI) de la pre-test la post-test

Pe baza datelor sintetizate în Figura 3.2 se observă că pentru toate nivelurile de studiu analizate performanța elevilor este superioară în varianta digitală prin REDI comparativ cu testarea tradițională. Chiar și în cazurile unde diferențele sunt mai mici în termeni absoluți (e.g. *clasa a V-a*: +0,05; *clasa a VII-a*: +0,06), creșterea este consistentă și constantă, ceea ce indică o tendință clară de progres asociată intervenției digitale. Un aspect esențial care explică diferențele de progres între clase este compoziția eterogenă a colectivelor, în special la nivelul clasei a V-a A, unde sunt incluși elevi cu cerințe educaționale speciale (*CES*) și tulburări specifice de învățare (*TSI*), ceea ce a influențat în mod natural valorile medii ale clasei. Un alt aspect relevant vizează elevii capabili de performanțe matematice înalte, precum cel din clasa a VI-a, care a fost premiat cu medalie de aur în cadrul Concursului Național (*România*) CampioMATE (*online*), ediția 2025, reflectând un progres accelerat în învățarea matematicii prin utilizarea REDI. Această abordare intra-subiect a permis evidențierea valorii adăugate aduse de REDI, în condițiile în care s-au păstrat constante toate celelalte variabile pedagogice (*profesor, planificare, conținuturi, stil didactic, ritm de predare*). Rezultatele indică o îmbunătățire semnificativă, de aproximativ 10% a performanțelor medii a grupului experimental de la pre-test la post-test, atribuibilă utilizării REDI.

O contribuție esențială la validarea empirică a eficienței SSI o constituie analiza performanțelor elevilor din grupul experimental în etapa de **re-test**. Această etapă a avut un rol strategic în *verificarea retenției și stabilității achizițiilor matematice* obținute prin utilizarea REDI pe Moodle. După finalizarea fazei experimentale din anul școlar 2024-2025, elevii din grupul experimental au beneficiat de o perioadă de vacanță fără activități formale, urmată de o revenire graduală în procesul de învățare, printr-o recapitulare interactivă asistată digital. În acest context, testele aplicate în etapa de re-test (*septembrie 2025*) au fost aceleași de la post-test (*iunie 2025*), pentru a permite verificarea retenției după o perioadă de pauză experimentală. Rezultatele arată că, în toate clasele gimnaziale re-testate, *s-au menținut valori superioare față de nivelul inițial*

(pre-test), chiar și după perioada de vacanță, confirmând o *stabilitate ridicată a performanțelor* între etapa post-test și cea de re-test, cu scăderi nesemnificative statistic (sub 0,2 p în medie), ceea ce indică o *retenție cognitivă solidă* și confirmă *durabilitatea efectului formativ* al sistemului. La clasa a VIII-a, nu a mai fost realizată etapa de re-test, întrucât elevii respectivi au absolvit ciclul gimnazial în iunie 2025 și au migrat în învățământul liceal.

Comparația externă (*inter-subiect: grup experimental vs. grup de control*) oferă un cadru obiectiv de validare a eficienței SSI, întrucât ambele eșantioane sunt echivalente statistic înaintea experimentului pedagogic și au parcurs aceleași unități de învățare, diferența constând exclusiv în metoda de instruire (*digitală vs. tradițională*).

Compararea statistică a fost realizată prin testul Levene pentru verificarea omogenității varianțelor, urmat de testul t Student pentru eșantioane independente, iar mărimea efectului a fost cuantificată prin Cohen's d. La pre-test, rezultatele confirmă echivalența statistică a grupurilor ($p = 0.63-0.87$, $d \approx 0$), validând designul experimental, în timp ce la post-test se înregistrează medii superioare ale grupului experimental în toate clasele analizate, cu efecte de mărime mici spre moderate ($d = 0.19-0.54$), semnificative statistic la clasa a VIII-a ($t(62) = 2.18$, $p = 0.03$).

Figura 3.3 evidențiază comparația externă între grupurile de control și cele experimentale, pentru fiecare clasă gimnazială, în ceea ce privește evoluția mediilor la toate evaluările sumative.

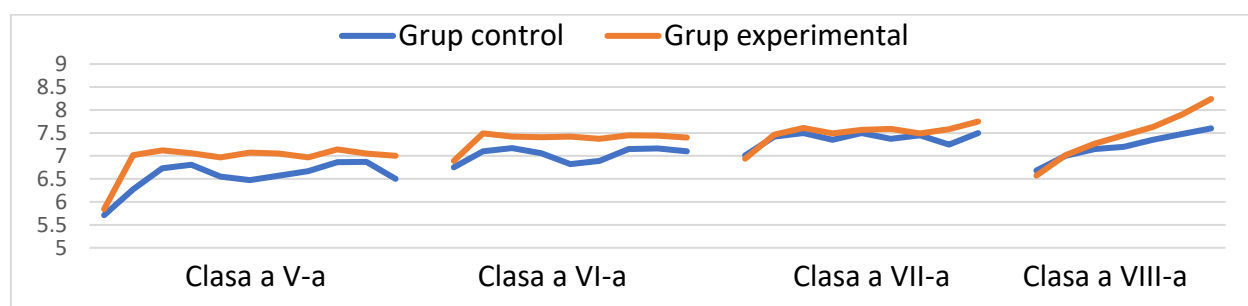


Figura 3.3. Comparația externă de la pre-test la post-test

Rezultatele comparative arată următoarele diferențe de progres, obținut de grupul experimental față de cel de control: clasa a V-a – +0,37 puncte, clasa a VI-a – +0,16 puncte, clasa a VII-a – +0,31 puncte, iar clasa a VIII-a – +0,75 puncte. Aceasta confirmă că REDI au generat o creștere medie de aproximativ 5% a performanței globale comparativ cu abordarea tradițională. Integrarea REDI nu a exclus componenta tradițională, ci a potențat-o, confirmând că intervenția digitală corect implementată, adaptată vârstei și conținuturilor, conduce la creșterea performanțelor academice, atunci când este integrată strategic în procesul de predare-învățare. Analiza mediilor celor două eșantioane, coroborată cu analiza pe intervale de notare și distribuția notelor, evidențiază o *tendință de progres înregistrată de eșantionul experimental, cu o creștere*

constantă a performanței în raport cu propria linie de bază (pre-testul), dar și în comparație cu rezultatele grupului de control.

Validarea SSI pe baza rapoartelor Moodle oferă informații complementare despre *stabilitatea măsurării, omogenitatea conceptuală a testelor și acuratețea notării automate.* Indicatorii statistici, precum *nota medie, deviația standard, asimetria, kurtosis, coeficientul de consistență internă și eroarea standard,* permit o validare cantitativă riguroasă a funcționalității și calității didactice a sistemului. Analiza cumulativă arată că sistemul a reușit să mențină *echilibrul între dificultate, discriminare și progres individual,* asigurând condițiile unei evaluări formative reale.

Valorile coeficientului de fiabilitate ($\alpha = 0,69\text{--}0,88$) indică un nivel bun de consistență internă, eroarea de măsurare, situată în intervalul 5%–10%, se încadrează în limite considerate optime pentru evaluarea educațională, iar indicii de discriminare pozitivi demonstrează adecvarea didactică a itemilor și eficiența generării automate. Astfel, indicatorii de consistență internă și notele medii validează SSI ca instrument fiabil și relevant pentru evaluarea matematică, iar deviația standard și raportul de eroare atrag atenția asupra calibrării itemilor.

