PROIECTE MOOC BAZATE PE STRATEGII METACOGNITIVE DE CALCUL NUMERIC

Nicoleta Liviana Tudor

Universitatea Petrol-Gaze din Ploieşti

Departamentul Informatică, Tehnologia Informaţiei, Matematică şi Fizică

LTudor@upg-ploiesti.ro

Rezumat: În acest articol este descris un model de învăţare conectată, deschisă şi colaborativă bazată pe proiecte Massive Open Online Course (MOOC). Proiectele MOOC de calcul numeric vor fi exemplificate pentru rezolvarea numerică a ecuaţiilor algebrice şi transcendente şi vor fi dezvoltate pe platforma e-Learning http://programare.biz/moodle/login/index.php. Funcţionalitatea şi eficienţa proiectelor MOOC vor fi evidenţiate de analiza traficului şi a evenimentelor log pentru disciplina Programarea calculatoarelor, pentru care se realizează proiectele de calcul numeric.

Cuvinte cheie: proiecte MOOC, învăţare conectată, deschisă şi colaborativă, rezolvarea numerică a ecuaţiilor algebrice şi transcendente, soluţie Mathcad, metode didactice interactive, strategii metacognitive.

Abstract: This paper describes a connected, open and collaborative learning model based on Massive Open Online Courses. The numerical calculation MOOC projects will be exemplified for algebraic and transcendental equations numerical solving and will be developed on the e-Learning platform http://programare.biz/moodle/login/index.php. The functionality and efficiency of the MOOC projects will be highlighted by traffic and log events analysis for the discipline Computer Programming, for which the numerical calculation projects are developed.

Keywords: MOOC projects, connected, open and collaborative learning, algebraic and transcendental equations numerical solving, Mathcad solution, interactive teaching methods, metacognitive strategies.

1. Introducere

Progresele informaţionale din ultimii ani au impus o pregătire continuă folosind tehnici e-Learning moderne. Cercetările din ultimele decenii în domeniul învăţării asistate de calculator, au adus în prim plan Intelligent Learning Environments (ILE), o categorie de software educaţional [3], Intelligent Tutoring Systems (ITS), Cognitive Tools, Open Learner Models (OLM), Project-Based Learning (PBL) şi alte tehnici hibride ce pot fi aplicate în activitatea de predare, învăţare şi evaluare. OLM independente sunt modele de învăţare care ne oferă un mecanism de control al interacţiunii în timpul procesului educativ, precum sistemele de tutoring şi mediile de învăţare adaptivă [4].

În ultimii ani, pentru gestiunea cursurilor, s-au utilizat platforme e-Learning gratuite precum Moodle, Claroline, ATutor, LogiCampus. De asemenea, au fost dezvoltate sisteme de recomandare bazate pe tehnici data mining, care sunt utile în instruirea asistată de calculator [8].

Raportat la metodele de învăţare mai sus prezentate, această lucrare va descrie modul de dezvoltare de proiecte Massive Open Online Course (MOOC) bazate pe strategii metacognitive specifice rezolvării ecuaţiilor algebrice şi transcendente.

Fenomenul MOOC este relativ nou în domeniul instruirii la distanţă, fiind implementat iniţial în S.U.A. şi generalizându-se şi câştigând adepţi din mediul universitar. Un MOOC este un curs online care poate fi urmat de un număr nelimitat de persoane înscrise online, prin sistemul de învăţare conectată cu conturi şi parole. Faţă de cursurile tradiţionale, MOOC-urile mai oferă şi facilităţi de mesagerie, chat şi forumuri interactive unde studenţii pot comunica şi colabora online cu profesorii şi colegii.

Articolul descrie metoda de colaborare a profesorului cu studenţii în cadrul proiectelor MOOC, folosind strategii metacognitive în domeniul calculului numeric. Raportată la activitatea de învăţare, competenţa metacognitivă defineşte o măsură a ceea ce studentul ştie, a ceea ce acesta conştientizează că nu ştie, a cunoştinţelor sau percepţiilor despre modul în care învăţarea se produce şi este eficientă [7].

