

Zpravodaj Československého sdružení uživatelů TeXu

Roman Plch

Interaktivní 3D grafika v PDF dokumentech

Zpravodaj Československého sdružení uživatelů TeXu, Vol. 23 (2013), No. 1, 31–43

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/150077>

Terms of use:

© Československé sdružení uživatelů TeXu, 2013

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

Príspevek navazuje na článok [8] a všimá si zejména změn, které v problematice vkládání interaktivní 3D grafiky do PDF dokumentů nastaly od doby jeho publikování. Balíček `movie15` byl nahrazen balíčkem `media9`, který začleňování 3D grafiky do PDF dokumentů významným způsobem zjednodušuje. Druhá část příspěvku popisuje současné možnosti tvorby matematických 3D objektů a jejich konverzi do formátů PRC a U3D a zaměřuje se zejména na využití open source produktů.

Klíčová slova

interaktivní 3D grafika, U3D, PRC, PDF, pdfL^AT_EX

Úvod

Formát PDF (Portable Document Format) od firmy Adobe se během uplynulých let stal de facto standardem pro výměnu dokumentů nezávislou na platformě. Tento formát zajišťuje, že libovolný dokument bude na všech zařízeních zobrazen stejně. Jednou z „nových“ vlastností tohoto formátu je možnost začleňování 3D objektů (od verze PDF-1.6).

Začleněním podpory 3D do formátu PDF získává tento formát nový rozměr. Již není nutné se při zobrazování 3D dat omezovat pouze na dvojrozměrné exporty a projekce. Nyní je možné do PDF začlenit skutečně interaktivní 3D materiál. Interaktivita 3D objektů v PDF spočívá v možnosti rotace, posunu, zvětšení, změny osvětlení, změny projekce, rozložení 3D objektu a zobrazení průřezů. S pomocí JavaScriptu jsou možné i animace. Můžeme takto šířit 3D modely s jistotou, že si příjemce tento objekt prohlédne, aniž by vlastnil aplikaci, ve které byl model vytvořen.

Vkládání 3D objektů do PDF dokumentu jsme se poprvé věnovali ve Zpravodaji v roce 2008 ([8]), tento článek téma dále rozšiřuje a shrnuje vývoj, který od té doby proběhl.

Interaktivní grafika v PDF dokumentu

V současné době je možné do PDF dokumentů vkládat 3D objekty ve dvou formátech – U3D a PRC.

Universal 3D (U3D) je otevřený souborový formát sloužící pro ukládání a přenos 3D dat. Byl navržen konsorciem 3DIF (3D Industry Forum), v srpnu 2005 byl standardizován společností Ecma a slouží jako univerzální standard reprezentace 3D dat všeho druhu, umožňující přenositelnost mezi různými platformami. Specifikaci lze nalézt na [3], v současné době již ve čtvrté edici (z června 2007).

Na formát U3D bylo kladeno několik zásadních požadavků. Aby byl použitelný opravdu univerzálně, musí být jeho vnitřní datová reprezentace dostatečně jednoduchá, neobsahuje tedy žádné složité geometrické struktury, základním prvkem všech objektů je nejjednodušší objekt – trojúhelník. Dále se v tomto formátu nevyskytují spliny nebo spline povrchy, žádná pole vektorů atd. U3D umožňuje také kompresi, která znatelně snižuje objem dat 3D scény oproti formátům používaným v CAD systémech. Kompresní poměr může být až 1 : 30. Tento formát začala podporovat i firma Adobe, a to od specifikace PDF-1.6 (Adobe Acrobat 7.0 a Adobe Reader 7.0).

Přes svou otevřenost se formát U3D příliš nerozšířil, proto Adobe umožnilo vkládání 3D objektů i ve formátu PRC (Adobe Acrobat 8.1(3D) a Adobe Reader 8.1). Formát PRC (Product Representation Compact, [1]) je ISO standardem pro ukládání informací o 3D objektu (struktura, geometrie, materiál, . . .). PRC poskytuje především vysoké kompresní poměry (až stokrát menší objem oproti původnímu CAD souboru) a schopnost zachování detailů použitelných dále v CAD, CAM a CAE aplikacích. Rovněž garantuje vysokou rychlost načítání i zpracování modelů v prostředí Adobe Readeru.