Promovarea REDI în cadrul proiectului internațional „*Creșterea performanței academice la disciplina Informatica TIC, din contul implementării unor instrumente standardizate de evaluare pe platforma de e-learning Moodle*” a urmărit demonstrarea transferabilității și sustenabilității REDI în învățământul profesional tehnic din Republica Moldova. În cadrul echipei de cercetare mixte România – Republica Moldova, autoarea a avut rolul de dezvoltator de itemi matematici parametrizați și de coordonator al corelării curriculare între programele oficiale din cele două sisteme educaționale. REDI au fost transferate pe platforma digitală a Centrului de Excelență în Informatică și Tehnologii Informaționale (CEITI). Implementarea experimentală a fost realizată în 6 instituții partenere. Etapa experimentală a fost realizată pe tema „*Figuri geometrice în plan*”, aplicată unui eșantion de 25 de elevi din clasa a X-a de la Colegiul de Medicină din Cahul. Rezultatele indică o diferență medie pozitivă în favoarea REDI (+0,59 puncte), sugerând o ușoară creștere a performanței în contextul utilizării itemilor parametrizați și al feedbackului automat. Interpretarea pedagogică evidențiază reducerea anxietății de testare, standardizarea procesului de notare și consolidarea feedbackului formativ. În ansamblu, implementarea în cadrul instituțiilor partenere confirmă caracterul transferabil, compatibilitatea curriculară și robustețea funcțională a sistemului suport inteligent în contexte educaționale diverse.

Validarea SSI pe baza chestionarelor de opinie aplicate utilizatorilor

Pentru susținerea ipotezei de cercetare, au fost realizate și aplicate în Google Forms două chestionare de opinie adresate elevilor din grupul experimental și cadrelor didactice de matematică și TIC participante la cercetare. Prin aplicarea modelului Kano, analiza satisfacției utilizatorilor REDI a vizat corelarea dintre elementele de bază (*necesare*), cele performante (*optimizabile*) și cele atractive (*inovatoare*), oferind astfel un cadru conceptual pentru interpretarea datelor obținute din chestionarele aplicate elevilor și cadrelor didactice. Au fost identificate cerințe de bază (*funcționarea Moodle, corectitudinea evaluării*), cerințe de performanță (*calitatea feedbackului și a itemilor*), cerințe atractive (*jocuri educaționale, elemente interactive*) și cerințe indiferente (*aspecte de design*). Acest model contribuie la *corelarea dimensiunii tehnice (funcționalitățile platformei) cu dimensiunea pedagogică (calitatea percepută a învățării și evaluării)*, permițând formularea unor direcții concrete de îmbunătățire a experienței educaționale în mediul digital.

Cele două chestionare au o structură paralelă, pentru a asigura o analiză atât din perspectivă didactică, cât și formativă, în cadrul învățământului matematic gimnazial (*a se vedea Tabelul 3.1*).

Tabelul 1.2 Structura chestionarelor elevilor și profesorilor pentru validarea SSI

Secțiune tematică	Elevi/ profesori	Contribuție la validarea SSI
I. Claritatea testării online	E1-E5 / P1-P5	Validează designul evaluării: structura, dificultate, stres.
II. Obiectivitate și echitate	E6-E9 / P6-P9	Validează echitatea: feedback, antifraudă, transparență.
III. Impact pedagogic	E10-E14 / P10-P14	Validează impactul pe învățare, motivație, autoevaluare.
IV. Tipuri de itemi preferați	E15-E.20 / P15-P19	Validează preferința tipurilor de exerciții.
V. Eficiența sistemului	E21-E24 / P20-P23	Validează eficiența în raport cu metodele tradiționale
VI. Acceptabilitate	E25-E28 / P24-P27	Validează scalabilitatea și gradul de integrare potențial.
VII. Preferințe concrete	E29-E30 / P28-P29	Susțin deciziile de extindere a SSI pe baza preferințelor.
VIII. Întrebări deschise	E31-E33 / P30-P32	Date calitative pentru feedback și îmbunătățire.
IX. (doar profesori)	– / P33-P39	Validează funcția managerială a SSI.

Rezultatele obținute din chestionarele aplicate elevilor (N = 129) și profesorilor (N = 16) oferă o validare externă a utilității și funcționalității SSI (*Branoaea, 2025b*).

(1) Relevanța pedagogică: 66% dintre elevi au perceput testarea online ca fiind *mai clară și mai puțin stresantă* decât cea tradițională; 93% dintre profesori au confirmat *obiectivitatea și eficiența evaluării automatizate*; peste 75% dintre profesori au semnalat *reducerea fraudei* prin

parametrizare; peste 75% dintre profesori consideră că *feedbackul automatizat este clar și util*, ceea ce confirmă funcționalitatea formativă a testului.

(2) Eficiența didactică: 70% dintre elevi au apreciat *feedbackul automat ca resursă valoroasă pentru înțelegerea greșelilor*; aproximativ 60% au raportat o *creștere a motivației* pentru matematică datorită clarității itemilor și logicii testelor; 65% consideră *itemii parametrizați cei mai utili* pentru antrenament și evaluare; 87% dintre profesori confirmă că *testarea online contribuie la dezvoltarea competențelor digitale* ale elevilor; 68% dintre profesori apreciază *impactul pozitiv asupra motivației și autoreglării elevilor*.

(3) Validitatea SSI este confirmată din perspective complementare: *conținut (itemii sunt conformi programelor naționale și compatibili transnațional RO-MD); constructivă (corelațiile între feedback, autoevaluare și progres autoreglat confirmă coerența internă a sistemului); predictivă (identificarea tiparelor de eroare ale elevilor facilitează anticiparea dificultăților de învățare, oferind suport profesorilor pentru elaborarea planurilor remediale sau de progres și pentru adaptarea strategiilor didactice)* (Laurillard, 2012; Brănoaea et al., 2026).

(4) Sustenabilitate și scalabilitate: 81,25% dintre profesori au exprimat acord total că implementarea extinsă a testării online modernizează procesul educațional; 75% doresc extinderea utilizării în propria instituție; 68,75% recomandă extinderea evaluării online și la alte discipline, confirmând relevanța strategică și potențialul de dezvoltare al sistemului.

(5) Contribuții la transformarea digitală a educației, prin: reducerea efortului administrativ al cadrelor didactice în procesul de evaluare; creșterea obiectivității evaluării prin itemi parametrizați; personalizarea instruirii pe baza identificării tiparelor de eroare; alinierea dintre curriculumul planificat, predat și evaluat – aspect confirmat de 87,5% dintre profesori.

În ansamblu, rezultatele confirmă efecte pozitive consistente ale SSI asupra progresului pre-post test, asupra echității evaluării și asupra eficienței procesului didactic, prin integrarea evaluării automatizate, a feedbackului adaptiv și a standardizării curriculare. Totuși, deși SSI este validat prin date experimentale și feedback pozitiv, interpretarea rezultatelor este realizată prin raportare la **limitele metodologice întâmpinate** și soluțiile de ameliorare oferite.