Structura articolului este descrisă în continuare. Secțiunea *Proiectarea învățării conectate folosind MOOC* descrie modul de învățare deschisă şi colaborativă utilizat de MOOC. Secțiunea *Elaborarea de strategii metacognitive de calcul numeric* prezintă strategiile metacognitive specifice predării şi învățării a trei metode de rezolvare a ecuațiilor algebrice şi transcendente (metodele bisecției, coardei şi a tangentei). Secțiunea *Experimentul pedagogic cu proiecte MOOC* prezintă studiul experimental şi analiza eficienței MOOC. Secțiunea *Concluzii* prezintă pe scurt principalele contribuții ale studiului.

2. Proiectarea învățării colaborative folosind MOOC

Învățarea într-un mediu colaborativ de tip MOOC presupune învățarea în grup, folosind resursele educaționale online, rezolvarea temelor şi participarea la discuții pe forum, chat sau mesaje. Cercetări empirice confirmă ipoteza conform căreia rezolvarea sarcinilor problemelor într-un grup de lucru solicită activarea unor procese cognitive superioare care se produc cu dificultate în învățarea de tip individual [6]. Pentru a putea aborda într-o manieră performantă stabilirea sarcinilor de învățare deschise şi colaborative, studenții vor fi susținuți printr-un eşafodaj de tip metacognitiv [2].

Abilitățile de gestiune a propriei activități educaționale se pot forma prin intermediul strategiilor metacognitive, care includ: a) strategii de planificare a învățării şi cercetării; b) strategii de monitorizare şi autoreglaj şi c) strategii de evaluare [10]. Vom alege şi implementa o modalitate de eşafodaj metacognitiv potrivită unui mod deschis şi colaborativ de învățare bazată pe proiecte MOOC de calcul numeric.

2.1 Colaborarea în MOOC

Modelul MOOC întăreşte teoria socială a participării active, în grup, la procesul de învățare, prin comunicare, colaborare şi adaptabilitate. Colaborarea în echipă are efecte psihologice benefice deoarece îi determină pe studenți să aibă un rol activ în activitatea de predare, învățare şi evaluare, să aprecieze munca şi efortul celorlalți colegi, le sporeşte încrederea în sine şi capacitatea de adaptare.

Colaborarea şi comunicarea dintre profesor şi studenți se vor concentra pe elaborarea de strategii metacognitive de rezolvare numerică a ecuațiilor algebrice şi transcendente. Lucrul în echipă la proiecte de calcul numeric îi poate determina pe studenți să învețe să coopereze, să experimenteze şi să prelucreze informațiile, să stabilească conexiuni între programarea numerică şi probleme reale.

Strategiile metacognitive pot fi dezvoltate prin comunicarea dintre profesori şi studenți. Se va detalia modul de elaborare de strategii metacognitive de calcul numeric şi se vor parcurge etapele specifice elaborării proiectelor MOOC de calcul numeric (planificare, implementare şi evaluare).

3. Elaborarea de strategii metacognitive de calcul numeric

3.1. Etapa de planificare

Strategiile de planificare a învățării metodelor numerice de rezolvare a ecuațiilor algebrice şi transcendente includ câteva obiective: (a) definirea unei ecuații algebrice şi transcendente; (b) prezentarea metodei bisecției (a înjumătățirii intervalului); (c) prezentarea metodei coardei; (d) prezentarea metodei tangentei; (e) distribuirea sarcinilor pentru fiecare echipă, de realizare a algoritmilor, a programelor şi a testelor experimentale (folosind mediul MathCad).

