

# Software pentru accesul persoanelor cu dizabilități la domeniul științific

**Ion Smeureanu**

Academia de Studii Economice

Calea Dorobanților, nr. 15-17, București,  
Romania

smeurean@ase.ro

**Narcisa Isăilă**

Academia de Studii Economice

Calea Dorobanților, nr. 15-17, București,  
Romania

isaila\_narcisa@yahoo.com

## ABSTRACT

Pentru persoanele cu deficiențe de vedere, și în special pentru nevăzătorii, accesul la conținutul științific ridică probleme de accesibilitate atât la citirea documentelor web, care conțin elementele specifice matematicii sub formă de imagini, cu sau fără text alternativ, cât și la citirea din fișiere care conțin expresii matematice. Utilitatea unor aplicații de sintetizare a limbajului artificial pornind de la un text (expresiile matematice fiind convertite în forma textuală cu ajutorul unor editoare) scris în limba română este de necontestat, în condițiile în care au crescut preocupările pentru crearea de facilități menite să contribuie la o integrare cât mai bună în societate a persoanelor cu dizabilități.

Scopul lucrării este de a prezenta rezultatul unor cercetări în domeniul educațional, respectiv accesul la domeniul științific integrând facilitățile de prezentare audio a informațiilor.

## Cuvinte cheie

Accesibilitate, matematică, sinteză vocală

## Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

## INTRODUCERE

Publicarea și distribuirea de lucrări științifice și articole, precum și sit-urile web e-learning, sunt o modalitate pentru a răspândi cunoștințe, a promova educația și stimula cercetarea și dezvoltarea. Limbajul ales pentru aceste comunicări este adesea limbajul matematic, deoarece este universal și lipsit de ambiguitate. Problema care apare însă, este legată de accesibilitatea resurselor matematice de înaltă calitate pentru fiecare individ, în ciuda locației, diferențelor culturale sau capacității de învățare. Accesul persoanelor cu dizabilități la materialele științifice se referă la textele științifice care includ tabele, ecuații, scheme sau imagini.

## INSTRUMENTE PENTRU ACCESIBILIZAREA MATEMATICII

În literatura de specialitate sunt prezentate o serie de instrumente care îmbunătățesc accesul la matematică pentru persoanele cu deficiențe de vedere, cu avantajele și dezavantajele folosirii acestora, printre care:

- **Sistemul LAMBDA**, care are drept scop facilitarea citirii, scrierii și procesării expresiilor matematice prin intermediul Braille și generarea vorbirii,

se bazează pe un set de reguli pentru a descrie în mod uniform expresiile matematice Braille într-o formă liniară.

Dezavantajul pe care îl prezintă se referă la faptul că nu dispune de o interfață ușor de folosit de către utilizatori pentru a extinde codul matematic Braille [7].

- **MathML**, format standard internațional pentru scrierea matematicii pe Web, permite descrierea notației și captarea atât a structurii cât și a conținutului expresiilor matematice [11]. Deși permite trecerea peste considerentele de accesibilitate și este în măsură să creeze conținut matematic universal, în cazul persoanelor cu dizabilități, software-ul Jaws, nu este capabil să citească tag-urile MathML în mod corespunzător, citind numai conținutul nu și structura, iar acest lucru i-a determinat pe dezvoltatorii de soft să creeze instrumente care pot rezolva această problemă. Aplicațiile software care pot lucra cu cititoarele de ecran precum Jaws sau Window-Eyes, sunt **MathPlayer** de la DesignScience și **MathSpeak** de la LiveMath, care analizează tag-urile MathML astfel încât să poată fi citite într-un mod structurat (și uneori personalizat) de către un cititor orb [2].

- **MathPlayer**, instrument care permite explorarea expresiilor matematice în paginile web, oferă și posibilitatea afișării în mod dinamic a unei expresii matematice în funcție de fontul său și setul de culoare și aplică reguli de ieșire pentru a genera vorbirea [2]. Astfel, cititorii cu deficiențe de vedere au posibilitatea de a seta un font mare și contrast ridicat de culoare. Tipurile de navigare pe care le acceptă MathPlayer sunt: cele bazate pe text, care permit deplasarea liniară prin reprezentarea textuală a expresiei și navigarea prin structura arborescentă a expresiei matematice. Pentru persoanele cu deficiențe de vedere, MathPlayer reprezintă o cale importantă de acces la resursele științifice digitale. MathPlayer prezintă unele dezavantaje în ceea ce privește internaționalizarea vorbirii și ieșirea Braille. Este disponibil numai în limba engleză și nu există un convertor MathML în Braille, care să permită lucrul cu MathPlayer.