(1) Limitări tehnice și de alfabetizare digitală. Dificultățile inițiale de utilizare au fost parțial compensate prin ghiduri și resurse preconfigurate, sistemul fiind aplicat cu succes în instituțiile partenere din proiectul RO-MD.

(2) Constrângeri organizatorice. Integrarea SSI a fost condiționată de structura curriculară și orarul școlar, fiind facilitată prin utilizarea orelor de curriculum la decizia școlii, fără modificări majore ale organizării didactice.

(3) Eșantion și context instituțional. Deși validarea a inclus contexte diferite, generalizarea completă necesită extindere la medii socio-educative variate; această limită a fost parțial atenuată prin implementarea transnațională România–Republica Moldova.

(4) Durata intervenției. Studiul acoperă un an școlar, oferind rezultate relevante pe termen scurt și mediu, dar necesită cercetare longitudinală pentru evaluarea efectelor de durată.

(5) Posibile biasuri de utilizare. Efectele precum noutatea, anxietatea digitală sau comportamente strategice la testare au fost reduse prin utilizare repetată și familiarizarea progresivă cu sistemul.

(6) Dimensiunea non-cognitivă. Motivația și implicarea au fost tratate ca efecte secundare, deși datele indică un impact pozitiv consistent, confirmat și în implementările din instituțiile partenere.

În pofida acestor limite identificate, prin măsurile de ameliorare implementate, rezultatele obținute permit validarea modelului realizat, prezintă consistență și relevanță pentru contexte similare celui experimental prezentat și evidențiază eficiența SSI în raport cu scopul și ipoteza cercetării.

CONCLUZII FINALE ȘI RECOMANDĂRI

Teza de doctorat se poziționează la intersecția dintre paradigma evaluării formative, teoriile învățării autoreglate și noile direcții ale sistemelor inteligente de suport educațional, asumând o abordare integrativă, în care tehnologia nu este doar suport, ci vector epistemic al transformării procesului de învățare.

Sistemul suport inteligent dezvoltat și implementat contribuie la *reducerea decalajului dintre potențialul tehnologic și practica educațională reală, prin elaborarea și validarea unui model didactic inovator bazat pe evaluare formativă automatizată și feedback adaptiv, implementat printr-un sistem suport inteligent, soluționând problema științifică* formulată în Introducere.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetării sunt demonstrate prin actualizarea și operaționalizarea conceptului de evaluare formativă prin integrarea itemilor parametrizați și a feedbackului adaptiv în modelul didactic bazat pe un sistem suport inteligent, fapt care conduce la progresul diferențiat al elevilor și la creșterea eficienței actului didactic în contextul educației matematice digitale la nivelul gimnazial din România.

Scopul tezei privind fundamentarea teoretico-metodologică și validarea experimentală a unui model didactic de evaluare formativă bazat pe un sistem suport inteligent, **este realizat**, fapt demonstrat prin atingerea tuturor obiectivelor de cercetare.

Obiectivele 1 și 2, vizând analiza cadrului teoretic și compararea platformelor digitale, realizate în Capitolul 1, rezumă în sistematizarea cadrului teoretic și metodologic al evaluării formative și ale sistemelor suport inteligente, precum și prin analiza critică a instrumentelor digitale existente, ceea ce permite identificarea oportunităților concrete de integrare a evaluării digitale în învățământul gimnazial și evidențierea limitelor practicilor existente, justificând necesitatea dezvoltării unui model adaptat contextului preuniversitar.

Obiectivele 3 și 4, referitoare la proiectarea modelului didactic și dezvoltarea sistemului suport inteligent, au fost realizate în Capitolul 2. Proiectarea modelului didactic de evaluare formativă este fundamentată pe principii pedagogice validate în literatura de specialitate, care promovează evaluarea formativă prin mecanisme de feedback adaptiv și reglare continuă a învățării. Structura metodologică a acestuia asigură conexiunea dintre obiectivele de învățare, conținuturile curriculare și tehnologia SSI, orientate spre eficientizarea procesului didactic și dezvoltarea eficientă a competențelor matematice ale elevilor de gimnaziu. Dezvoltarea sistemului suport inteligent a condus la operaționalizarea modelului didactic prin integrarea platformei Moodle, a pluginurilor FOSS și a resurselor educaționale digitale inteligente (REDI) într-un curs digital complet gata de utilizat în contexte reale de învățare.

Obiectivele 5 și 6 au fost realizate în Capitolul 3, prin implementarea experimentală și validarea SSI, utilizând un design metodologic complex, bazat pe triangularea datelor cantitative și calitative, în scopul creșterii validității interne și externe a cercetării.

Analiza intra-grup și inter-grup, realizată pe un eșantion de 129 de elevi în grupul experimental și 123 în grupul de control, evidențiază o creștere medie a performanței de +1,02 puncte ($\approx 10\%$) în grupul experimental și un avantaj comparativ de +0,47 puncte ($\approx 5\%$) față de grupul de control, cu progres consistent la toate nivelurile gimnaziale și reducerea diferențelor între elevii cu niveluri diferite de performanță.

Validarea psihometrică a bateriei de teste, realizată pe baza indicatorilor furnizați de Moodle Analytics, confirmă un nivel ridicat de fiabilitate, dificultate optim distribuită și indici de discriminare pozitivi, demonstrând adecvarea didactică a itemilor și eficiența generării automate a evaluărilor. Componenta calitativă evidențiază o percepție favorabilă a utilizatorilor, cu 87% dintre elevi și 93% dintre cadrele didactice raportând experiențe pozitive și beneficii semnificative în termeni de implicare, eficiență și optimizare a procesului de evaluare.

Ulterior, au fost analizate limitele cercetării: (1) limitări tehnice și de alfabetizare digitală, ameliorate prin sistem preconfigurat, ghiduri metodologice și resurse REDI gata de utilizare; (2) constrângeri organizaționale instituționale, reduse prin integrarea SSI în discipline opționale și ore la dispoziția profesorului; (3) durata limitată a intervenției, compensată prin implementarea în

proiectul RO–MD și extinderea utilizării în contexte variate; (4) biasuri comportamentale ale elevilor, diminuate prin utilizare repetată și familiarizarea progresivă cu sistemul. Aceste limite constituie factori explicativi relevanți pentru mărimea efectelor statistice obținute ($d = 0.19-0.54$), ale căror valori mici spre moderate reflectă complexitatea contextului educațional real, în care variabilele necontrolate atenuează în mod firesc amplitudinea efectelor măsurabile.

În pofida acestor limite identificate, prin măsurile de ameliorare implementate, **rezultatele cercetării** sunt în concordanță cu scopul și obiectivele formulate și se aliniază literaturii de specialitate privind eficiența sistemelor inteligente în evaluarea matematică.

