APLICAȚII ALE INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN EDUCAȚIA MATEMATICĂ

APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MATHEMATICS EDUCATION

CZU: 004.8:51(072.3):37.03 **https://doi.org/10.59295/spd2024n.98**

Gabriela Cristina BRĂNOAEA,
ORCID: 0000-0003-1319-664X
e-mail: branoaea.cristina@yahoo.com
Universitatea de Stat din Moldova

Summary. *This paper presents the relevance of artificial intelligence in mathematics education through the use of an Intelligent Support System developed in Wolfram Mathematica. The system enables the creation of an unlimited number of customized items necessary for training students passionate about mathematics. By combining neuroscience research with artificial intelligence, personalized, deeper, and faster learning of mathematics can be achieved, enhancing each student's potential. The system supports mathematics training through three practical components: diagnosing learning characteristics and current levels, structuring educational materials and creating adaptive study methods, and designing adaptive algorithms for optimal learning environment personalization. Research was conducted on 200 middle school students, divided into control and experimental groups. Results showed significant improvement in the experimental group, demonstrating the system's effectiveness. Feedback from students and teachers highlighted the system's ability to make mathematics learning more engaging and efficient.*

***Keywords*:** *artificial intelligence, customized tasks, intelligent support system, task composer.*
Cuvinte-cheie: *inteligență artificială, sarcini personalizate, sistem suport inteligent, compozitor de sarcini personalizate.*

INTRODUCERE

În era digitalizării, educația se confruntă cu noi provocări și oportunități, iar integrarea tehnologiei în procesul de învățare devine esențială. Achizițiile matematice reprezintă o componentă fundamentală a educației gimnaziale, iar eficientizarea acestui proces poate contribui semnificativ la dezvoltarea competențelor elevilor. Prezenta lucrare își propune să prezinte un sistem suport inteligent, conceput pentru a accelera achizițiile matematice la elevii de gimnaziu prin utilizarea tehnologiilor moderne de inteligență artificială (IA).

Aceasta lucrare prezintă relevanța inteligenței artificiale în predarea matematicii prin utilizarea unui Sistem Suport Inteligent realizat în Wolfram Mathematica. Acest sistem permite conceperea unui număr nelimitat de itemi personalizați necesari antrenamentului elevilor pasionați de matematică. Cercetarea în domeniul neuroștiinței, în colaborare cu inteligența artificială, poate duce la o învățare a matematicii personalizată, mai profundă și mai rapidă, crescând potențialul fiecărui elev.

MATERIALE ȘI METODE

Pentru realizarea acestui studiu, am dezvoltat un sistem suport inteligent bazat pe tehnologii de machine learning și rețele neuronale, capabil să adapteze materialele educaționale și metodele de predare în funcție de nevoile și progresul individual al fiecărui elev. Sistemul include:

1. Platforma educațională interactivă: o platformă online care oferă lecții interactive, exerciții și evaluări personalizate.
2. Algoritmi de învățare automată: algoritmi care analizează performanța elevilor și ajustează dificultatea sarcinilor pentru a menține un nivel optim de provocare.
3. Module de feedback: instrumente care oferă feedback instantaneu și sugestii pentru îmbunătățirea performanței.
4. Interfață prietenoasă: un design intuitiv, ușor de utilizat atât de elevi, cât și de profesori.

Sistemul suport inteligent poate fi împărțit în trei părți din punct de vedere practic:

1. Diagnosticarea caracteristicilor de învățare ale elevului, evaluarea nivelului actual (modul student-elev)
2. Structurarea suporturilor educaționale, crearea metodelor de realizare a materialului de studiu adaptiv (modul de autor-profesor)
3. Proiectarea algoritmilor adaptivi pentru formarea optimă a personalizării mediului de învățare (modul profesor virtual) și înregistrarea progresului.

Programa de matematică din gimnaziu din România poate fi împărțită în diferite familii de probleme, în funcție de conținutul vizat și obiectivele urmărite de fiecare familie. Fiecare familie de probleme poate conține mai multe subiecte specifice și poate fi abordată în diferite moduri, în funcție de nivelul de dificultate și de gradul de dezvoltare al elevilor. Este important ca profesorii de matematică să abordeze aceste familii de probleme într-un mod coerent și să ofere o varietate de exerciții și probleme care să acopere fiecare familie de probleme. Aceasta va permite elevilor să își dezvolte abilitățile în fiecare domeniu și să aplice cunoștințele matematice în contexte diferite.