- **Math Genie** facilitează înțelegerea formulelor matematice utilizând ieșirea vocală (generarea vorbirii). Proiectul vizează îmbunătățirea modului în care sinteza vocală citește formulele matematice. Pentru a spori gradul de utilizare, MathGenie folosește o tehnică de vorbire (numită „table-driven”) astfel că înainte ca orice componentă să fie rostită, este mai întâi găsită în tabelul pentru limba națională, iar pronunția corectă este trimisă la sintetizatorul vocal [2]. Redarea grafică a componentelor

ecuației, pe care o oferă MathGenie, are ca scop îmbunătățirea accesibilității pentru persoanele cu dizabilități vizuale (oferă posibilitatea măririi ecuației ce va fi prezentată) și dislexie (prin furnizarea de contrast de culoare). Redarea vizuală este realizată prin mapare (cartografiere) MathML la Scalable Vector Graphics (SVG). Accesibilitatea este amplificată de conexiunea la un dicționar on-line, de termeni matematici, accesibil printr-o simplă combinație de taste în timpul navigării prin expresia matematică.

- **AsTeR** (Audio System for Technical Readings), dezvoltat de Raman [6], este un sistem care permite conversia documentelor electronice, editate în LaTeX, pentru a produce documente audio. Stilul de redare prevăzut pentru conținutul matematic este construit pe principiul minimizării, prin utilizarea indicilor temporari, precum și modificări ale intonației și inflexiunii de voce. Acest proces este realizat prin substituția variabilei și se aplică automat în cazul în care complexitatea subexpresiilor este suficient de mare. AsTeR oferă capabilități active de navigare. Conținutul matematic poate fi navigat ca o structură arborescentă, cu capacitatea de a trece peste ramurile arborelui (cu rădăcina comună), precum și noduri de marcare și revenirea la nodurile marcate. Deoarece conținutul matematic este îmbogățit de atribute vizuale, navigarea include comenzi specifice pentru accesarea acestor atribute.

- Proiectul **AudioMath** [4] reprezintă un instrument care oferă prezentarea fonetică a conținutului matematic, codificat în MathML. Bazat pe regulile de transformare a MathML la text precum și pe utilizarea semnelor prozodice pentru a oferi pauzele și modulațiile necesare în reducerea ambiguității, **AudioMath** poate fi conectat la un motor text-to-speech (TTS) oferind redarea vorbirii expresiilor matematice codificate MathML, specifice W3C (World Wide Web Consortium). **AudioMath** reprezintă o variantă de creștere a accesibilității, nu numai a sit-urilor web e-learning, care folosesc MathML, dar și a sit-urilor în general. Acest instrument de accesibilitate poate aduce mari beneficii pentru persoanele cu dizabilități vizuale.

- **MathTalk** [3], instrument care folosește vocea pentru a facilita învățarea matematicii. Acesta utilizează software sofisticat de redare vocală, pentru a recunoaște expresiile matematice vorbite de către un utilizator orb. Expresiile matematice pot fi înregistrate în LaTeX și apoi convertite la codul Nemeth.

- **Proiectul INFTY** [12] are ca scop principal îmbunătățirea accesibilității conținutului matematic existent în forma tipărită. Sistemul este compus din diferite instrumente, care interacționează prin schimbul de conținut în format XML. Componentele sale sunt: InftyReader, care utilizează tehnologia avansată Optical Character Recognition (OCR) pentru a recunoaște structura formulelor matematice din textul tipărit; InftyEditor, instrument pentru culegerea de documente științifice; convertoarele Infty, pentru formate de ieșire diferite, cum ar fi LaTeX, MathML, alfabetul Braille; ChattyInfty, ca și componentă avansată pentru prezentarea audio.

- **UMCL (Universal Maths Conversion Library)**, încorporează convertoare diferite pentru coduri Braille, într-o bibliotecă unică, ușor de utilizat prin intermediul unui API unic. Biblioteca permite dezvoltatorilor de aplicații matematice să folosească variate coduri Braille și poate fi utilizată împreună cu instrumente de transcriere (de la integrarea notațiilor la Braille și invers). Se face astfel conversia unui document de la o notație națională Braille la o alta posibilă, crescând, de fapt, numărul de documente disponibile și permițând persoanelor cu dizabilități vizuale, din țări diferite, să schimbe documente. Pentru a face acest lucru posibil, fără a crește complexitatea, trebuie să fie adoptată o arhitectură bazată pe reprezentarea centrală a formulei [2]. Pe de altă parte, este necesară dezvoltarea unor interpretoare pentru a genera această reprezentare centrală din diferite formate de intrare. MathML a fost ales ca limbaj central. Elementul comun, al diferitelor proiecte dezvoltate, este acceptarea MathML indiferent dacă acestea sunt sau nu bazate pe MathML[1].