(a) Definirea unei ecuații algebrice şi transcendente: O ecuație de forma $f(x)=0$, unde $f: D \to R,\ D \subseteq R$ se numeşte algebrică dacă funcția f este un polinom sau poate fi adusă la formă polinomială prin transformări algebrice elementare (adunare, înmulțire, ridicare la putere etc.). O ecuație transcendentă este o ecuație care nu poate fi redusă la o ecuație algebrică. De exemplu, $x^3 - 5x + 2 = 0$ reprezintă o ecuație algebrică de grad 3, iar $\ln(x+1) = 2x - 3$ este o ecuație transcendentă.

(b) Prezentarea metodei bisecției (a înjumătățirii intervalului): Fie ecuația

$$f(x) = 0 \tag{1}$$

unde $f:[a,b] \to R$ este continuă pe $[a,b]$. Presupunem că în urma unui proces de separare a rădăcinilor, ecuația (1) are cel mult o rădăcină $\xi \in [a,b]$. Înjumătățim intervalul $[a,b]$ în mod repetat, căutând soluția într-un subinterval, la capetele căruia funcția are valori de semne opuse. În Figura 1 este ilustrată ideea metodei înjumătățirii intervalului, considerând că $[a,b] \overset{notatie}{=} [a_0, b_0]$.

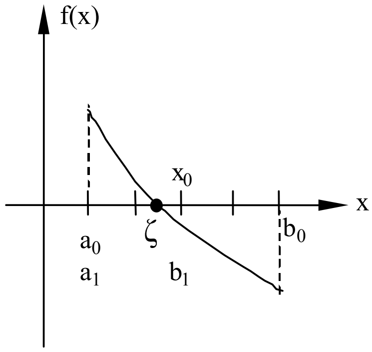

Figura 1. Metoda bisecției

După i iterații (înjumătățiri), se alege subintervalul $[a_i, b_i]$ astfel încât $f(a_i)f(b_i) < 0$. Jumătatea intervalului $[a_i, b_i]$ se notează $x_i = \dfrac{a_i + b_i}{2}$, $i = 0,1,...$, iar lungimea intervalului $[a_i, b_i]$ este $b_i - a_i = \dfrac{b_0 - a_0}{2^i}$. După un anumit număr de pași, se obține fie o rădăcină exactă $\xi = x_i$ astfel încât $f(x_i) = 0$, fie un alt subinterval $[a_{i+1}, b_{i+1}]$.

Procesul iterativ se încheie, considerând rădăcina aproximativă $\xi = x_i$, când este îndeplinită una dintre condițiile:

$$|f(x_i)| \le \varepsilon \text{ sau } |b_i - a_i| \le \varepsilon \text{, unde } \varepsilon > 0 \text{ dat} \tag{2}$$

Din relația (2) se deduce un criteriu util de oprire a procesului iterativ folosind eroarea relativă [1]:

$$\left| \frac{b_i - a_i}{x_i} \right| \le \varepsilon \text{, dacă } x_i \ne 0 \tag{3}$$

(c) Prezentarea metodei coardei (a poziției false): Considerăm ecuația $f(x) = 0$ pentru care am separat în intervalul $[a_0, b_0]$ o singură soluție. Din punct de vedere grafic, rezolvarea ecuației prin această metodă poate fi ilustrată în Figura 2. Ideea metodei coardei constă în înlocuirea graficului funcției f cu coarda care unește punctele $(a_i, f(a_i))$ și $(b_i, f(b_i))$:

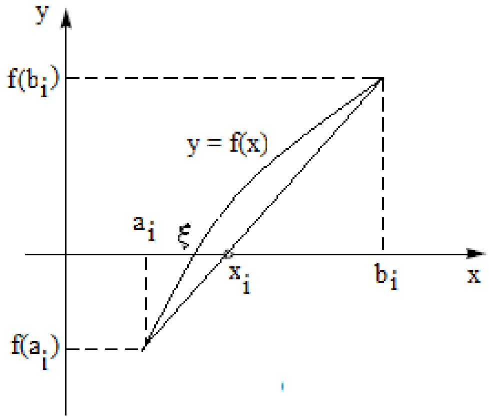

Figura 2. Metoda coardei

Din ecuația dreptei care trece prin punctele $(a_i, f(a_i))$ şi $(b_i, f(b_i))$ se obține punctul de intersecție al secantei cu axa OX (punctul x_i):

$$\frac{x_i - a_i}{b_i - a_i} = \frac{-f(a_i)}{f(b_i) - f(a_i)} \Rightarrow x_i = \frac{a_i f(b_i) - b_i f(a_i)}{f(b_i) - f(a_i)} \quad (4)$$

După un anumit număr de paşi se obține fie o rădăcină exactă $\xi = x_i$ astfel încât $f(x_i) = 0$, fie o secvență de intervale $[a_0, b_0]$, $[a_1, b_1]$, . . . , $[a_i, b_i]$ astfel încât se îndeplineşte condiția $f(a_{i+1}) f(b_{i+1}) < 0$, unde:

$$a_{i+1} = a_i, b_{i+1} = x_i, \text{ dacă } f(a_i) f(x_i) < 0 \quad (5)$$

$$a_{i+1} = x_i, b_{i+1} = b_i, \text{ dacă } f(x_i) f(b_i) < 0$$

Procedeul iterativ de obținere a punctelor x_i, $i = 0,1,...$ se opreşte atunci când eroarea de aproximare îndeplineşte una dintre condițiile:

$$| f(x_i) | \le \varepsilon \text{ sau } | b_i - a_i | \le \varepsilon, \quad (6)$$

unde $\varepsilon > 0$ dat

(d) Prezentarea metodei tangentei (Newton): Considerăm că ecuația $f(x) = 0$ conține în intervalul $[a, b]$ o singură soluție $\xi \in [a, b]$ (Figura 3). Presupunem că funcția f este de clasă C^1 pe $[a, b]$ şi că derivatele f' şi f'' păstrează semn constant pe acest interval (funcția f este strict monotonă şi nu are puncte de inflexiune).

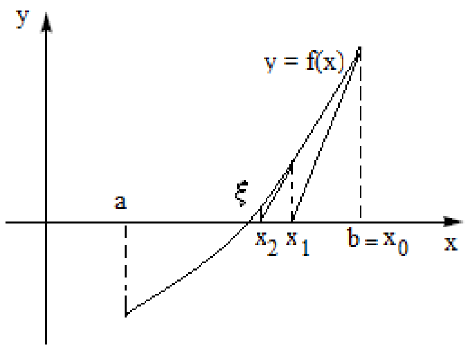

Figura 3. Metoda tangentei

Metoda tangentei aproximează soluția exactă ξ cu valorile $x_i, i = 1,2,....$, obținută prin intersecția tangentelor la curba $f(x) = 0$ în punctele $(x_i, f(x_i)), i = 0,1,...$ cu axa absciselor. Cea mai bună aproximație inițială x_0 se consideră unul dintre capetele intervalului $[a,b]$, pentru care este îndeplinită condiția care asigură că intersecția tangentei graficului funcției f cu axa Ox se află în interiorul intervalului [9] :

$$f(x_0)f''(x_0) > 0 \tag{7}$$

Pentru obținerea formulei de recurență a lui Newton, se exprimă ecuația tangentei la graficul funcției f în punctul $(x_i, f(x_i)), i = 0,1,...$:

$$y - f(x_i) = f'(x_i)(x - x_i) \tag{8}$$

Formula iterativă a lui Newton se obține determinând punctul x_{i+1} de intersecție a tangentei cu axa Ox (pentru $y = 0$):

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}, \quad i = 0,1,2,.... \tag{9}$$

