

МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКО ОБРАЗОВАНИЕ, 2005  
MATHEMATICS AND EDUCATION IN MATHEMATICS, 2005  
*Proceedings of the Thirty Fourth Spring Conference of  
the Union of Bulgarian Mathematicians  
Borovets, April 6–9, 2005*

SCIENTIFIC VISUALIZATION: ИНТЕРАКТИВНИ  
ГРАФИЧНИ УЕБ УСЛУГИ

Евгения Д. Попова, Мария Кр. Иванова

Представени са функционалните възможности на нова уеб услуга, наречена “Scientific Visualization”, за интерактивно генериране на графики на функции и визуализация на данни. Поддържаните графични функции са от различни области – графика на функции, зависещи от една или две променливи, линии на ниво и плътности, визуализация на двумерни и тримерни множества от данни, параметрични графики и някои специални графики. Тримерните графични изображения позволяват интерактивна ротация и промяна на размерите. Всяка страница е снабдена с набор от общи и специфични опции, които контролират изображението и дават възможност за запазване на създадената графика в избран графичен файлов формат. Накратко е изложена иновационната *webMathematica* технология използвана за създаване и поддържане на страниците за динамична графика. Scientific Visualization е безплатна уеб услуга, която функционира на адрес <http://cose.math.bas.bg/Sci-Visualization> и е предназначена за общо потребление, за дистанционно обучение и активно трениране, както и за тесни специалисти.

**1. Въведение.** Графиката е утвърден и незаменим компонент във всяка презентация, научно изследване или образователен материал. Съществува огромно разнообразие от софтуерни графични средства със специализиран или общ характер. Обаче качественият и мощен графичен софтуер обикновено е комерсиален, изисква сериозни капиталовложения, значителни изчислителни ресурси и отделяне на доста време за изучаване и използване.

Интернет и World-Wide Web позволяват лесен достъп до голямо количество и разнообразна информация и услуги, но редица уеб технологии, изключително мощни в много области, не са подходящи за математически комуникации. Интернет достъпни математически изчисления (IAMS) е специфично направление в информационните и комуникационни технологии, което обхваща лесно разпространение (предлагане, получаване, обработване) на електронни математически материали, осигуряване на широк достъп до специализирани изчисления, възможност за взаимодействие и обединяване на функционалните възможности на различни изчислителни системи, при

---

\* Настоящата работа е реализирана с подкрепата на НСНИ по договор ИО-03/2003.

**2000 Mathematics Subject Classification:** 6530, 6520

**Key words:** Web service, interactive graphics, function plot, data visualization, webMathematica technology.

осигуряване на динамичност и интерактивност в общуването [2]. Целта е достъпът до една математически ориентирана изчислителна услуга да бъде толкова прост и лесен, колкото въвеждане на команда, отваряне на уеб страница или изпращане на e-mail. Обзор на редица уеб достъпни математически системи и на използваните за реализацията им технологии е направен в [1].

*Mathematica* [6] е универсална система съчетаваща мощни изчислителни, езикови и графични средства, които могат да бъдат комбинирани за създаване на специфични графични приложения, а *webMathematica* [4, 5] е иновационен продукт, който свързва системата *Mathematica* с Web и съдейства за лесно създаване и поддържане на интерактивни математически изчисления и графика.

Един от мотивите за създаването на колекцията “Scientific Visualization” е да бъдат продължени тенденциите в разработката на интерактивни, динамични и уеб достъпни математически изчисления и графика, както и да се демонстрират възможностите за дистанционно обучение, съдържащо активни елементи. Измежду целите, ръководили създаването на сайта, е да бъде осигурен лесен, удобен и свободен отдалечен достъп до графична функционалност както с общо, така и със специализирано предназначение, само чрез използване на уеб браузър. Предлаганата услуга има предимството, че потребителят не е необходимо да закупува, инсталира или поддържа софтуер; спестява се време както за изучаване на софтуерни приложения, така и за разработка на такива. Динамичните графични страници са организирани така, че да позволяват изучаване на графичните функции на системата *Mathematica* и опциите за тяхното управление. Разработката цели също да стимулира използването на лицензионно чисти продукти вместо пиратски софтуер. Scientific Visualization съдържа голям набор от динамично създавани графики, разнообразни възможности за оформлението им, както и за интерактивни действия от страна на потребителя – свойства, които правят сайта уникален измежду други подобни.