Deși eforturi s-au făcut și se fac pentru a realiza instrumente de accesibilizare a matematicii, din punct de vedere al utilității lor pentru utilizatorii români, persoane cu dizabilități vizuale, există următoarele **inconveniente**:

- instrumentele existente la ora actuală nu sunt disponibile pentru limba română;
- modul de citire este diferit în alte limbi comparativ cu limba română
- se constată inexistența unor componente integrabile în aplicații practice sau ca servicii integrate în software.

#### PROBLEMATICA CITIRII ECUAȚIILOR

Citirea în domeniul matematicii este diferită de citirea unui simplu text, în primul rând pentru faptul că expresiile matematice sunt scrise în format bidimensional. Pe de altă parte, pentru o persoană nevăzătoare înțelegerea unei formule matematice necesită o scanare repetată și saltul peste unele porțiuni secundare din formulă. Pe plan mondial există puține studii în acest sens, însă dintre acestea, semnificative sunt:

- cercetarea făcută de către **Arthur Karshmer** privind înțelegerea matematicii atunci când pentru transmiterea conținutului specific matematicii se folosesc canalele de comunicație audio și tactil [5];
- teza de doctorat a lui **Steven**, privind prozodia în matematică [10];
- teza de doctorat a lui **Raman**, privind redarea audio din format LaTeX [6];
- proiectul **MathSpeak**, privind codul Nemet [2];
- proiectul **AudioMath**, care studiază prozodia matematică și construiește o bază de date pentru regulile de vorbire [4].

**Elementele specifice matematicii** sunt:

- **Simbolurile** matematice utilizate în construirea și redarea verbală a expresiilor matematice, care au și **denumiri specifice limbii române** (*Tabloul 1*).

Tabelul 1. Exemple de simboluri matematice

Semnul grafic	Echivalent în LaTeX	Pronunția în limba română
$\pm$	<code>\pm</code>	plus minus
$\Sigma$	<code>\sum</code>	sumă
$\sqrt{\quad}$	<code>\sqrt{\quad}</code>	radical
$\neq$	<code>\neq</code>	diferit (nu este egal cu)
$\leq$	<code>\leq</code>	mai mic sau egal cu
$\nabla$	<code>\nabla</code>	gradient
$\infty$	<code>\infty</code>	infini
$\int$	<code>\int</code>	integrală
$\exists$	<code>\exists</code>	există
$\forall$	<code>\forall</code>	oricare ar fi
$\in$	<code>\in</code>	aparține
$\approx$	<code>\approx</code>	aproximativ (egal)
$/$	<code>\frac</code>	linie de fracție

- **Funcțiile matematice** (Tabelul 2), care au nume prescurtat:

Tabelul 2. Exemple de funcții matematice

Semnul grafic	Echivalentul în LaTeX	Pronunția în limba română
<code>cos</code>	<code>\cos</code>	cosinus
<code>sin</code>	<code>\sin</code>	sinus
<code>ln</code>	<code>\ln</code>	logaritm natural
$\sum_{i=1}^n$	<code>\sum\limits_{i=1}^n</code>	sumă după i egal cu 1 la n
<code>lim</code>	<code>\lim</code>	limită
<code>log</code>	<code>\log</code>	logaritm
<code>exp</code>	<code>\exp</code>	exponențială
<code>mod</code>	<code>\mod</code>	modulo
$x^2$	<code>\{x\}^{\{2\}}</code>	funcția putere

- **Numărul de paranteze**, care controlează ordinea de evaluare a expresiei
- **Constantele** (numere), care necesită funcții pentru citirea numerelor.

Problemelor care apar în citirea ecuațiilor se rezolvă prin prozodie, de exemplu, ridicarea vocii când urmează mai multe compuneri succesive de funcții, sau pauze (întârzieri), pentru a sugera sfârșitul unei subexpresii matematice. Informația matematică are ca formă grafică diverse formate, ceea ce necesită **software specializat** pentru achiziția informației, stocarea și regăsirea ei.