Convergența șirului $(x_i), i = 1,2,....$ către soluția ξ este asigurată de teorema de convergență a şirului de iterare în cazul aproximațiilor succesive. Considerând funcția de iterare a lui Newton [1]:

$$\varphi(x) = x - \frac{f(x)}{f'(x)}, \tag{10}$$

teorema furnizează o condiție suficientă de convergență a șirului de iterare $x_{i+1} = \varphi(x_i),\ i = 0,1,2,...$ către soluția $\xi \in [a,b]$, indiferent de valoarea inițială x_0:

$$|\varphi'(x)| < 1 \text{ , pentru } \forall x \in [a,b] \text{ .} \tag{11}$$

Propagarea erorii de aproximare în metoda Newton: dacă notăm Er_{abs} eroarea absolută corespunzătoare a două aproximații succesive şi folosim formula iterativă a lui Newton, obținem:

$$Er_{abs} = |x_{i+i} - x_i| = \left|\frac{f(x_i)}{f'(x_i)}\right|, i = 0,1,... \tag{12}$$

Procesul iterativ se oprește când este îndeplinită una dintre relațiile:

$$Er_{abs} \le \varepsilon \text{ , unde } \varepsilon > 0 \text{ dat} \tag{13}$$

sau $i \ge i_{\max}$, unde $i_{\max}$ dat

Metoda lui Newton are o viteză mare de convergență. Se poate demonstra că rata convergenței pentru metoda tangentei este pătratică [5]. Aplicând formula lui Taylor, apoi relația (9), rezultă că există α între x_{i-1} şi x_i astfel încât:

$$f(x_i) = f(x_{i-1}) + \frac{x_i - x_{i-1}}{1!} f'(x_{i-1}) + \frac{(x_i - x_{i-1})^2}{2!} f''(\alpha) \Rightarrow f(x_i) = \frac{(x_i - x_{i-1})^2}{2!} f''(\alpha) \tag{14}$$

$$\Rightarrow Er_{abs} = \left|\frac{f(x_i)}{f'(x_i)}\right| \le \frac{(x_i - x_{i-1})^2}{2m^{(1)}} f''(\alpha) \le \frac{M}{2m}(x_i - x_{i-1})^2, \forall i \ge 0 \tag{15}$$

unde $m = \inf\limits_{x\in[a,b]]} |f'(x)|$ şi $m = \sup\limits_{x\in[a,b]]} |f''(x)|$.

3.2. Etapa de implementare

Strategiile de implementare, monitorizare şi autoreglaj privitoare la proiecte MOOC de calcul numeric pot avea câteva direcţii: elaborarea algoritmilor de rezolvare numerică a ecuaţiilor prin metodele bisecţiei, coardei şi tangentei, participarea la discuţii privind stabilirea unui set de ecuaţii reprezentative pentru tipurile de ecuaţii algebrice şi transcendente, utilizarea mediului Mathcad pentru implementarea algoritmilor şi simularea funcţionării acestora pentru o mulţime de date de testare.

Algoritmul de aproximare a soluţiei unei ecuaţii folosind metoda bisecţiei se poate exprima în pseudocod astfel:

```
procedure Bisecţie (a, b, epsilon)
repeat
        x = (a+b)/2
        if  f(a)*f(x)<0 then b = x
                          else a=x
        endif
        eroare1 = abs(f(x))
        if x <>0 then eroare2 = abs((b-a)/x)
                   else eroare2 = abs(b-a)
        endif
until eroare1<= epsilon or eroare2<= epsilon
write('soluţia aproximativă = ',x)
return
end
```

Algoritmul pseudocod de aproximare a soluţiei unei ecuaţii folosind metoda coardei se exprimă:

```
procedure Coarda (a, b, epsilon)
repeat
        fb = f(b); fa = f(a)
        x  = a*fb – b*fa
        if fb <> fa then x  =x/(fb – fa)
        endif
        fx = f(x)
        if  fa*fx < 0 then b = x
                      else a=x
        endif
        eroare1 = abs(fx)
        if x <>0 then eroare2 = abs((b-a)/x)
                   else eroare2 = abs(b-a)
        endif
until eroare1<= epsilon or eroare2<= epsilon
write('soluţia aproximativă = ',x)
return
end
```

