

МАТЕМАТИЧНА НОТАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОГО WEB-СПІЛКУВАННЯ

Д.А. Гірник

м. Київ, Національний технічний університет України «КПІ»
den.girnyk@gmail.com

Особливістю істотної частини багатьох освітніх та наукових ресурсів, що містять математику, фізику, економічні науки тощо, є наявність специфічних природничо-наукових текстів – математичних формул. Математичні формули у віртуальному освітньому процесі можуть бути використаними більш широко, ніж просто в електронних текстах. Це можуть бути форуми, чати, інші форми обміну даними в електронному вигляді, електронні бібліотеки, спеціалізовані практикуми з природничих наук, тести тощо, а також застосування, пов'язані з електронною обробкою математичних формул [1].

Під терміном нотація (від лат. *notatio* – записування, позначення) розуміють систему умовних позначень, прийнятих в конкретній галузі знань або діяльності. Нотація містить множину символів, що використовуються для представлення понять та їх взаємовідносин, які утворюють алфавіт нотації, а також правила їх застосування.

Систематичне дотримання математичних понять є одним з основоположних концепції математичної нотації. В цій роботі термін застосовується щодо математичних формул.

1. Класична математична нотація

Історично на протязі достатньо великого періоду 18-го і 19-го століть сформувалась стандартна нотація математичних формул, що використовується сьогодні на паперових носіях у вигляді розмітки на площині букв різних алфавітів, спеціальних математичних символів та символічних виразів, які повинні мати точне семантичне значення. Значний вклад в створення математичної нотації внесли Ейлер, Джонс, Кантор, Валліс, Гаус, Лейбніц та інші математики.

Міжнародна Організація зі Стандартизації (ISO) прийняла міжнародний стандарт на Z-нотацію, що встановлює точні синтаксис і семантику для системи математичних позначень, і забезпечує основу, на якій математика в подальшому може бути формалізована [2]. Ця Z-нотація заснована на аксіоматичній теорії множин, лямбда-численні і логіці предикатів першого порядку. Вона містить також стандартизований каталог використовуваних зазвичай математичних функцій і предикатів.

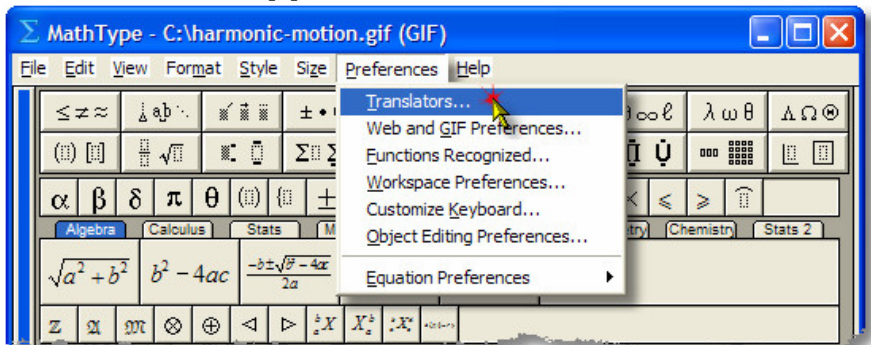
Існує також нотація Брайля для підтримки користувачів з вадами зору. Вона розвивається в спеціальних наукових проектах [3].

2. Комп'ютеризована нотація

З приходом інформаційної ери з'явилась комп'ютеризована нотація математичних об'єктів. Спочатку це був синтаксис арифметичних виразів перших мов програмування (Fortran, Algol, Basic, Pascal), спеціалізованих математичних пакетів (Maxima, Maple, MathCAD), тестових редакторів, а в подальшому були розроблені стандарти мов розмітки тексту (HTML, MathML, TeX тощо).

Характерною особливістю застосувань у програмуванні є рядкове представлення формул, що визначається послідовністю їх обробки. Нотація мов програмування зберігає семантику математичних формул, пристосована для обчислень за формулами, є інструментом всіх програмістів, але не сприймається людьми, далекими від програмування, не приймається журналами до друку тощо.