Realizarea unei aplicații care permite **citirea expresiilor matematice în limba română** pentru persoanele cu dizabilități vizuale, pornește de la ideea că:

- o expresiile matematice pot fi *editate* folosind LaTeX, MathML și apoi convertite în alte formate specifice;
- o se stabilesc *regulile de conversie* de la conținutul MathML (sau LaTeX) la reprezentarea vocală în limba română;
- o se creează *dicționarul* care conține vocabularul matematic și termenii suplimentari, care ajută pentru a descrie formulele;
- o se dezvoltă *algoritmul*, care creează structurile interne ale expresiilor matematice (care se bazează pe analiza conținutului MathML); aceste structuri sunt necesare pentru navigarea interactivă de voce și se referă la reprezentarea ierarhică a formulilor matematice, subformulelor și operatorilor;
- o *redarea sonoră* a expresiilor matematice în limba română se face prin sinteză vocală, folosind sintetizatoare de limba română.

**Forma ecuațională** se exprimă uzual în format grafic, datorită *bidimensionalității* și *simbolicității speciale*; în acest scop au fost dezvoltate editoare de ecuații (Word Equation, MathType, etc). Formatul grafic nu este eficient din punct de vedere al stocării, necesitând volum mare de memorie și timp de trasare; ca urmare editoarele de ecuații performante folosesc o **alternativă textuală** a ecuațiilor (de exemplu LaTeX, MathML) obținută pe baza unor *convenții de redare a spațialității și simbolicității matematice*. În cadrul aplicației se lucrează cu ambele categorii de formate, grafic și textual și se realizează citirea expresiilor pornind de la oricare dintre formatele amintite (Figura 1).

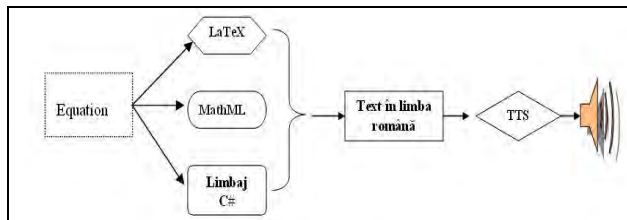


Figura 1. Schema citirii expresiilor matematice

O componentă gen *Equation* permite manipularea simbolurilor grafice și în același timp compune forma textuală echivalentă pe baza convențiilor de limbaj din LaTeX. În continuare forma textuală din LaTeX este „tradusă” într-un text în limba română incluzând pronunția simbolurilor, în limba română, și luând în considerare ordinea citirii acestora în expresii compuse. Textul în limba română este „decorat” și cu semne de punctuație prin care se controlează prozodia la momentul citirii textului. Textul astfel obținut reprezintă intrarea pentru sintetizatorul de voce.

#### DISPONIBILIZAREA SUB FORMĂ DE COMPONENTE

Abordarea este bazată pe **componente**, presupunându-se că o componentă „editor de ecuații” permite *construirea imaginii ecuaționale*, oferind în subsidiar *descrierea textuală* într-un limbaj similar LaTeX și o altă componentă *construiește textul aferent pronunției în limba română* și îl transmite sintetizatorului vocal (Figura 2).

Obiectele pentru învățarea matematicii sunt disponibilizate sub formă de componente. Utilizarea tehnologiei componentelor permite definirea, gestionarea și interconectarea de obiecte specifice domeniului matematic în care se realizează instruirea [8].

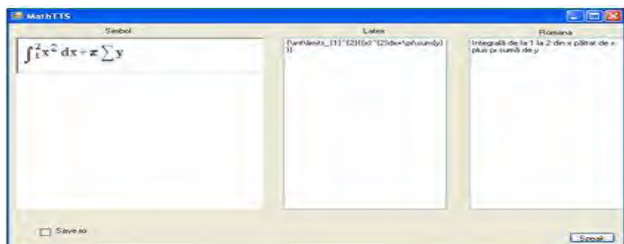


Figura 2. Componenta MathTTS

Aceste componente sunt gândite (din punct de vedere al granularității și compozabilității) pentru a fi cuplate într-un mediu interconectat de componente și dețin astfel, proprietăți de legare a componentelor, în general prin referințe [9]. Proprietățile pot fi accesate pentru a realiza interconectarea prin operația “drag and drop” sau chiar în momentul execuției prin clic dreapta de mouse, din meniul contextual. Un exemplu în acest sens poate fi componenta “Function” care este “trasă” (se aplică operația “drag and drop”) peste componenta MathTTS (Figura 2) având loc astfel preluarea expresiei analitice a funcției și trimiterea acesteia în sintetizator (Figura 3).