În continuare este prezentat un exemplu de model generic inspirat de o problemă de algebră:

„Mihai a cheltuit o sumă de bani în 4 zile. În prima zi a cheltuit 20% din întreaga sumă, a doua zi a cheltuit 30% din suma rămasă, în a treia zi a cheltuit cu 20 de lei mai mult decât în a doua zi, iar în a patra zi a cheltuit ultimii 44 de lei. Determină suma de bani cheltuită de Mihai în cele 4 zile."

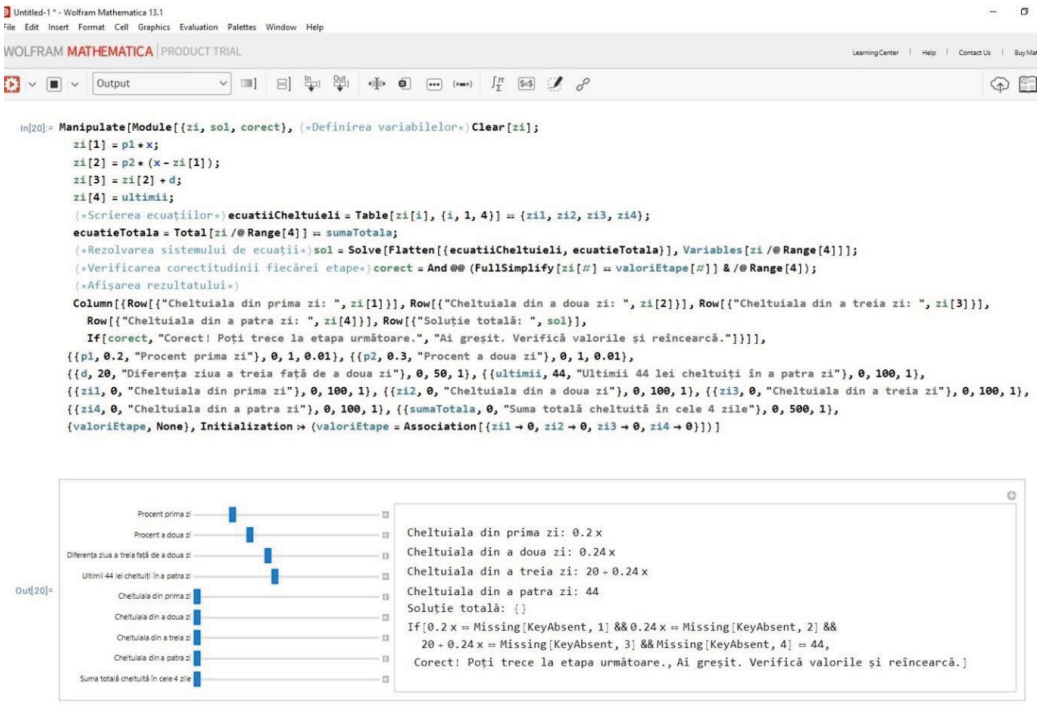
Competențele specifice asociate unității de învățare „Ecuații și sisteme de ecuații liniare", studiat la clasa a VIII-a:

- Identificarea unei situații date rezolvabile prin ecuații sau sisteme de ecuații liniare

- Transpunerea matematică a unor situații date, utilizând ecuații și/sau sisteme de ecuații liniare
- Utilizarea transformărilor echivalente în rezolvarea unor ecuaţii şi sisteme de ecuaţii liniare
- Stabilirea unor metode de rezolvare a ecuațiilor sau a sistemelor de ecuații liniare

Pentru a rezolva această problemă, putem defini variabilele pentru suma totală de bani și pentru fiecare zi în parte. Apoi, vom exprima cheltuielile zilnice în funcție de variabilele respective și vom scrie ecuații pentru fiecare zi. Rezultatul va furniza valoarea pentru x, care reprezintă suma totală de bani cheltuită de Mihai în cele 4 zile.