Rezultatul 1 (*teoretic*). A fost *fundamentat teoretic și elaborat un model didactic bazat pe evaluare formativă automatizată și feedback adaptiv, în contextul educației matematice digitale de nivel gimnazial.*

Rezultatul 2 (*tehnologic*). A fost *proiectat, realizat și implementat un SSI bazat pe platforma Moodle cu pluginuri FOSS avansate și un site de autor cu cod personalizat.*

Rezultatul 3 (*didactic*). A fost *elaborată, implementată și validată o bancă de REDI.*

Rezultatul 4 (*experimental*). A fost *realizat un design pedagogic cvasi-experimental, cu grupuri de control și experimentale, ale cărui rezultate statistice au demonstrat că utilizarea SSI determină creșteri semnificative ale performanței elevilor și ale retenției conceptelor matematice.*

Rezultatul 5 (*aplicativ–transferabil*). A fost *demonstrată aplicabilitatea directă și transferabilitatea SSI prin implementări naționale și transnaționale, în cadrul unor discipline opționale, curriculum la decizia școlii și parteneriate educaționale.*

Rezultatele obținute confirmă ipoteza cercetării, potrivit căreia *utilizarea de către elevii de gimnaziu a sistemului suport inteligent implementat pe platforma Moodle, care integrează resurse educaționale digitale inteligente pentru evaluare formativă cu feedback automatizat, conduce la îmbunătățiri semnificative ale achizițiilor matematice, comparativ cu strategia didactică tradițională, evidențiate prin diferențe pre→ post-test cu mărimi ale efectului mici spre moderate, dar relevante practic și conforme cu reperele din literatura de specialitate privind intervențiile e-learning.*

Contribuția personală constă în proiectarea modelului didactic pe baza principiului *individualizării și diferențierii instruirii*; dezvoltarea SSI prin integrarea tehnologiilor FOSS; protejarea prin drepturi de autor a cursului digital Moodle; dezvoltarea tehnică completă a platformei educaționale pe un site de autor *mathmentor.ro*; elaborarea și aplicarea instrumentelor de evaluare a performanței matematice și chestionarelor de opinie; crearea ghidurilor de îndrumare pentru cadre didactice și elevi; implementarea REDI în proiecte de inovare și transfer

tehnologic România – Republica Moldova colectarea, analiza statistică a datelor și validarea rezultatelor.

Cercetarea demonstrează că evaluarea digitală inteligentă, fundamentată pedagogic și implementată sistemic, poate deveni un vector de transformare profundă a procesului educațional.

Pe baza rezultatelor cercetării, sunt formulate **recomandări de utilizare** adresate cadrelor didactice și managementului educațional în vederea optimizării procesului instructiv-educativ.

Se recomandă integrarea REDI în practica didactică curentă, atât în activitățile de consolidare și recapitulare, cât și în evaluarea formativă și sumativă, valorificând itemii parametrizați și feedbackul adaptiv pentru monitorizarea progresului și personalizarea învățării.

Totodată, se recomandă utilizarea SSI în contexte educaționale complementare, precum programe remediale, activități pentru elevii cu cerințe educaționale speciale, centre de excelență sau învățarea hibridă, unde sistemul poate susține diferențierea pedagogică.

La nivel managerial, se propune implementarea SSI în cadrul unor platforme instituționale dedicate evaluării și pregătirii pentru examene, în vederea standardizării practicilor evaluative, creșterii echității și fundamentării deciziilor educaționale pe baza datelor generate de sistem.

Direcțiile viitoare de cercetare vizează extinderea modelului propus prin aplicarea în contexte educaționale diverse și prin realizarea unor studii longitudinale, care să evidențieze impactul asupra performanței și proceselor metacognitive ale elevilor. De asemenea, se recomandă dezvoltarea și extinderea infrastructurii digitale, prin crearea unei platforme naționale dotate cu REDI și prin integrarea mecanismelor de securizare antifraudă, necesare pentru utilizarea sistemului în evaluări la scară largă. Cercetarea poate fi continuată prin transferul metodologiei către alte discipline STEM și prin integrarea AI, precum agenții conversaționali și analitica educațională predictivă, în vederea dezvoltării unui sistem educațional complet adaptiv și inteligent.

În concluzie, prezenta teză fundamentează teoretic, validează experimental și demonstrează aplicativ că sistemul suport inteligent propus reprezintă o soluție didactică și tehnologică viabilă, scalabilă și transferabilă, care contribuie semnificativ la optimizarea evaluării și accelerarea achizițiilor matematice în învățământul gimnazial, oferind totodată un reper metodologic pentru transformarea sustenabilă a paradigmei de predare-învățare-evaluare în educația actuală.

BIBLIOGRAFIE (selectivă)

1. ALBULESCU, I., CATALANO, H. (2020) *Sinteze de pedagogie generală. Ghid pentru pregătirea examenelor de titularizare, definitivat și gradul didactic II*. București: Didactica Publishing House. ISBN: 978-606-048-145-4.
2. ANDERSON, L. W., KRATHWOHL, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York, NY: Longman.
3. ASTAFIEVA, M. M., HLUSHAK, O. M., & LYTVYN, O. S. (2024). *Using STACK to support adaptive mathematics learning in LMS Moodle*. In *Proceedings of the 4th Workshop on Digital Education and Learning Technologies (DELT-2024)* (Vol. 3781, pp. 12–19). CEUR Workshop Proceedings. Disponibil: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper02.pdf> [Accesat: 01.05.2026].
4. BLACK, P., WILIAM, D. (2009). *Developing the theory of formative assessment*. Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 21(1), 5–31. Disponibil: <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5> [Accesat: 01.05.2026].
5. BOCOȘ, M-D. (2013) *Instruirea interactivă*. Iași: Polirom. ISBN: 978-973-46-3248-0.
6. BELDIGA, M., BRAGARU, T. (2025). *Studiu de caz: aplicarea inteligenței artificiale (IA) în educație*. In *Studia Universitatis Moldaviae. Seria „Științe ale educației”*. nr. 5(185), pp. 215–219. ISSN 1857-2103. Disponibil: [https://doi.org/10.59295/sum5\(185\)2025_26](https://doi.org/10.59295/sum5(185)2025_26) [Accesat: 01.05.2026].
7. BRAGARU, T., ARNĂUT, V. (2017). *Dezvoltarea resurselor educaționale digitale: Cadru metodologic*. Chișinău: CEP USM. ISBN 978-9975-71-932-2.
8. BRAICOV, A., BIBIC, A. (2023). *Simbioza competența matematică–competența digitală*. In *Proceedings of the 30th Conference on Applied and Industrial Mathematics, CAIM 2023*, Iași, pp. 34–40. ISBN: 978-606-13-7848-7.
9. CAO, W. (2022). *Using technology to personalize middle school math instruction*. *Frontiers in Education*, 7, 646471. Disponibil: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.646471> [Accesat: 01.05.2026].
10. CĂPĂȚÂNĂ, G., BRAGARU, T., BELDIGA, M. (2015). *An Intelligent Support System for Evaluation Items Development*, În 2015 20th International Conference on Control Systems and Computer Science, Bucharest, Romania, pp. 424-427, doi: 10.1109/CSCS.2015.151, Disponibil: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7168464> [Accesat: 01.05.2026].
11. CASTRO, M. Á., GONZÁLEZ, D., PÉREZ, J., & MARTÍNEZ, F. (2024). *Integration of self-learning and assessment activities using STACK in a course of mathematics in engineering*. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 19(3), 145–154. Disponibil: https://rua.ua.es/bitstream/10045/148612/3/Castro_et al_2024_IEEERevIberoamTecnolAprendiz.pdf [Accesat: 01.05.2026].
12. CUCOȘ, C. (2008) *Teoria și metodologia evaluării*. Iași: Polirom. ISBN: 978-973-46-0936-9.
13. DAVIES, A., SANGWIN, C. (2024). *Symbolic assessment systems in mathematics education*. Oxford: Oxford University Press.
14. Design-Based Research Collective. (2003). *Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry*. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 5–8. Disponibil: <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005> [Accesat: 01.05.2026].
15. DULAMĂ, M.E. (2020) *De la teorie spre practică în evaluarea online*. Cluj-Napoca: Presa Universitară Clujeană. Acta Didactica Vol 20 ISBN978-606-37-0958-6. Disponibil: <https://editura.ubbcluj.ro/index.php/puc/catalog/view/2477/22993/5463> [Accesat: 01.05.2026].
16. *Frontiers in Education* (2024). *Comparative analysis of frequently used e-learning platforms*. *Frontiers in Education*. Disponibil: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1431531> [Accesat: 01.05.2026].
17. GUȚU, V., VICOL, M. (2014). *Tratat de pedagogie: între modernism și postmodernism*. Iași: Performantica. ISBN 978-606-685-170-1.
18. HATTIE, J., TIMPERLEY, H. (2007). *The Power of Feedback*. *Review of Educational Research*, 77(1), pp. 81–112. Disponibil: <https://doi.org/10.3102/003465430298487> [Accesat: 01.05.2026].
19. HODGES, C. B.; MOORE, S.; LOCKEE, B. B.; TRUST, T.; BOND, M. A. (2020). *The difference between emergency remote teaching and online learning*. *EDUCAUSE Review*. Disponibil: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning> [Accesat: 01.05.2026].