З часом з'явилися візуальні редактори для вводу математичних формул. На сьогодні вони використовуються практично у всіх Desktop-пакетах з математики [4].



Існує бачення «канонічної» нотації подання математичних та природничих електронних текстів на базі відкритих стандартів [5]. Канонічний формат представлення наукових та освітніх текстів в Інтернет, повинен відповідати наступним вимогам:

- базуватися на принципі розділення представлення і контенту (змісту) документа;
- засновуватись на розмітці текстів логічного рівня;
- використовувати для подання документів відкриті, широко визнані стандарти;
- бути зручним для автоматичної обробки, поширення та зберігання інформації;
- надавати можливість конвертування текстів, представлених у канонічному форматі, в інші розповсюджені формати представлення природничо-наукової інформації і назад;

– допускати трансляцію в різні графічні подання, як електронні, так і паперові;

– пропонувати багату «інтелектуальну» обробку документа досить легкими онлайн-овими програмними засобами.

Взагалі, коли говорять про обробку математичних формул, то мають на увазі весь ланцюжок: введення формул користувачем, зберігання формул, власне обробка формул, відображення формул в рамках єдиної технології.

3. Гіпертекстова розмітка

Для розмітки текстів журнальних статей широко використовується нотація TeX, розроблена ще Д. Кнотом [6] (тільки IEEE щорічно публікує до 500 000 сторінок технічних праць). Сьогодні видається, за різними оцінками, від 20 до 30 тисяч електронних наукових журналів. Всі найбільші західні видавництва публікують свої журнали в електронному вигляді. З'явилася значна кількість електронних журналів відкритого доступу. За даними видавництва Elsevier електронний архів Science Direct включає 2347 повнотекстових електронних журналів, які містять понад 7,8 млн. статей.

На жаль, при використанні TeX втрачається інформація про семантику математичних виразів. Проте такий формат надання текстів настільки поширився, що провідні наукові журнали світу вже не приймають ні для редагування, ні навіть для ознайомлення рукописи в інших форматах, наприклад, в форматі Microsoft Word, оскільки відображення його формул не сумісне з TeX [7].

Класичним середовищем роботи з природничонауковими текстами є мова MathML. Її поширенню сприяють ряд чинників.

По-перше, нотація MathML реалізує одну з основних тенденцій сучасних інформаційних технологій – відділення контенту від форми представлення. MathML структурує документ у добре зрозумілих автору термінах змістовного (логічного) рівня – теорема, визначення, формула, розділ тощо. Це надає широкі можливості для багаторівневого структурування даних і розширеного пошуку, забезпечуючи одночасно гнучкість стилів оформлення.

По-друге, формат MathML заснований на мові розмітки XML, що дозволяє використовувати велику кількість напрацьованих компонент і бібліотек.

По-третє, формат MathML є відкритим стандартом, що підтримуються консорціумом W3, що дуже важливо для побудови складних систем, орієнтованих на використання широкими масами користувачів.

У своїй «презентаційній» частині MathML ідеологічно дуже близький TeX-формату.

Існують конвертери для перетворення текстів з MathML в TeX (LaTeX) для друкованих видань.

По мірі того як виробники браузерів переходять до більш повну підтримку XML і пов'язаних стандартів на таблиці стилів, таких як XSL, підтримка MathML стає більш відчутною.

В технічному комітеті Unicode та відповідному органі, який контролює універсальний набір символів ISO 10646, вже розглядається проект про розміщення в кодових таблицях нових символів для математики.

4. Вітчизняна нотація математичних текстів

В 2000 році вітчизняним вченим А.І. Вовком була запропонована нотація, структура якої максимально наближена до способу відображення математичних виразів у мовах програмування, та створений редактор MathTextView (MTV) для її реалізації [8].