**2. *webMathematica* технология.** Колекцията Scientific Visualization от динамични уеб страници, генериращи графично изображение по данни, въведени от потребителя, е изградена на базата на изчислителната и графична мощ на системата *Mathematica* [6] и иновационния продукт *webMathematica* [4, 5], който свързва *Mathematica* с уеб сървър и множество съвременни уеб технологии. Продуктът поддържа една сървър-базирана технология, изградена върху Java сървлети. Един сайт, основан на *webMathematica*, може да предоставя съдържание в много разнообразни формати: HTML, множество графични формати, *Mathematica* работни документи, MathML, TeX. *webMathematica* може да работи удобно с много web-client технологии чрез браузъри като HTML форми, Java аплети, JavaScript, Plug-ins, и ActiveX контроли. Продуктът е съвместим и с различни сървърни технологии като сървлети и Java Server Pages. Поддържат се още и средства за контрол над *Mathematica* сесията на сървъра, обединяването им в пулове, автоматичен рестарт, инициализация, както и други средства за поддръжка и управление.

*webMathematica* осигурява набор от средства, позволяващи *Mathematica* команди да бъдат вмъквани в HTML страници посредством конструкции, наречени матлети.

```
<%Mathlet Mathematica команди и/или webMathematica функции %>
```

Такива страници са наречени Mathematica Server Pages (MSP). Когато е направена заявка за такава страница, наречена MSP script или MSP, всички *Mathematica*

команди се обработват от една *Mathematica* сесия и резултатът се поставя в страницата на мястото на съответния матлет. Основните стъпки от MSP технологията са следните:

1. Браузърът изпраща HTTP заявка на уеб сървър. Заявката сочи към MSP скриптовете. Кодът на един MSP скрипт съдържа HTML форма. В нея са включени input елементи, съдържащи атрибути „име“ и „стойност“.
2. Уеб сървърът извършва предварителната (preprocesson) подготовка на заявката и я изпраща на MSP сървър.
3. Когато формата е предадена, MSP сървърът се свързва с *Mathematica* сесия, която зарежда MSP скрипта. Всички двойки „име“ и „стойност“ от заявката се изпращат на тази сесия. Стойността на атрибута „име“ се превръща в *Mathematica* променлива.
4. *Mathematica* сесията обработва всички матлет тагове, създава и връща резултата. *Mathematica* заменя всеки матлет с резултата от изпълнението му. Матлетите се изпълняват по реда, в който са разположени в кода.
5. MSP сървърът приема резултата и добавя всички необходими елементи, които трябва да върне на уеб сървър. След това изчиства всички временни присвоения и освобождава *Mathematica* сесията.
6. Уеб сървърът осъществява всички допълнителни (postprocessing) стъпки и връща отговора на браузера.
7. Браузърът приема HTML отговора. Той може да бъде и в някакъв друг формат като MathML, Tex или *Mathematica* notebook.

Една MSP може да съчетава статично съдържание, динамично генерирани математически резултати и/или графични обекти, и интерактивни действия от крайния потребител.

Страниците за тримерна графика позволяват създаването на динамично изображение, което се получава с помощта на Java аplet с име LiveGraphics3D [3]. LiveGraphics3D е некомерсиален Java аplet, който изобразява и позволява въртене на тримерна графика генерирана чрез *Mathematica* в HTML страници. Аpletът е вграден във *webMathematica* и се извиква директно в кода на страницата. Всеки потребител с уеб браузер, поддържащ Java 1.1 (например Communicator 4.0 или Internet Explorer 4.0 или по-нова версия), може да види и интерактивно да завърта графиката без никакъв допълнителен софтуер.

**3. Scientific Visualization – функционални възможности.** Scientific Visualization е колекция от интерактивни уеб страници за динамично генериране на 2-мерна и 3-мерна графика на функции, визуализация на данни и на специални графични обекти. Сайтът функционира на адрес:

[http://cose.math.bas.bg/Sci\\_Visualization/](http://cose.math.bas.bg/Sci_Visualization/)

и понастоящем предоставя следните функционални възможности:

- 2D Function Plots: Двумерни графики на функции на една променлива.
  - Function Plot: двумерна графика на функция на една променлива.
  - Parametric Plot: двумерна графика на параметрични криви, където  $x$  и  $y$  координатите са функции на един параметър.
  - Multiple Parametric Plot: двумерна графика на параметрични криви с възможност за изобразяване на няколко криви върху една графика.