20. HOLMES, W., BIALIK, M., FADEL, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign. ISBN 978-1794293700. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/332180327_Artificial_Intelligence_in_Education_Promise_and_Implications_for_Teaching_and_Learning [Accesat: 01.05.2026].
21. JUNGIC, V., KENT, D., & MENZ, P. (2012). *STACK: System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 43(4), pp. 501–512. Disponibil: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.618559> [Accesat: 01.05.2026].
22. LAURILLARD, D. (2012). *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology* (1st ed.). London: Routledge. ISBN 978-0415803878. Disponibil: <https://doi.org/10.4324/9780203125083> [Accesat: 01.05.2026].
23. Lowe, T. W. (2020). *Using STACK to support student learning at master's level* [Technical report]. The Open University. Disponibil: <https://oro.open.ac.uk/59062/1/STACKMSc.pdf> [Accesat: 01.05.2026].
24. MARIN, M. (2017). *Mijloace didactice digitale de concepție proprie – sursă importantă în dinamica progresului academic al studenților*. Acta et Commentationes, nr. 1(10), pp. 114–124.
25. Ministerul Educației Naționale. (2017). *Ordin nr. 3393 din 28 februarie 2017 privind aprobarea programelor școlare pentru învățământul gimnazial. Matematică și Științe Umaniste și ale Educației*. București: MEN. https://rocnee.eu/images/rocnee/fisiere/planuri-cadru/gimnazial/21102024/OMEN%203393_MATEMATICA%20SI%20STIINTE%20ALE%20NATUROLI.pdf [Accesat: 01.05.2026].
26. Ministerul Educației României. (2024). *Raport privind starea învățământului preuniversitar din România 2023–2024*. https://www.edu.ro/sites/default/files/fi%C8%99iere/Minister/2024/div/Rapoarte_sistem/Raport_Stare_invatamant_preuniv-2023-2024.pdf [Accesat: 01.05.2026].
27. Ministerul Educației, Culturii și Cercetării Al Republicii Moldova, (2020). *Curriculum Național Matematică Clasele V-IX. Curriculum disciplinar. Ghid de implementare Chișinău, 2020*. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/matematica_gimnaziu_ro.pdf. [Accesat: 01.05.2026].
28. Moodle Stats. (2025). *Statistics about the Moodle project*. Disponibil: <https://stats.Moodle.org> [Accessed at: 01.05.2026].
29. NEACȘU, I. (2015). *Învățarea eficientă: fundamente și practici de succes*. Iași: Polirom.
30. NOORBEHBAHANI, F., MOHAMMADI, A., AMINAZADEH, M. (2022). *A systematic review of research on cheating in online exams from 2010 to 2021*. Education and Information Technologies, 27, pp. 8413–8460. Disponibil: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10927-7> [Accesat: 01.05.2026].
31. OECD. (2025). *Education and skills in Romania: Reviews of national policies for education*. OECD Publishing. Disponibil: <https://doi.org/10.1787/594cbb5d-en> [Accesat: 01.05.2026].
32. POTOLEA, D., MANOLESCU, M. (2005). *Teoria și practica evaluării educaționale*. București: Ministerul Educației.
33. SALI, L.; COZMA, D.; IONEL, M. (2025). *Analiza logico-didactică a conținuturilor orientate spre formarea competenței de modelare matematică*. În: *Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale (concept STEAM)*. Chișinău: CEP UPSC, pp. 201–206.
34. SANGWIN, C.J. (2013). *Computer Aided Assessment of Mathematics: Technologies and Research*. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-966035-3.
35. SINGER, F.M. (2007). Beyond conceptual change: Using representations to integrate domain-specific structural models in learning mathematics. *Mind, Brain, and Education*, 1(2), pp. 84–97. Disponibil: DOI:10.1111/j.1751-228X.2007.00009.x [Accesat: 01.05.2026].
36. SON, T. (2024). *Intelligent tutoring systems in mathematics education: A systematic review*. *Computers*, 13(10), Article 270. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/computers13100270> [Accesat: 01.05.2026].
37. VANLEHN, K. (2011). *The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems*. *Educational Psychologist*, 46(4), pp. 197–221. Disponibil: <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369> [Accesat: 01.05.2026].
38. ZASTÎNCEANU, L. (2021). *Evaluarea la matematică prin intermediul soft-urilor. Reflecții metodice*. În: *Acta et Commentationes, Sciences of Education*, nr. 4(26), 2021, pp.86-94 ISSN 1857-0623.

Lista publicațiilor autorului la tema tezei

1. Articole în reviste științifice

1.1. În reviste din bazele de date internaționale: Web of Science, EBSCO

- 1.1.1. BRĂNOAEA, G. C. (2025d) *Neuroadaptive Digital Assessment in Mathematics: A Parametric Approach with STACK and AI-Powered Feedback*. In: BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience, vol. 16, nr. 3, pp. 489–504. ISSN e-2067-3957, p-2068-0473. Disponibil: <https://doi.org/10.70594/brain/16.3/11>, Indexat Web of Science (ESCI, IF 0.5, Q4) [Accesat: 01.05.2026].
- 1.1.2. BRĂNOAEA, G. C. (2026a) *Parametric Generation of Advanced Mathematics Assessment Items Using ChatGPT for Moodle Integration*. In: Didactica Danubiensis, 6.1: pp. 274-288. Disponibil: <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/DD/article/view/3633>, EBSCO Publishing database [Accesat: 01.05.2026].