Complexitatea algoritmilor folosiţi în metodele bisecţiei şi coardei poate fi determinată în funcţie de numărul minim de iteraţii $Nr\_\min$ şi de precizia ε folosită pentru eroare: $|b_i - a_i| \le \varepsilon \Rightarrow$

$$Nr\_\min = \left[\log_2 \frac{|b_0 - a_0|}{\varepsilon} \right] + 1 \tag{16}$$

Algoritmul pseudocod pentru metoda Newton se exprimă:

```
procedure Newton (a, b, epsilon, imax)
if f(a)*f''(a)>0 then  x =a {aproximatia initiala}
      else x =b
endif
i = 0
repeat
        fx = f(x); f1x = f'(x)
        if f1x <> 0 then
                          x  = x - fx / f1x
                         eroare =abs(fx/f1x)
                     else
                       eroare =abs(fx)
        endif
        if x <>0 then eroare = eroare/x { eroare relativa}
        endif
        i = i + 1
until eroare<= epsilon or i>= imax
write('soluția aproximativă = ',x)
return
end
```

3.3 Etapa de evaluare

Strategiile de evaluare a stadiului învățării metodelor numerice de rezolvare a ecuațiilor sunt bazate pe verificarea testelor experimentale realizate în mediul Mathcad şi prezentarea rezultatelor sub formă de tabele şi grafice. Se efectuează o analiză comparativă a aproximărilor obținute şi a valorilor erorilor pentru fiecare metodă propusă.

Studiul de caz foloseşte ecuația transcendentă $x - e^{-x} = 0$. O soluție aproximativă determinată folosind metoda grafică în Mathcad este punctul de intersecție al graficului funcției f cu axa Ox : $\xi \in [0.5, 0.6]$ (Figura 4). Se verifică dacă toate metodele numerice de rezolvare a ecuației $x - e^{-x} = 0$ furnizează o soluție aproximativă în intervalul $[0.5, 0.6]$.

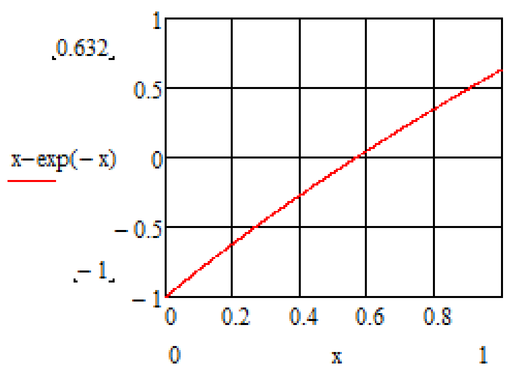

Figura 4. Soluția grafică a ecuației $x - e^{-x} = 0$ în Mathcad

Rezultatele execuției programelor Mathcad pentru cele trei metode numerice de rezolvare a ecuației $x - e^{-x} = 0$ sunt analizate din punct de vedere al erorii admise şi al valorilor aproximative ale soluției ecuației în intervalul $[0,1]$ (Tabelul 1).

Se observă că soluția ecuației este aproximată la valoarea 0.567, cu o eroare $\varepsilon \in [0.001, 0.01]$. Cea mai rapidă aproximare a soluției se obține pentru metoda tangentei (pentru o valoare relativ mică $\varepsilon = 0.01$ şi numărul de iteraţii = 2), comparativ cu celelalte metode studiate.