- Filled Plot: двумерна графика на функция на една променлива с оцветяване на полетата между функцията и координатните оси.
- Multiple Filled Plot: изобразява върху една графика няколко функции на една променлива с оцветяване между функциите и оста  $x$ .
- Logarithmic Plot: логаритмични графики, изобразяващи функция на една променлива. Логаритмичното скалиране може да бъде избрано измежду: Log Plot – стойностите по  $x$  са в линейна скала, а по  $y$  – в логаритмична; Log-Linear Plot – стойностите по  $x$  са в логаритмична скала, а по  $y$  в линейна; Log-Log Plot – стойностите по  $x$  и  $y$  са в логаритмична скала.
- 3D Function Plots: Тримерни графики на функции на две променливи.
  - 3D Function Plot: тримерна графика на функция на две променливи.
  - 3D Parametric Plot: тримерна графика на параметрични повърхности. Координатите  $x$ ,  $y$  и  $z$  са функции на два параметъра.
  - 3D Multiple Parametric Plot: тримерна графика на параметрични повърхности с възможност за изобразяване на няколко повърхности в една графика.
  - 3D Vector Field: тримерна графика на векторни полета.
  - 3D Gradient Field: тримерна графика на векторни полета от градиенти.
  - Shadow 3D Function: графика на тримерна параметрична повърхност с проекции върху координатните равнини.
- Contour and Density Plots: Двумерни графики на функции на две променливи, представени чрез линии на ниво.
  - Contour Plot: линии на ниво на функция на две променливи.
  - Density Plot: графика на плътности за функция на две променливи.
  - Level Curves: графики на решения на уравнения, в които участват две променливи. Графиката може да бъде генерирана чрез два различни метода:
    1. Solve методът намира решения на уравнението във всяка точка от обхвата за  $x$ . Чертае се с по-голяма точност, създавайки гладка крива.
    2. Contour Plot методът обработва уравнението като функция в тримерното пространство и генерира кривата, режейки през равнина, в която  $z = 0$ . Този метод е по-бърз от Solve метода и управлява по-голямо множество от случаи, но графиките, които създава, са по-груби, особено в точките на самопресичане.
- 2D Data Plots: Двумерна визуализация на данни.
  - Data Plot визуализира списък от точки, зададени чрез една или две координати.
  - Data Error Plot визуализира двумерни данни чрез доверителни интервали.
  - Data Labeled Plot визуализира двумерни данни и надписва точките.
  - Data Logarithmic Plot визуализира двумерни данни в логаритмична скала. Изборът на скалирането се извършва както в страницата Function Logarithmic Plot.
- 3D Data Plots: Двумерна визуализация на тримерни данни чрез линии на ниво.
  - Density 3D Data Plot визуализира данни чрез графика на плътности.
  - Contour 3D Data Plot визуализира данни чрез линии на ниво.
- Special Plots: Специални графики.
  - Vector Field: двумерни графики на векторни полета.

- Bar Charts изобразява стойностите на данни от измервания като хистограма. Притежава голям брой специфични опции, управляващи ориентацията, надписването, градуирането и разположението на колонките. Позволява да бъдат изобразени повече от една група данни върху една графика.
- Pie Chart изобразява процентното съдържание на данни спрямо общото им количество като сектор от кръг. Притежава опции за отнемане, оцветяване, надписване и градуиране на отделните сектори.
- Zonotope Show визуализира изпъкнали тела, представляващи обединение на линейни сегменти.

**Структура на страниците.** Сайтът е предназначен да генерира графики на основата на данни, въведени от потребителя. Всяка страница генерира определен вид графика и е оформена в три части. В началото на страницата се въвеждат задължителните параметри за изчертаване на графиката. Обикновено те са функция на една или две променливи или списък от координати на точки (например, получени преди това резултати от измервания). За правилното им въвеждане съществува връзка към Help-страница, съдържаща основни синтактични правила. Предимство на създадения интерфейс е, че позволява въвеждане на неограничено количество данни.

Втората част от всяка страница съдържа генерираното графично изображение и бутони, даващи възможност за запазване на графиката във файл върху компютъра на потребителя. Scientific Visualization предоставя възможност за запис в 12 от най-често използваните графични формати със съответно 13 файлови разширения: GIF и анимиран GIF с разширение .gif; JPEG с разширения .jpeg и .jpg; Encapsulated PostScript с разширение .eps; *Mathematica* abbreviated PostScript с разширение .mps; Adobe Acrobat portable document формат – .pdf; Microsoft bitmap формат – .bmp; Encapsulated PostScript с device independent preview и разширение .epsi; Encapsulated PostScript с TIFF preview и разширение .eps; *Mathematica* independent raster graphics формат – .mgf; Portable bitmap формат с разширение .pbm; TIFF с разширения .tif и .tiff; X window system bitmap с разширение .xbm.

Третата част от всяка страница съдържа незадължителни параметри. Предоставя се избор измежду няколко автоматично зададени стойности, съответстващи на стойностите в системата *Mathematica*, както и възможност потребителят да въвежда собствени стойности. Опциите са класифицирани като общи – характерни за всички графики от даден клас, и специфични – характерни за конкретния вид графика. Общите опции включват: област за изчертаване (Plot Range); опции за избор и оформление на координатните оси и мрежа (Axes, Axes Origin, Axes Labels, Ticks); опции за оформление на рамката (Frame, Frame Labels); опции за надписване, размер и пропорции на графиката (Plot Label, Image Size, Aspect Ratio) и др. Специфичните опции са характерни за конкретния вид графика и включват възможности за оформление на контурите при графики, изобразяващи линии на ниво, оформление на точките при визуализация на данни и др.