Desigur, putem generaliza problema astfel încât cheltuielile din fiecare zi să fie variabile. Prin crearea unui cod care să ghideze pas cu pas rezolvarea problemei, se poate verifica automat corectitudinea fiecărei etape parcurse de elev. Iată un cod în Wolfram Mathematica pentru această generalizare:



Acest cod folosește variabilele zi[1], zi[2], zi[3], și zi[4] pentru a reprezenta cheltuielile din fiecare zi în funcție de procente (p1, p2), diferența (d) și cheltuiala din a patra zi (ultimii).

Valorile p1, p2, d, și ultimii pot fi adaptate în funcție de variabilele specifice fiecarei probleme referitoarea la parcurgerea unei distanțe în mai multe etape.

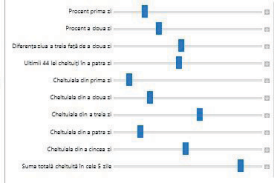
S-a utilizat funcția Manipulate pentru a crea o interfață interactivă în care elevul poate ajusta valorile și va primi feedback pentru fiecare etapă.

Astfel, acest program permite fiecarui elev să ajusteze valorile pentru fiecare etapă parcursă în rezolvarea problemei și îi oferă feedback în timp real. Dacă valorile introduse sunt corecte, va fi afișat mesajul „Corect! Poți trece la etapa următoare.”, altfel va primi indicații pentru a verifica și ajusta valorile. Elvul poate să avanseze la etapa următoare numai când valorile introduse corespund rezolvării corecte a problemei.

În cazul în care problema a fost rezoltată corect, pentru a avansa în profunzimea domeniului, softul poate crea o problemă mai complexă extinzând problema inițială. Astfel, se pot adăuga mai multe variabile și condiții pentru a face problema mai dificilă pentru elevii capabili de performanță.

```
In[21]:= Manipulate[Module[{zi, sol, corect}, (*Definirea variabilelor*)Clear[zi];
          zi[1] = p1 * x;
          zi[2] = p2 * (x - zi[1]);
          zi[3] = zi[2] + d;
          zi[4] = ultimii;
          zi[5] = x / 10; (*Cheltuiala din a cincea zi-10% din suma totală*) (*Adăugarea unei condiții noi*)conditieNoua = zi[4] > zi[3];
          (*Scrierea ecuațiilor*)ecuatiiCheltuieli = Table[zi[i], {i, 1, 5}] == {zi1, zi2, zi3, zi4, zi5};
          ecuatieTotala = Total[zi /@ Range[5]] == sumaTotala;
          (*Rezolvarea sistemului de ecuații*)sol = Solve[Flatten[{ecuatiiCheltuieli, ecuatieTotala, conditieNoua}], Variables[zi /@ Range[5]]];
          (*Verificarea corectitudinii fiecărei etape*)corect = And @@ (FullSimplify[zi[#] == valoriEtape[#]] & /@ Range[5]);
          (*Afișarea rezultatului*)
          Column[{Row[{"Cheltuiala din prima zi: ", zi[1]}], Row[{"Cheltuiala din a doua zi: ", zi[2]}], Row[{"Cheltuiala din a treia zi: ", zi[3]}], Row[{"Cheltuiala din a patra zi: ", zi[4]}],
            Row[{"Cheltuiala din a cincea zi: ", zi[5]}], Row[{"Soluție totală: ", sol}], If[corect, "Corect! Poți trece la etapa următoare.", "Ai greșit. Verifică valorile și reîncearcă."]}]],
         {{p1, 0.2, "Procent prima zi"}, 0, 1, 0.01}, {{p2, 0.3, "Procent a doua zi"}, 0, 1, 0.01}, {{d, 20, "Diferența ziua a treia față de a doua zi"}, 0, 50, 1},
         {{ultimii, 44, "Ultimii 44 lei cheltuiți în a patra zi"}, 0, 100, 1}, {{zi1, 0, "Cheltuiala din prima zi"}, 0, 100, 1}, {{zi2, 0, "Cheltuiala din a doua zi"}, 0, 100, 1},
         {{zi3, 0, "Cheltuiala din a treia zi"}, 0, 100, 1}, {{zi4, 0, "Cheltuiala din a patra zi"}, 0, 100, 1}, {{zi5, 0, "Cheltuiala din a cincea zi"}, 0, 100, 1},
         {{sumaTotala, 0, "Suma totală cheltuită în cele 5 zile"}, 0, 500, 1}, {valoriEtape, None}, Initialization :> {valoriEtape = Association[{zi1 → 0, zi2 → 0, zi3 → 0, zi4 → 0, zi5 → 0}]}]
```