Tabelul 1		
Metoda de rezolvare	Soluţie aproximativă (cu eroarea ε)	Execuţia programului în Mathcad pentru $[0,1]$ şi eroarea ε
Bisecţie	0.563 (ε=0.01)	$\text{bisectie}(0,1,0.01) = 0.563$
	0.567 (ε=0.001)	$\text{bisectie}(0,1,0.001) = 0.567$
	0.567 (ε=0.0001)	$\text{bisectie}(0,1,0.0001) = 0.567$
Coarda	0.572 (ε=0.01)	$\text{coarda}(0,1,0.01) = 0.572$
	0.568 (ε=0.001)	$\text{coarda}(0,1,0.001) = 0.568$
	0.567 (ε=0.0001)	$\text{coarda}(0,1,0.0001) = 0.567$
Newton	0.567 (ε=0.01)	$\text{tangenta}(0,1,0.01,2) = 0.567$
	0.567 (ε=0.001)	$\text{tangenta}(0,1,0.001,2) = 0.567$
	0.567 (ε=0.0001)	$\text{tangenta}(0,1,0.0001,2) = 0.567$

4. Experimentul pedagogic cu proiecte MOOC

În cadrul experimentului pedagogic, se vor dezvolta proiecte MOOC de calcul numeric, apoi se va analiza gradul de participare, contorizând activitatea online a studenţilor înscrişi la cursul de Programarea calculatoarelor, pentru care s-au realizat proiectele (Figura 5). Modelul MOOC este implementat pe platforma e-Learning http://programare.biz/moodle/login/index.php, care găzduieşte cursuri online din domeniile Informatică, Automatică şi Electronică. Platforma e-Learning oferă studenţilor şi profesorilor un laborator virtual pentru învăţare conectată, realizat software în Moodle.

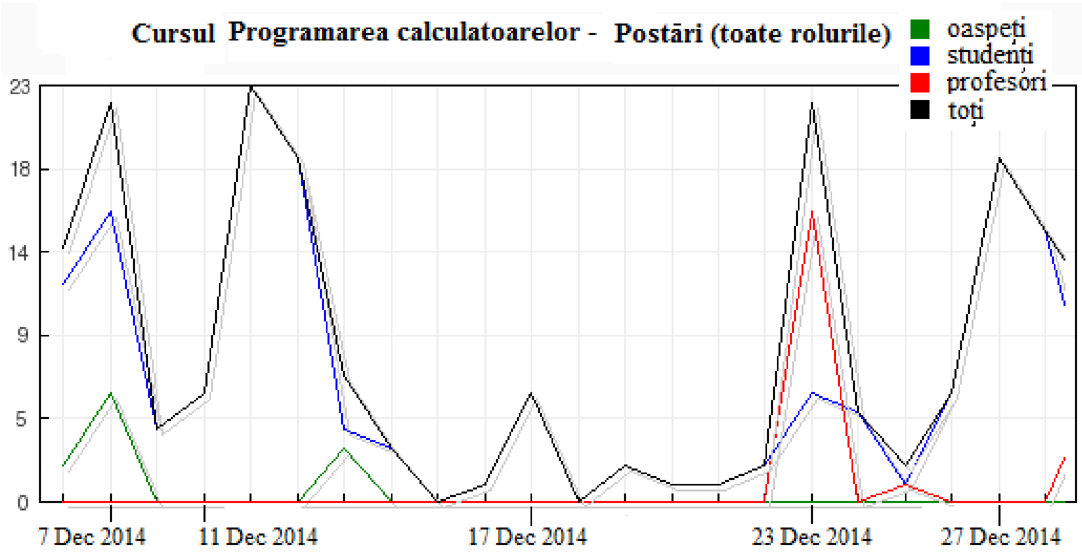

Figura 5. Analiza activităţii online (postări, vizualizări şi participări)

Funcţionalitatea şi eficienţa proiectelor MOOC de calcul numeric sunt demonstrate de o analiză sumară a traficului şi a evenimentelor log pentru cursul online care constituie obiectul experimentului. Statisticile din ultimele 3 săptămâni includ postările şi activităţile pentru toţi utilizatorii platformei: profesori, studenţi, oaspeţi şi alte categorii. Tabelul 2 prezintă statisticile de accesare online a cursului, inclusiv numărul de studenți care au participat la proiectele MOOC asociate cursului.