Vložení grafického objektu ve formátu U3D (PRC) do PDF dokumentu

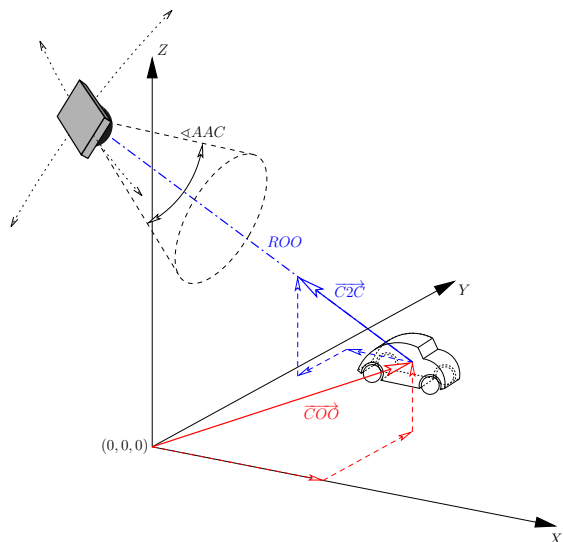
3D grafický objekt vložíme do PDF dokumentu buď pomocí komerčního produktu Adobe Acrobat v kombinaci s pluginem 3D PDF Converter (dříve 3D Reviewer) od společnosti tetra4D (<http://www.tetra4d.com>), nebo použijeme sázecí systém \TeX a balíček `media9` ([6]). Dále se věnujeme pouze „nekomerční“ cestě, tj. využití \TeX u a balíčku `media9`. Pro přímý výstup do PDF dokumentu použijeme `pdf \TeX` (požadována verze nejméně 1.30). Pro korektní zobrazení výsledného dokumentu musíme použít Adobe Reader verze 9 (a vyšší) a v nastavení Adobe Readeru zvolit oboustranné zobrazení grafického objektu (Preferences – 3D & Multimedia – Enable double-sided rendering).

Balíček načteme ve zdrojovém souboru příkazem

```
\usepackage{media9}
```

a vlastní začlenění interaktivní grafiky provedeme příkazem `\includemedia`, jehož syntaxe je:

```
\includemedia[volby]{text}{soubor.u3d}.
```

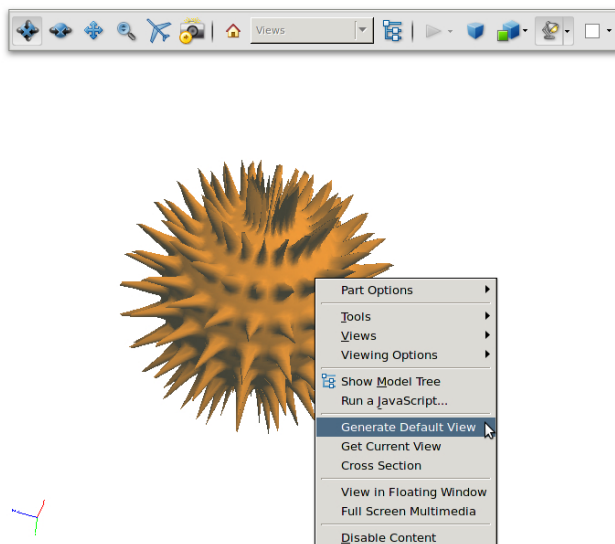


Obrázek 1: Umístění objektu na scéně, převzato z [6]

Podrobný popis všech voleb pro začleňování 3D grafických objektů najdeme v manuálu k balíčku `media9` ([6]). Zmíníme jen některé z nich:

- Volbou `3Dlights=<lighting scheme>` nastavíme osvětlení objektu, například `3Dlights=Day` nastaví denní barvy. Implicitně se používá osvětlení specifikované v 3D modelu.
- Volba `3Dbg=<r> <g> ` definuje barvu pozadí. Hodnoty je možné zadávat jako čísla v pohyblivé desetinné čárce v rozsahu od 0 do 1.
- Volbou `3Drender=<render mode>` určíme zobrazovací mód, například zobrazení drátěného modelu nastavíme pomocí `3Drender=Wireframe`.
- Volbou `3Dmenu` přidáme do menu ovládacího panelu položky „Generate Default View“, „Get Current View“ a „Cross Section“.
- Volba `activate=onclick | pageopen | pagevisible` definuje způsob aktivace objektu (médiu). Pokud objekt není aktivní, zobrazuje se obsah nastavený parametrem `text`.
- Volbou `3Dtoolbar` zobrazujeme ovládací panel (umístěním kurzoru myši na obrázek).