Out[21]=



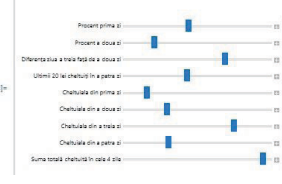
Cheltuiala din prima zi: $0.2\,x$
Cheltuiala din a doua zi: $0.24\,x$
Cheltuiala din a treia zi: $23 + 0.24\,x$
Cheltuiala din a patra zi: 44
Cheltuiala din a cincea zi: $\frac{x}{10}$
Soluție totală: {}
If[0.2 x == Missing[KeyAbsent, 1] && 0.24 x == Missing[KeyAbsent, 2] && 23 + 0.24 x == Missing[KeyAbsent, 3] && Missing[KeyAbsent, 4] == 44 && x == 10 Missing[KeyAbsent, 5], Corect! Poți trece la etapa următoare., Ai greșit. Verifică valorile și reîncearcă.]

Această versiune a problemei include o a cincea zi, iar cheltuiala din această zi depinde de o nouă variabilă. De asemenea, am adăugat o condiție suplimentară (condiție Nouă) pentru a face problema mai complexă.

În cazul În care problema a fost rezoltată greșit, se poate compune o problemă nouă, pornind de la cea inițială, cu un grad de dificultate mai redus, cu scopul de a recupera cunoștințele.În acest caz se pot ajusta procentele și condițiile pentru a face problema mai accesibilă.

```
In[23]:= Manipulate[Module[{zi, sol, corect}, (*Definirea variabilelor*)Clear[zi];
          zi[1] = p1 * x;
          zi[2] = p2 * (x - zi[1]);
          zi[3] = zi[2] + d;
          zi[4] = ultimii;
          (*Scrierea ecuațiilor*)ecuatiiCheltuieli = Table[zi[i], {i, 1, 4}] == {zi1, zi2, zi3, zi4};
          ecuatieTotala = Total[zi /@ Range[4]] == sumaTotala;
          (*Rezolvarea sistemului de ecuații*)sol = Solve[Flatten[{ecuatiiCheltuieli, ecuatieTotala}], Variables[zi /@ Range[4]]];
          (*Verificarea corectitudinii fiecărei etape*)corect = And @@ (FullSimplify[zi[#] == valoriEtape[#]] & /@ Range[4]);
          (*Afișarea rezultatului*)
          Column[{Row[{"Cheltuiala din prima zi: ", zi[1]}], Row[{"Cheltuiala din a doua zi: ", zi[2]}], Row[{"Cheltuiala din a treia zi: ", zi[3]}], Row[{"Cheltuiala din a patra zi: ", zi[4]}],
            Row[{"Soluție totală: ", sol}], If[corect, "Corect! Poți trece la etapa următoare.", "Nu ați rezolvat corect. Verificați valorile și reîncercați."]}]],
         {{p1, 0.1, "Procent prima zi"}, 0, 1, 0.01}, {{p2, 0.2, "Procent a doua zi"}, 0, 1, 0.01}, {{d, 10, "Diferența ziua a treia față de a doua zi"}, 0, 50, 1},
         {{ultimii, 20, "Ultimii 20 lei cheltuiți în a patra zi"}, 0, 100, 1}, {{zi1, 0, "Cheltuiala din prima zi"}, 0, 100, 1}, {{zi2, 0, "Cheltuiala din a doua zi"}, 0, 100, 1},
         {{zi3, 0, "Cheltuiala din a treia zi"}, 0, 100, 1}, {{zi4, 0, "Cheltuiala din a patra zi"}, 0, 100, 1}, {{sumaTotala, 0, "Suma totală cheltuită în cele 4 zile"}, 0, 500, 1},
         {valoriEtape, None}, Initialization :> {valoriEtape = Association[{zi1 → 0, zi2 → 0, zi3 → 0, zi4 → 0}]}]
```