Тримерните графики могат да бъдат изобразявани по два начина – статично и динамично. Динамичното изображение позволява множество интерактивни действия от страна на потребителя като ротация на графиката (с чиято помощ графиката може да бъде разгледана от всички посоки), промяна на размерите ѝ и др. С

посочване на мишката върху графичното изображение започва начало на анимация изобразяваща въртене на графиката около някаква ос, а с излизането от района на изображението анимацията прекъсва. Оста на въртене обикновено е в равнината на двумерното изображение и перпендикулярна на виртуалната линия, която потребителят е направил, когато е преместил мишката (започвайки от точката, от която е посочил графиката). Ъгълът на въртене се определя от тази линия. Страниците за примерни графики съдържат връзка към страница с упътване за управление на динамичното изображение. Недостатък при динамичното тримерно изображение е, че не всички опции могат да бъдат изобразени. Това са опциите: Plot Range, Axes Label, Plot Label, Face Grids и Aspect Ratio. Поради тази причина страниците за тримерна графика позволяват и статично изобразяване. Опциите Image Size – за промяна на размера и View Point – за позицията, от която ще бъде изобразена графиката, заместват действието на динамичното изображение. Ако графиката бъде запазена на потребителския компютър, файловото изображение ще има всички атрибути на статичното представяне.

**4. Заключение.** Представена е уеб услугата Scientific Visualization, чието предназначение е да генерира графични изображения по данни, въведени от потребителя. С помощта на този сайт могат динамично да се създават графики на функции и да се изобразяват данни от измервания, както и да се осъществява дистанционно обучение в тази област. Възможността за въвеждане на собствени данни и манипулиране с опционните параметри издига на качествено ново ниво процеса на обучение, наречено активно обучение или обучение чрез експериментиране и откривателство. С течение на времето сайтът ще продължи да се разраства. Бъдещите му подобрения ще включват още повече двумерни и тримерни графики на функции и визуализации на данни с общо предназначение, както и повече улеснения за изобразяването на специфичните графики. Статични демонстрационни страници ще илюстрират как да се използват по-ефективно различните налични опции. Ще бъдат предоставени възможности за запазване върху сървъра на големи потребителски файлове с данни. Scientific Visualization е проектиран да бъде лесен за употреба, разбираем, ефикасен и разширяем веднага, когато нови материали станат достъпни. За да се ползват предимствата му, не се изискват никакви предварителни познания в системата *Mathematica*, а услугите, които предлага, са напълно безплатни.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] L. BECCERRA, O. SIRISAENGTAKSIN, B. WALLER. On Categories of Interactive Computational Web Tools. ATCM 2000 Proceedings, Thailand, 2000.
- [2] IAMC: Internet Accessible Mathematical Computations, home page (1999–2004). <http://icm.mcs.kent.edu/research/iamc/>
- [3] M. KRAUS. LiveGraphics3D: a Java applet which can display Mathematica graphics. <http://wwwvis.informatik.uni-stuttgart.de/~kraus/LiveGraphics3D/>
- [4] T. WICKHAM-JONES. webMathematica: A User Guide, Ver. 1.0, Aug. 2001, Wolfram Research.
- [5] Wolfram Res.Inc.: webMathematica, the way the web calculates, June 2002. <http://www.wolfram.com/products/webmathematica/>
- [6] S. WOLFRAM. The *Mathematica* Book, 4th ed., Wolfram Media/Cambridge U. Press, 1999.

Institute of Mathematics and Informatics  
Bulgarian Academy of Sciences  
Acad. G. Bonchev Str., Bl. 8  
1113 Sofia, Bulgaria  
e-mail: epopova@bio.bas.bg

## **SCIENTIFIC VISUALIZATION: A SERVICE FOR INTERACTIVE GRAPHICS GENERATION**

**E. D. Popova, M. K. Ivanova**

The paper presents the functionality and the underlying methodology of a new launched web service, called "Scientific Visualization", for interactive generation of functional plots and visualization of datas. The supported graphics functions are from different areas: two- and three-dimensional plots, contour and density plots, plots of 2D and 3D data sets, parametric plots and some special plots. The three-dimensional graphic images allow interactive rotation and resizing. Every page is equipped with a number of general and specific options that controls the image, and possesses an opportunity for saving the generated plot in a specified graphic file format. Scientific Visualization is a free web service, operating at [http://cose.math.bas.bg/Sci\\_Visualization](http://cose.math.bas.bg/Sci_Visualization), intended for general users, for distance education and active training, as well as for technical professionals.