Такий підхід має ряд переваг:

- лаконічність нотації;
- нотація зберігає як синтаксис формул, так і її семантику;
- принципова можливість перетворення нотації в бездужковий польський запис, який ідеально підходить до машинної обробки математичних виразів;
- можливість семантичного контролю нотації;
- можливість інтерактивного уведення інформації (форуми, чати, практикуми тощо);
- швидкість освоєння, яка пояснюється знанням користувачами мов програмування Pascal, Basic, C, в яких математичні вирази записуються аналогічно.

Наведений нижче приклад наглядно демонструє зручність інтерактивного використання нотації MathTextView у порівнянні з MathML на записі простої формули для кореня квадратного рівняння [8].

Так виглядає запис формули в нотації MathTextView:

```
<ff>x=(-b+sqrt(b^2-4*a*c))/(2*a)</ff>
```

А ось так в нотації MathML :

```
<math>
<reln><eq/>
<ci>x</ci>
<apply><divide/>
<apply><minus/>
<ci>b</ci>
</apply>
<apply><sqrt/>
<apply><minus/>
<apply><power/>
```

```

<ci>b</ci><ni>2</ni>
</apply>
<apply><times/>
<ni>4</ni><ci>a</ci><ci>c</ci> (2)
</apply>
</apply>
</apply>
<apply><times/>
<ni>2</ni><ci>a</ci>
</apply>
<apply>
<apply>
</reln>
</math>

```

5. Майбутній розвиток нотації

Бачення майбутнього світової інформаційного середовища – це семантична мережа, вільна від багатьох проблем сьогодишнього Інтернету. Ключова відміна семантичної мережі від нинішньої глобального інформаційного простору полягає в тому, що комп’ютери оброблятимуть інформацію не тільки як дані, але і як знання.

Ключовим поняттям тут є поняття онтології, яка у формальному стилі описує взаємозв’язки між об’єктами і властивості об’єктів конкретної предметної галузі. W3C-консорціум сьогодні розвиває проект мови OWL (Web Ontology Language), що дозволяє стандартизувати саму мову подання знань щоб її могли скрізь однаково розуміти, як сьогодні розуміють HTML.

Семантичний Веб розробляється консорціумом W3C як перспективна машиноорієнтована технологія, яка призначена для заміни традиційних Web-технологій, що вимагають безпосередньої участі людини в більшості операцій з обробки даних[9].

6. Інтерактивне спілкування

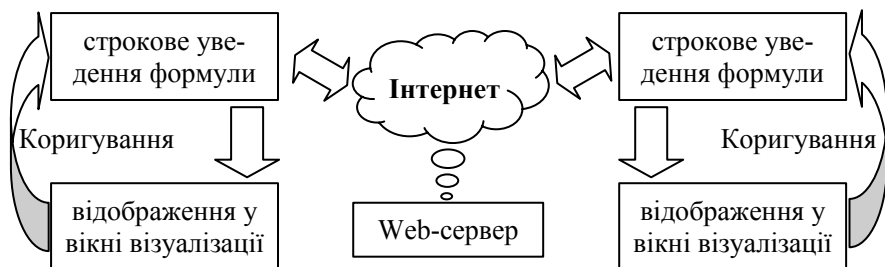
Останнім часом все більшої популярності набувають засоби динамічного інтерактивного спілкування в Інтернеті: форуми, чати, системи миттєвого обміну даними (ICQ, Skype) тощо. Ці засоби з успіхом можуть бути використані в дистанційному навчанні з природничо-наукових предметів, якщо міститимуть підтримку математичних формул.

Для інтерактивного спілкування насамперед актуальні наступні вимоги до математичної нотації:

- лаконічність;
- швидкість набору формул;

- «природність» строкового набору;
- кросплатформність;
- інтероперабельність.

В загальному вигляді інтерактивні транзакції можна представити таким чином:



За замовчуванням в сучасних браузерях реалізоване рядкове введення даних, тому і математичні формули вимушені вводити в один рядок. Але, оскільки навіть в загальноосвітніх школах вивчається як мінімум одна мова програмування (Pascal), що підтримує рядкову нотацію формул, таке обмеження не видається критичним.