Statisticile de participare la proiectele MOOC de calcul numeric relevă procentul de activitate a studenților înscrişi la cursul online (68% reprezintă raportul dintre numărul de conturi activate şi numărul de studenți înscrişi) şi gradul de participare la proiectele MOOC (83% reprezintă raportul dintre numărul de participări la teme şi numărul de conturi activate).

Tabelul 2

Număr total studenți înscrişi la cursul online Programarea calculatoarelor	Numărul de conturi activate	Numărul de postări ale temelor rezolvate
98 (secția LIPGZ)	80	76
51 (secția LGRPZ)	22	9
149 (Total înscrişi)	102 (Total activări)	85 (Total participări)

5. Concluzii

Articolul prezintă un model de învățare conectată, deschisă şi colaborativă bazat pe proiecte MOOC de calcul numeric. Proiectele MOOC permit instruirea şi evaluarea online bazată pe strategii metacognitive de rezolvare numerică a ecuațiilor algebrice şi transcendente prin metodele bisecției, coardei şi tangentei. Eficiența proiectelor MOOC este demonstrată de statisticile generate pe platforma e-Learning, care evidențiază un procent relativ mare (83%) de participare online a studenților la instruire şi evaluare.

BIBLIOGRAFIE

1. **BEU, TITUS:** Calcul numeric în Turbo Pascal, Editura Micro-Informatica, Cluj-Napoca, 1992, 203 p.
2. **BISWAS, G.; KINNEBREW, J. S.; MACK, D. L.C.:** How do students' learning behaviors evolve in Scaffolded Open-Ended Learning Environments?, Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, ICCE 2013, November 18-22, 2013, Indonesia.
3. **BRUSILOVSKY, P.:** Student model centered architecture for intelligent learning environments. In Proc. of Fourth international conference on User Modeling, 15-19 August, Hyannis, MA, USA. User Modeling Inc, 1994, 2004, pp. 31-36.
4. **BULL, S.; GARDNER, P.; DIMITROVA, R. V.:** Highlighting Learning Across a Degree with an Independent Open Learner Model, Artificial Intelligence in Education, IOS Press, Amsterdam, 275-282, V.Dimitrova, R. Mizoguchi, B. du Boulay & A. Graesser (eds), 2009.
5. **BUNECI, MĂDĂLINA ROXANA:** Metode Numerice - aspecte teoretice şi practice, Editura Academica Brâncuşi, Târgu-Jiu, 2009, 284 p.
6. **HURME TARJA-RIITTA:** Metacognition In Group Problem Solving - A Quest For Socially Shared Metacognition, Juvenes Print Tampere, University of Oulu, Finland, 2010.
7. **MANASIA, L.; PARVAN, A.:** Dezvoltarea competenței metacognitive în mediile colaborativ-virtuale de învățare, CNIV România, http://www.c3.cniv.ro/, 2013.
8. **NAHID GHASSABZADEH SARYAZDI; HAMED, M.; AHMAD, A. K.:** Learner Clustering and Association Rule Mining for Content Recommendation in Self-Regulated

Learning, International Journal of Computer Science Research and Application, Vol. 2, nr.1, 2012, pp. 69-78.

9. **ODĂGESCU, T. I.:** Metode numerice şi subrutine, Editura tehnică, Bucureşti, Vol. 4 , 2009, 1980, pp 63-85.

10. **WHITEBREAD, D.; COLTMAN, P.; PASTERNAK, D. B.; SANGSTER, C.; GRAU, V.; BINGHAM, S.; ALMEQDAD, Q.; DEMETRIOU, D.:** The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. Metacognition and Learning, 4, 2009, pp. 63-85.