1.2. În reviste din Registrul Național al revistelor de profil (cu indicarea categoriei)

- 1.2.1. BRĂNOAEA, G.C. (2025f) *Parametric assessment in Moodle for improving mathematical performance in middle school*. In: Studia Universitatis Moldaviae. Științe ale Educației, nr. 5(185), pp. 113–123. ISSN 1857-2103.DOI: [https://doi.org/10.59295/sum5\(185\)2025_13](https://doi.org/10.59295/sum5(185)2025_13) Categoria B, CEP USM. [Accesat: 01.05.2026]
- 1.2.2. BRAGARU T., BRĂNOAEA, G.C., IESEANU D., BELDIGA M. (2026) *Bune practici de (auto-) evaluare pe Moodle*, In: Akademos, Categoria B, p.33-41. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/j_nr_file/Akademos_1_2026_WEB_compressed.pdf [Accesat: 01.05.2026].
- 1.2.3. BRĂNOAEA, G.C., BRAICOV A., BRAGARU T. (2026) *Pattern-uri de eroare în evaluarea digitală parametrizată la matematică*, In: Acta et Commentationes, Sciences of Education, categoria C, p. 7-19. Disponibil: https://revistaust.upsc.md/index.php/acta_educatie/article/view/1203/1174 [Accesat: 01.05.2026].

2. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

2.1. În lucrările manifestărilor științifice incluse în Web of Science

- 2.1.1. BRĂNOAEA, G. C. (2026b) *Optimization of Symbolic Digital Assessment: A Parametric Approach Using STACK in Mathematics Education*. In: Moldovan, L., Gligor, A. (eds) Proceedings of the 19th International Conference Inter-Eng 2025 Interdisciplinarity in Engineering Held During 3–4 October 2025. Inter-ENG 2025. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1812. Springer, Cham. (ISI Web of Science) Disponibil: https://doi.org/10.1007/978-3-032-17033-0_11 [Accesat: 01.05.2026].

2.2. În lucrările manifestărilor științifice internaționale incluse în alte baze de date acceptate de ANACEC

- 2.2.1. BRĂNOAEA, G.C. (2023) *Intelligent Support System Applied to School Mathematics Lessons*. În: The Scientific Bulletin Addendum The Official Catalogue of the “Cadet INOVA” The International Student Innovation And Scientific Research Exhibition, Sibiu, nr. 8/2023, pp. 219–227. ISSN 2501-3157. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/23p-219-227.pdf [Accesat: 01.05.2026].
- 2.2.2. BRĂNOAEA, G.C. (2024) *Tehnici de inteligență artificială aplicate elevilor cu aptitudini matematice înalte*. In: Materialele conferinței științifice internaționale Statul, securitatea și drepturile omului în era digitală, Chișinău: CEP USM, vol. 2, pp. 60–65. ISBN 978-9975-62-529-6. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/60-65_41.pdf [Accesat: 01.05.2026].
- 2.2.3. BRĂNOAEA, G.C. (2025a) *Creșterea achizițiilor matematice la elevii de gimnaziu prin itemi personalizați*. In: Materialele conferinței științifice internaționale „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”, Chișinău, 1–2 martie 2025, vol. II, pp. 19–23. ISBN 978-9975-48-249-3, CZU: 373.016:51. 10.46727/c.v2.01-02-03-2025.p19-23 Disponibil: <http://dir.upsc.md:8080/xmlui/123456789/7665> [Accesat: 01.05.2026].
- 2.2.4. BRĂNOAEA, G.C., BRAGARU, T. (2025a) *Best Practices for Parametric Testing in Mathematics*. In: Materialele conferinței științifice internaționale TELE-2025, Chișinău, martie 2025. Disponibil: <https://irek.ase.md:443/xmlui/handle/123456789/4087> [Accesat: 01.05.2026].
- 2.2.5. BRĂNOAEA, G.C. (2025g) *Digitalizarea educației matematice: între inovație pedagogică și respectarea drepturilor omului*. In: International Conference State, security and human rights. p. 602-609. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/235947 [Accesat: 01.05.2026].

- 2.2.6. BRĂNOAEA, G. C. (2025h) *Dezvoltare inteligentă RED pentru matematică în Moodle: învățare adaptivă prin evaluarea parametrizată*. În: Materialele conferinței științifice internaționale Știință și educație: noi abordări și perspective, Vol. 3: Științe exacte. Disponibil la <http://dir.upsc.md:8080/xmlui/123456789/7947> [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.7. BRĂNOAEA, G.C. (2025i) *Aplicații ale inteligenței artificiale în educația matematică*. În: Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională Știință și educație: noi abordări și perspective: „Integrare prin cercetare și inovare”, Chișinău, pp. 712–718. CZU: 004.8:51(072.3):37.03. DOI: <https://doi.org/10.59295/spd2024n.98> [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.8. BRĂNOAEA G.C. (2025j) *Intelligent Support System Applied to School Mathematics Lessons*. În: Proceedings of European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT 2023, Iași, România, ISSN Print: 2601-4564, Online: 2601-4572, p. 144–145.
 - 2.2.9. BRĂNOAEA, G.C. (2025k) *Sistem suport inteligent aplicat la orele de matematică din gimnaziu*. În: International Conference Mathematics and Information Technologies: Research and Education, Chișinău, p. 98. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/98_28.pdf [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.10. BRĂNOAEA, G.C. (2025l) *Benefits of Using Intelligent E-Learning Platforms in Mathematics Learning*. În: Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională Științele Naturii în Dialogul Generațiilor, Chișinău, p. 260. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/260_7.pdf [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.11. BRĂNOAEA, G.C. (2025m) *Engineering Optimization of Parametric Digital Assessment in Mathematics Using STACK and Symbolic Computation*. În: OPROTEH 2025 – The 20th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field, Bacău, România, mai 2025. Editura: „Alma Mater”, ISBN 2457-3388, p. 192.
 - 2.2.12. BRĂNOAEA, G. C., BRAGARU, T., IEȘEANU, D. (2025) *Potențialul jocurilor tematice pe Moodle pentru consolidarea cunoștințelor*. În: MITRE-2025: The 10th International Conference „Mathematics & IT: Research and Education”, Chișinău, Republica Moldova, 26–29 iunie 2025. Rezumat publicat, pp. 112–113. Disponibil: https://mitre.usm.md/sites/default/files/Abstracts_MITRE_2025.pdf [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.13. IEȘEANU, D., BRAGARU, T., BRĂNOAEA, G. C. (2025) *Potențialul e-testării pe Moodle pentru studiul matematicii și informaticii*. În: MITRE-2025: The 10th International Conference „Mathematics & IT: Research and Education”, Chișinău, Republica Moldova, 26–29 iunie 2025. Rezumat publicat, pp. 123–124. Disponibil: https://mitre.usm.md/sites/default/files/Abstracts_MITRE_2025.pdf [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.14. IEȘEANU, E., DRĂGAN, G., BRĂNOAEA, G. C. (2025) *Învățarea matematicii prin itemi parametrizați*. În: MITRE-2025: The 10th International Conference „Mathematics & IT: Research and Education”, Chișinău, Republica Moldova, 26–29 iunie 2025. Rezumat publicat, pp. 124–125. Disponibil: https://mitre.usm.md/sites/default/files/Abstracts_MITRE_2025.pdf [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.15. BRĂNOAEA G.C. (2025n) *Automatizarea procesului de creare a itemilor pentru evaluarea la matematică cu ajutorul tehnologiei CHATGPT*. În: Book of Abstracts, The International Conference on Transversal Education (ICTE), USAMV Cluj-Napoca, 20 iunie 2025, p. 39–40.
 - 2.2.16. BRĂNOAEA, G.C. (2025e) *H5P-Based digital tools in Moodle for adaptive mathematics education*. În: Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională Științele Naturii în Dialogul Generațiilor, Chișinău, p. 213. Disponibil la https://agarm.md/wp-content/uploads/2025/09/2_Conference_Abstract-book_final-22.09.2025.pdf [Accesat: 01.05.2026].
 - 2.2.17. BRĂNOAEA, G.C., BRAGARU, T. (2025b) *Validarea unui sistem suport inteligent pentru evaluarea automatizată la matematică prin analiza feedback-ului elevilor*. În: Integrare prin cercetare și inovare: conferința științifică națională cu participare internațională, 6-7 noiembrie 2025. Științe Sociale. Chișinău: CEP USM. ISBN 978-9975-62-990-4 (PDF). Disponibil: <https://doi.org/10.59295/spd2025s> <https://msuir.usm.md/handle/123456789/19719> [Accesat: 01.05.2026]
3. **Brevete de invenție și alte obiecte de proprietate intelectuală (OPI)**
 - 3.1.1. BRĂNOAEA, G. C., BRAGARU, T., USM (2025c) *Drept de autor asupra produsului program direct utilizabil și extensibil-adaptabil „Sistem Suport Inteligent Pentru Matematica Gimnazială”* înregistrat la AGEPI, Certificat seria PC nr. 8336 din 18.12.2025, Disponibil: <https://www.db.agepi.md/opere/Details.aspx?RealID=7764&lang=ro> [Accesat: 01.05.2026]