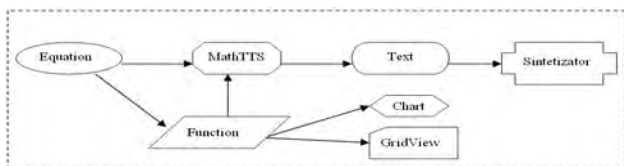


Figura 3. Interconectarea componentelor

### INTEROPERABILITATEA PRIN SERVICII WEB

Obiectele educaționale, ca și componente educaționale, sunt stocate și accesate independent, iar prin reasamblare crează noi cursuri sau secvențe de învățare individuală.

Scopul serviciilor Web este de a oferi componente care să poată comunica între ele indiferent de limbajul în care au fost scrise și indiferent de sistemul de operare. Pentru **accesul la articole științifice existente pe web**, poate fi folosit un **control web**, care joacă rol de browser, interceptând interacțiunea utilizator și interpretând-o audio cu posibilitatea citirii: doar a unui text selectat, a tuturor textelor prezente în pagină, a legăturilor interne sau externe paginii web, a textelor înscrise pe controalele prezente în pagină și doar la momentul trecerii cu mouse-ul pe deasupra lor (*MouseEnter*, *MouseLeave*) sau a unor descrieri ale imaginilor și tabelelor pe baza titlurilor asociate, respectiv a denumirilor coloanelor din tabele. Platformele de e-learning au nevoie de furnizarea **software-ului de redare audio a conținutului educațional** sub formă de **servicii**. Acest lucru permite scrierea rapidă de aplicații distribuite care rulează pe diverse calculatoare și integrează componente TTS (Text To Speech).

### CONCLUZII

Deoarece pe o platformă de e-learning obiectele de învățare sunt privite ca servicii Web, pot fi folosite ca și componente de sine stătătoare sau pot fi integrate în alte servicii, ceea ce promovează *reutilizarea lor*, serviciile Web fiind utile în implementarea interoperabilității sistemelor de e-learning. Dezvoltarea ideilor prezentate urmărește integrarea componentelor deja create, într-o platformă de e-learning beneficiind de posibilitatea accesării lor ca servicii și de capacitatea de cuplare a acestora. Acest demers deschide calea spre inovare din punct de vedere al construirii conținutului didactic (prin crearea și combinarea componentelor pentru obținerea obiectelor necesare învățării matematicii) dar și spre cercetare, în vederea creșterii accesibilității la conținutul științific pentru persoanele cu dizabilități vizuale.

### REFERINȚE

1. Archambault, D.,V. Mogco- *Canonical MathML to simplify conversion of mathml to braille mathematical notations*, Proc.of 10<sup>th</sup> International Conference on Computers Helping People with Special Needs, pp. 1191–1198, 2006.
2. Archambault D., et.al. - *Access to Scientific Content by Visually Impaired People*, Information Technologies for Visually Impaired People, UPGRADE Vol. VIII, No. 2, pp.29-42, 2007.
3. Bernareggi, C. and Brigatti, V.- *Writing Mathematics by Speech: A Case Study for Visually Impaired*, Proceedings of ICCHP 2008, pp. 879-882, 2008.
4. Ferreira, H. and D. Freitas- *Enhancing the Accessibility of Mathematics for Blind People: the AudioMath Project*, International Conference on Computers Helping People (ICCHP), pp. 678-685, 2004.
5. Karshmer and D. Gillan- *How well can we read equations to blind mathamatics students: some answers from psychology*, Universal Access in HCI - Inclusive Design in the Information Society, volume 4, pp. 1290-1294, Mahwah, New Jersey, USA, 2003.
6. Raman T.V.- *Audio System For Technical Readings*. PhD Dissertation 1994. Cornell University
7. Schweikhardt, W., C. Bernareggi, et al.- *LAMBDA: a European system to access mathematics with Braille and audio synthesis*, International Conference on Computer Helping People, pp. 1223-1230, 2006.
8. Ion Smeureanu, Adriana Reveiu, Marian Dârdală- *Educational Technologies Based on Software Components*, Informatica Economică nr.3 (39), 2006.
9. Ion Smeureanu, Marian Dârdală, Adriana Reveiu- *Component Based Framework for Authoring and Multimedia Training in Mathematics*, World Academy of Science, Engineering and Technology, 39, pp.230-234, 2008.
10. Stevens, R., *Principles for the Design of Auditory Interfaces to Present Complex Information to Blind People*, PhD Thesis, 1996.
- 11.\*\*\* MathML, <http://www.w3.org/Math/>.
- 12.\*\*\* Proiectul Infity: <http://infity.math.kyushu-u.ac.jp>.