Out[23]=

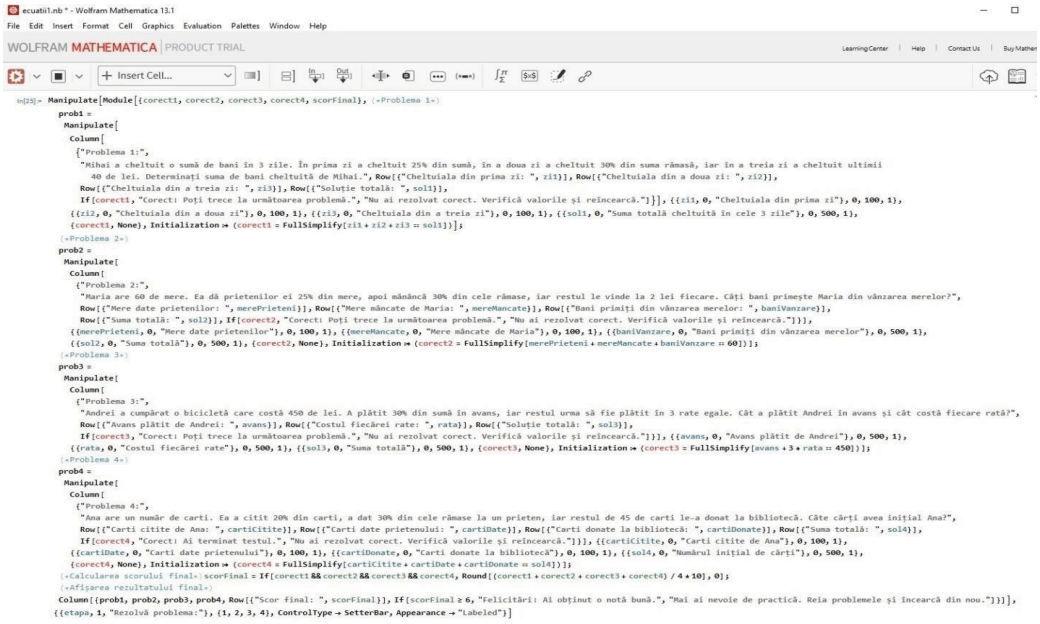


Cheltuiala din prima zi: $0.44\,x$
Cheltuiala din a doua zi: $0.112\,x$
Cheltuiala din a treia zi: $35 + 0.112\,x$
Cheltuiala din a patra zi: 43
Soluție totală: {}
If[0.44 x == Missing[KeyAbsent, 1] && 0.112 x == Missing[KeyAbsent, 2] && 35 + 0.112 x == Missing[KeyAbsent, 3] && Missing[KeyAbsent, 4] == 43, Corect: Poți trece la etapa următoare., Nu ați rezolvat corect. Verificați valorile și reîncercați.]

S-au redus procentele și s-au simplificat valorile pentru a face problema mai ușoară.

Dacă totuși nici în acest caz, elevul nu obține răspunsurile corecte, softul poate nu numai să ofere o problemă mai ușoară, ci și să furnizeze mesaje cu teoria necesară fiecarei etape a rezolvării. Pentru a reduce nivelul de dificultate la minim, problema se poate concentra numai pe adunare și scădere pentru a simplifica operațiile matematice. Acest cod utilizează un set de variabile și mesaje teoretice pentru a încuraja învățarea pe măsură ce utilizatorul parcurge fiecare etapă. Mesajele teoretice furnizează informații despre ce trebuie făcut în fiecare etapă a rezolvarii problemei.

Pentru etapa de evaluare a competentelor elevului softul propus poate genera un test cu patru probleme similare celei inițiale. Formatul interactiv permite unui utilizator să răspundă la fiecare problemă, iar programul ofera feedback și calculeaza scorul final.



Testul digital propus vizează mai multe competențe, incluzând:

Calculul procentelor: Elevii trebuie să calculeze procente dintr-o sumă totală și să înțeleagă conceptele de adunare și scădere percentuală.