ADNOTARE
Brănoaea Gabriela Cristina
SISTEM SUPT INTELIGENT PENTRU ACCELERAREA ACHIZIȚIILOR
MATEMATICE LA ELEVII DE GIMNAZIU

Teză de doctorat la Specialitatea 532.02. Didactică școlară
Chișinău, 2026

Volumul și structura tezei: Teza este scrisă în limba română cu titlu de manuscris, tehnoredactată la calculator și imprimată. Lucrarea este structurată în introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 125 de titluri și 12 anexe. Textul de bază se întinde pe 146 de pagini, cuprinzând 13 figuri și 41 de tabele. Rezultatele cercetării sunt publicate în 23 lucrări științifice și raportate la 24 de evenimente științifice.

Cuvinte-cheie: SSI, FOSS, REDI, matematică gimnazială, educație digitală, platforma Moodle, model didactic, itemi parametrizați, feedback adaptiv, mathmentor.ro

Scopul tezei constă în fundamentarea teoretico-metodologică, elaborarea și validarea experimentală a unui model didactic de evaluare formativă, bazat pe un Sistem Suport Inteligent (SSI), realizat prin integrarea platformei Moodle cu pluginuri FOSS (Free and Open Source Software) și Resurse Educaționale Digitale Inteligente (REDI), orientat spre generarea și corectarea automată a evaluărilor standardizate, cu feedback adaptiv, în vederea accelerării achizițiilor matematice ale elevilor de gimnaziu și eficientizării activității profesorilor.

Obiectivele cercetării: 1. Analiza cadrului teoretic și metodologic privind evaluarea formativă și utilizarea sistemelor inteligente de suport educațional în didactica matematicii. 2. Compararea principalelor sisteme de management al învățării, în vederea identificării oportunităților de integrare a evaluării digitale inteligente în învățământul gimnazial. 3. Proiectarea modelului didactic de evaluare formativă, bazat pe principii pedagogice validate în literatura de specialitate. 4. Dezvoltarea SSI, prin integrarea platformei Moodle cu pluginurile avansate FOSS și elaborarea resurselor educaționale digitale inteligente. 5. Implementarea modelului didactic și SSI, prin realizarea unui studiu cvasi-experimental în mediul educațional real. 6. Validarea SSI, prin analiza cantitativă a performanțelor elevilor, prin indicatori psihometrici specifici evaluării digitale și prin analiza calitativă a percepțiilor participanților.

Noutatea și originalitatea științifică sunt demonstrate prin actualizarea și operaționalizarea conceptului de evaluare formativă prin integrarea itemilor parametrizați și a feedbackului adaptiv într-un model didactic bazat pe un sistem suport inteligent implementat pe platformă digitală proprie, mathmentor.ro, cu cod personalizat și REDI validate experimental.

Rezultatele obținute în urma implementării SSI: 1. Performanța elevilor: nota medie a grupului experimental a crescut cu $\approx 1,02p.$ de la pre-test la post-test prin REDI și cu $\approx 0,47p.$ față de grupul de control. 2. Economie de timp: profesorii au raportat scăderea timpului de corectare de la $\approx 4h$ la $< 45min/test.$ 3. Nivel ridicat de acceptare și satisfacție: 92% elevi și 100% profesori au evaluat SSI drept „foarte util”. Rezultatele au condus la reducerea discrepanței dintre potențialul didactic al sistemelor educaționale digitale și utilizarea lor în practica școlară din RO/MD.

Semnificația teoretică și valoarea aplicativă: Fundamentarea unui model integrat SSI pentru evaluare formativă digitală în didactica matematicii, are contribuții la teoria evaluării asistate de tehnologie și aplicabilitate directă în învățământul gimnazial, inclusiv pentru elevii cu cerințe educaționale speciale sau performanțe înalte. SSI contribuie la accelerarea achizițiilor matematice ale elevilor de gimnaziu, reduce sarcina profesorilor și sprijină managementul educațional, fiind un sistem direct aplicabil, adaptabil și ușor transferabil în alte discipline STEM sau în ciclul liceal.

Implementarea rezultatelor științifice: Modelul SSI a fost operaționalizat printr-un curs digital protejat prin drepturi de proprietate intelectuală, implementat pe trei platforme Moodle (USM, CEITI și mathmentor.ro) și aplicat experimental în mai multe instituții de învățământ din România și Republica Moldova, inclusiv în cadrul unui proiect de transfer tehnologic RO–MD. Rezultatele au fost validate și prin medalii la saloane de invenție internaționale.

ANNOTATION
Brănoaea Gabriela Cristina
INTELLIGENT SUPPORT SYSTEM FOR ENHANCING MATHEMATICAL
LEARNING IN HIGH SCHOOL STUDENTS
Doctoral thesis in the specialty 532.02. School didactics
Chişinău, 2026

Volume and structure: The thesis is written in Romanian as a manuscript, technically edited on the computer. The thesis is organized into introduction, 3 chapters, conclusions and recommendations and bibliography, containing 125 titles, and 12 appendices. The core text spans 146 pages, including 13 figures and 41 tables. The research results are published in 23 scientific papers and reported at 24 scientific events.

Keywords: ISS, FOSS, REDI, middle school mathematics, digital education, Moodle platform, didactic model, parameterized items, adaptive feedback, mathmentor.ro

The purpose of the research is to provide a theoretical and methodological foundation, develop and experimentally validate a didactic model of formative assessment, based on an Intelligent Support System (ISS) for learning and assessing mathematics at the secondary school level, achieved by integrating the Moodle platform with FOSS (Free and Open Source Software) plugins and Intelligent Digital Educational Resources (REDI). ISS supports the automatic generation and correction of standardized assessments, with adaptive feedback, in order to accelerate students' mathematical acquisitions and streamline teachers' work.