Для контролю формул та комфортної роботи з ними бажано, а в багатьох випадках і необхідно, мати площинне їх зображення, наприклад, у окремому вікні візуалізації.

Важливо забезпечити динамічне коригування введення формул. Реакцію системи для цієї операції бажано витримати мінімальною.

Перетворення нотації вводу формул у класичну площинну нотацію може бути здійснене шляхом обробки на Інтернет-сервері з наступним отриманням зображення у вигляді рисунка (png, gif, jpg). Сайти таких перетворень доступні, як на комерційній основі, так і вільно [10].

Проте більшу динамічність забезпечують вбудовані засоби, плагіни до браузерів (математичні плеєри, ActiveX-додатки тощо). Математичні плеєри MathML за замовчування вбудовані в браузер Firefox та доступні для Internet Explorer.

7. Класифікація Web-засобів для інтерактивної роботи з математичними текстами

Серед можливих способів підтримки інтерактивного спілкування в Інтернеті можна визначити наступні підходи:

- відображення графічних сторінок;
- чистий HTML з використанням тегів шрифтів;
- графічні фрагменти, вбудовані в HTML сторінки;
- Java-аплети, які генерують математичні формули;
- відображення формул за допомогою plug-in розширень браузерів;
- вбудована підтримка специфікації MathML в програму перегляду.

ЗАСОБИ ВІДОБРАЖЕННЯ ФОРМУЛ В ІНТЕРНЕТІ



Найбільш серйозна проблема – це введення та коректування формул. В процесі розробки MathML стало ясно, що вимоги до синтаксису введення настільки різні, що не може бути одного методу, який задовольняє всіх користувачів. Багато хто з учасників робочої групи розробили формати введення окремо для своїх інструментів. Робоча група W3C надає технічні рекомендації для тих, хто займається подібними розробками. Синтаксис введення не є частиною основної рекомендації на MathML [9].

Тому в даний час використовуються різноманітні засоби.



Слід відзначити очевидні переваги MathTextView при інтерактивному введенні інформації. На сьогодні MathTextView підтримує більш ніж 250 математичних об'єктів. Для інтегрування переваг нотації MathTextView та формату електронних бібліотек MathML створено конвертор для обох форм (контенту і представлення) [1].

За участю автора [1; 11–13] розроблена технологія серверної обробки математично структурованої інформації в форматі MathTextView. Кінцеве графічне представлення виконано за допомогою стандартного формату DVI (DeVice Independent), що дає можливість подальшого перетворення в усі формати (PNG, PDF, TeX тощо) стандартними програмними засобами.

Таким чином, зберігається семантика математичних формул і є можливість публікації в форматах всіх видавничих систем. Підтримка семантики дозволяє проводити електронну обробку математичних виразів прямо в Інтернеті. Наприклад, на сайті MathTextView наведений калькулятор інтерактивного диференціювання [14].

8. Інтероперабельність

Учасникам Web-спілкування з природничо-наукових питань важливим є інтероперабельність використовуваних програмних засобів – здатність до взаємодії з іншими системами або компонентами для обміну інформацією та використання цієї інформації.

Нотація MathTextView сумісна з мовами програмування і дозволяє напряму обмінюватись інформацією з комп'ютерними програмами обробки формул у вихідних кодах.