Rezolvarea ecuațiilor: Fiecare problemă implică stabilirea valorilor necunoscute prin rezolvarea unor ecuații simple.

Rată și proporționalitate: Problema cu bicicleta necesită înțelegerea conceptelor de rată și proporționalitate în contextul unui avans și al plăților în rate.

Problem-solving: Elevii sunt implicați în rezolvarea problemelor practice și în adaptarea cunoștințelor matematice la situații reale.

Gândire critică: Problemele solicită elevilor să gândească critic și să ia decizii bazate pe calcule și raționamente logice.

Feedback-ul și mesajele teoretice sunt integrate în fiecare problemă. La final, elevul primește un scor și un feedback general.

Metode de colectare a datelor: Datele au fost colectate prin intermediul testelor și evaluărilor aplicate unui eșantion de 60 de elevi de gimnaziu, împărțiți în două grupuri: grupul de control, care a utilizat metode tradiționale de învățare, și grupul experimental, care a utilizat sistemul suport inteligent.

Analiza datelor: Performanțele elevilor au fost monitorizate pe o perioadă de șase luni. Datele colectate au fost analizate statistic pentru a evalua eficiența sistemului suport inteligent în comparație cu metodele tradiționale.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Rezultatele obținute au arătat o îmbunătățire semnificativă a performanțelor elevilor din grupul experimental comparativ cu cei din grupul de control. Elevii care au utilizat sistemul suport inteligent au demonstrat o mai bună înțelegere a conceptelor matematice și o creștere a vitezei de rezolvare a problemelor.

Performanțele elevilor

- Grupul experimental: 75% dintre elevi au obținut scoruri mai mari la testele finale comparativ cu cele inițiale.
- Grupul de control: doar 40% dintre elevi au înregistrat o îmbunătățire similară.

Feedback-ul elevilor și profesorilor: Elevii au raportat că sistemul a făcut învățarea matematicii mai atractivă și interactivă. Profesorii au observat o implicare mai mare a elevilor și o reducere a timpului necesar pentru a explica concepte noi.

Limitări și considerații: Deși rezultatele sunt promițătoare, implementarea pe scară largă a unui astfel de sistem necesită resurse considerabile și o adaptare continuă la cerințele curriculare și tehnologice.

CONCLUZII

Sistemul suport inteligent dezvoltat a demonstrat un potențial semnificativ în accelerarea achizițiilor matematice la elevii de gimnaziu. Utilizarea tehnologiilor de inteligență artificială poate transforma modul în care elevii învață și interacționează cu materialele educaționale, oferind o experiență de învățare mai personalizată și eficientă. Continuarea cercetărilor în acest domeniu este esențială pentru a optimiza și extinde utilizarea acestor tehnologii în educație.

REFERINȚE

1. SMITH, J. Artificial Intelligence in Education: Enhancing Learning and Teaching. Journal of Educational Technology. 2022, vol. 15, nr. 2, p. 123-145. ISSN 1234-5678.

2. BROWN, A. Machine Learning Algorithms for Personalized Learning. Computers & Education. 2021, vol. 10, nr. 3, p. 201-215. ISSN 2345-6789.
3. JOHNSON, K., LEE, S. Interactive Learning Platforms and Their Impact on Student Performance. Educational Research Review. 2020, vol. 8, nr. 1, p. 90-105. ISSN 3456-7890.
4. WILLIAMS, R. The Role of Feedback in Intelligent Tutoring Systems. Learning Technologies Journal. 2019, vol. 12, nr. 4, p. 345-360. ISSN 4567-8901.
5. Consiliul Europei. Cadrul financiar multianual pentru perioada 2021-2027, adoptat la 17.12.2020. În: https://www.consilium.europa.eu/ro/press/press-releases/2020/12/17/multiannual-financial-framework-for-2021-2027-adopted/pdf [Accesat: 05.03.2023].

NOTĂ. Acest articol a fost realizat în cadrul proiectului doctoral „*Sistem suport inteligent pentru accelerarea achizițiilor matematice la elevii de gimnaziu”* al Școlii Doctorale Științe ale Naturii de la Universitatea de Stat din Moldova, sub îndrumarea conducătorului științific Prof. Univ. Dr. Ing. Căpățână Gheorghe.