The objectives of the research: 1. Analysis of the theoretical and methodological framework regarding formative assessment and the use of intelligent educational support systems in mathematics teaching. 2. Comparison of the main learning management systems, in order to identify opportunities for integrating intelligent digital assessment in secondary education. 3. Design of the didactic model of formative assessment, based on pedagogical principles validated in the specialized literature. 4. Development of SSI, by integrating the Moodle platform with advanced FOSS plugins and developing intelligent digital educational resources. 5. Implementation of the didactic model and SSI, by conducting a quasi-experimental study in the real educational environment. 6. Validation of SSI, through quantitative analysis of student performance, through psychometric indicators specific to digital assessment and through qualitative analysis of participants' perceptions.

The scientific novelty and originality are demonstrated by updating and operationalizing the concept of formative assessment by integrating parameterized items and adaptive feedback into a didactic model based on an intelligent support system implemented on its own digital platform, mathmentor.ro, with customized code and experimentally validated REDI.

Results obtained: 1. Student performance: the average score of the experimental group increased by $\approx 1.02p.$ from pre-test to post-test via REDI and by $\approx 0.47p.$ compared to the control group. 2. Teachers reported a decrease in correction time from $\approx 4h$ to $<45min/test$. 3. High level of acceptance and satisfaction: 92% of students and 100% of teachers rated SSI as "very useful". The results led to a reduction in the discrepancy between the didactic potential of digital educational systems and their use in secondary school practice in RO/MD.

Theoretical significance and practical applicability: Substantiation of an integrated SSI model for digital formative assessment in mathematics teaching, has contributions to the theory of technology-assisted assessment and direct applicability in middle school education, including for students with special educational needs or high performance. SSI contributes to improving students' mathematical achievement, reduces teachers' workload and supports educational management, being a directly applicable, adaptable and easily transferable system in other STEM disciplines or in the high school cycle.

The implementation of the scientific results: The SSI model was operationalized through a digital course protected by intellectual property rights, implemented on three Moodle platforms (USM, CEITI and mathmentor.ro) and experimentally applied in several educational institutions in Romania and the Republic of Moldova, including within a RO-MD technology transfer project. The results were also validated by medals at international invention salons.

АННОТАЦИЯ

Brănoaea Gabriela Cristina

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДЛЯ УСКОРЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ У УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ

Докторская диссертация по специальности 532.02. Школьная дидактика

Кишинёв, 2026

Объем и структура диссертации: Диссертация написана на румынском языке в виде рукописи, набрана и отпечатана на компьютере. Работа состоит из введения, трех глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии из 125 наименований и 12 приложений. Объем основного текста составляет 146 страниц, включая 13 рисунков и 41 таблиц. Результаты опубликованы в 23 научных статьях и представлены на 24 мероприятиях.

Ключевые слова: SSI, FOSS, REDI, математика для средней школы, цифровое образование, платформа Moodle, дидактическая модель, параметризованные элементы, адаптивная обратная связь, mathmentor.ro

Цель диссертации — предоставить теоретическую и методологическую основу, разработать и экспериментально подтвердить дидактическую модель формирующего оценивания на основе интеллектуальной системы поддержки (ИСС) для обучения и оценивания математики на уровне средней школы. Эта система реализована путем интеграции платформы Moodle с плагинами на основе свободного и открытого программного обеспечения (FOSS) и интеллектуальными цифровыми образовательными ресурсами (REDI). ИСС поддерживает автоматическую генерацию и проверку стандартизированных оценок с адаптивной обратной связью для ускорения обучения учащихся и оптимизации работы учителя.

Цели исследования: 1. Анализ теоретической и методологической основы формирующего оценивания и использования интеллектуальных систем поддержки обучения в преподавании математики. 2. Сравнение основных систем управления обучением с целью выявления возможностей интеграции интеллектуального цифрового оценивания в среднее образование. 3. Разработка дидактической модели формирующего оценивания на основе педагогических принципов, подтвержденных в специализированной литературе. 4. Разработка системы поддержки обучения (SSI) путем интеграции платформы Moodle с передовыми плагинами FOSS и создания интеллектуальных цифровых образовательных ресурсов. 5. Внедрение дидактической модели и системы поддержки обучения (SSI) путем проведения квазиэкспериментального исследования в реальной образовательной среде. 6. Валидация системы поддержки обучения (SSI) посредством количественного анализа успеваемости учащихся, с помощью психометрических показателей, специфичных для цифрового оценивания, и посредством качественного анализа восприятия участников.

Научная новизна и оригинальность демонстрируются путем обновления и операционализации концепции формирующего оценивания посредством интеграции параметризованных заданий и адаптивной обратной связи в дидактическую модель, основанную на интеллектуальной системе поддержки, реализованной на собственной цифровой платформе mathmentor.ro, с использованием специально разработанного кода и экспериментально подтвержденной REDI.

Результаты, полученные благодаря внедрению SSI: 1. Успеваемость учащихся: средний балл экспериментальной группы увеличился примерно на 1,02 балла по сравнению с предварительным и итоговым тестированием с помощью REDI и примерно на 0,47 балла по сравнению с контрольной группой. 2. Экономия времени для учителей: с ≈ 4 часов до < 45 минут на тест. 3. Высокая степень принятия и удовлетворенности: 92% учащихся и 100% учителей оценили SSI как «очень полезный». Результаты привели к уменьшению расхождения между дидактическим потенциалом цифровых образовательных систем и их использованием в практике средних школ в Румынии/Республики Молдова.

Теоретическая значимость и практическая применимость: Обоснование интегрированной модели SSI для цифрового формирующего оценивания в преподавании математики вносит вклад в теорию оценивания с использованием технологий и имеет непосредственное применение в среднем школьном образовании, в том числе для учащихся с особыми образовательными потребностями или высокими показателями успеваемости. SSI способствует ускорению освоения математики учащимися средней школы, снижает нагрузку на учителей и поддерживает управление образованием, являясь непосредственно применимой, адаптируемой и легко переносимой системой в другие STEM-дисциплины или в старшую школу.

Внедрение научных результатов: Методика SSI была внедрена в виде цифрового курса, защищенного правами интеллектуальной собственности, реализованного на трех платформах Moodle (USM, CEIT и mathmentor.ro) и экспериментально примененного в нескольких образовательных учреждениях Румынии и Республики Молдова, в том числе в рамках проекта трансфера технологий между Румынией и Молдовой. Результаты также были подтверждены наградами на международных салонах изобретений

BRĂNOAEA GABRIELA – CRISTINA

**SISTEM SUPORT INTELIGENT PENTRU
ACCELERAREA ACHIZIȚIILOR MATEMATICE LA
ELEVII DE GIMNAZIU**

**532.02. DIDACTICĂ ȘCOLARĂ
(PE TREPTE ȘI DISCIPLINE DE ÎNVĂȚĂMÂNT)**

Rezumatul tezei de doctorat în Științe ale educației

Aprobat spre tipar: 15.06.2026

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie offset. Tipar offset.

Tiraj 20 ex.

Coli de tipar: 2

Comanda nr. 47 /26

Centrul Editorial-Poligrafic al Universității de Stat din Moldova
Chișinău, str. Alexei Mateevici, 60, MD - 2009