Таку ж нотацію використовують практично всі пакети з символної математики, наприклад, ресурс символного інтегрування Wolfram [15]:

$$\int \text{sqrt}(1/2*\log(x)^2) \, dx$$

Compute Online With *Mathematica*

Traditional Form | Input Form | Output Form

$$\int \sqrt{\frac{\log^2(x)}{2}} \, dx =$$

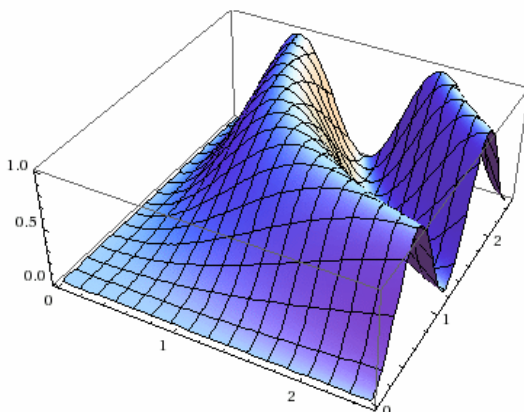
$$\frac{x(\log(x) - 1)\sqrt{\log^2(x)}}{\sqrt{2} \log(x)}$$

або Інтернет-розділ для побудови графіків функцій.

Plot3D[Sin[x y]^2 , {x, 0 , 2.5 } , {y, 0 , 2.5 }]

VISUALIZE

Results



Як Web-інструментарій для електронних природничо-наукових освітніх ресурсів редактор MathTextView надає можливість:

- створювати освітні природничо-наукові сайти з текстами, що містять математичні формули, графіки, схематичні рисунки;
- створювати математичні форуми, чати, інші форми обміну інформацією в реальному масштабі часу, спеціалізовані практикуми та консультації з природничих наук, системи тестування тощо;
- створювати електронні підручники, книги, статті;
- створювати ресурси, пов'язані з електронною обробкою математичних формул.

Література

1. Вовк А. И. Язык общения математиков в Интернете / Вовк А. И., Гирник Д. А. // *New Information Technologies in Education for all: State of the art and Prospects (ITEA-2007)*, Kiev, Ukraine, IRTC, 21-23 November 2007. – Збірник праць Другої Міжнародної конференції «Нові інформаційні технології в освіті для всіх: стан та перспективи розвитку». – К. : МННЦІТС НАН і МОН України, 2007. – С. 96–103
2. ISO/IEC 13568:2002. Інформаційні технології – офіційна специфікація Z позначень – синтаксис вводу і семантика.
3. Linear Access to Mathematic for Braille Device and Audio-synthesis [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.lambdaproject.org>
4. Design Science - How Science Communicates [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.dessci.com>
5. Манцивода А. В. Естественнаучные текстовые ресурсы [Электронный ресурс] / А. В. Манцивода // TeaCODE.com. Заметки. – Режим доступа : <http://teacode.com/concept/eor/pres2.html>
6. Knuth D. E. The TeXbook / Donald E. Knuth. – Reading, Massachusetts : Addison-Wesley, 1984.
7. Foster K. R. Math on the Internet / Kenneth R. Foster // *IEEE Spectrum*. – 1999. – 36(4). – P. 36-40.
8. Вовк А. И. Язык представления математических текстов в Интернете / Вовк А.И. и др. // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі : збірник наукових праць. – Кривий Ріг : Вид. відділ НМетАУ, 2004.
9. World Wide Web Consortium (W3C) [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.w3c.org>
10. MathTran [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.mathtran.org>
11. Гірник Д. А. Web-засоби для генерування освітніх природничо-наукових ресурсів / Гірник Д. А. // Комп'ютерне моделювання та інфор-

маційні технології в науці, економіці та освіті : збірник наукових праць. – Кривий Ріг : КНЕУ ім. В. Гетьмана, 2008. – С. 21–22.

12. Гірник Д. А. Інструментарій для створення електронних освітніх природничонаукових ресурсів / Гірник Д. А. // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. – Вип. VII. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2008. – С. 60–63.

13. Гірник Д. А. Вибір системи керування контентом для навчального сайту / Гірник Д. А. // Новітні комп'ютерні технології : матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. – Київ-Севастополь : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – С. 71–72.

14. Сайт символічної математики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://math.accent.kiev.ua>

15. Wolfram Mathematica Online Integrator Сайт [Electronic resource]. – Mode of access : <http://integrals.wolfram.com>