Za nejdůležitější volby považujeme ty, kterými ovlivňujeme umístění objektu na scéně, případně různé pohledy na objekt. Budeme se jim proto věnovat podrobněji.



Obrázek 2: Umístění objektu na scéně – nastavení parametrů

Optimální umístění objektu na scéně

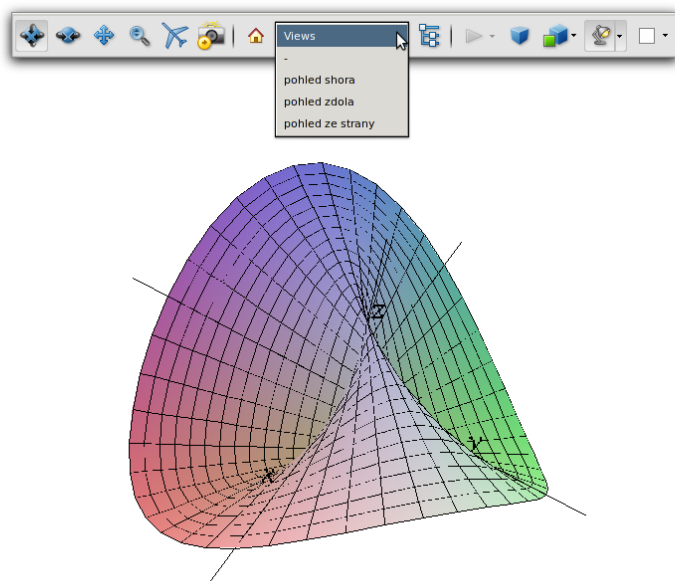
Umístění objektu na scéně (obr. 1) je specifikováno pomocí vektoru \overline{CO} směřujícího z počátku soustavy souřadnic do středu objektu (volba 3Dcoo), pomocí vektoru $\overline{C'2C}$ směřujícího ze středu objektu do virtuální kamery (volba 3Dc2c) a pomocí vzdálenosti ROO virtuální kamery od objektu (volba 3Droo). Kromě toho lze volbou 3Daac nastavit průzorový úhel (aperture angel) kamery a volbou 3Droll otočení kamery o daný úhel kolem optické osy.

Pokud nejsou tyto parametry nastaveny, je virtuální kamera umístěna na pozici $(0, 0, 0)$ a dále $3Droo=0$, $3Dcoo=0 \ 0 \ 0$, $3Dc2c=0 \ -1 \ 0$, $3Daac=30$, $3Droll=0$.

Vzhledem k tomu, že výpočet optimálního nastavení těchto parametrů je poměrně obtížný, je výhodné použití volby 3Dmenu:

```
\includemedia[
  width=0.6\linewidth, height=0.6\linewidth,
  activate=pageopen,
  3Dmenu
]{\{jezura1.u3d}
```

Grafický objekt nastavíme do námi požadované polohy a zvolíme vhodnou velikost (např. pomocí menu „Part Options“ – „Fit Visible“, které aktivuje



Obrázek 3: 3DToolbar a ukázka použití pojmenovaných pohledů

jeme kliknutím pravým tlačítkem myši na objekt). Poté pomocí položky menu „Generate Default View“ (obr. 2) otevřeme okénko, kde jsou uvedeny aktuální hodnoty parametrů pro umístění objektu. Získané hodnoty zkopírujeme do zdrojového textu a znovu přeložíme.

Zobrazení různých pohledů na scénu

V Adobe Readeru nastavíme objekt do námi požadované polohy, pomocí položek „Part Options“ a „Viewing Options“ 3D kontextového menu nastavíme viditelnost částí objektu, barvu pozadí atd. a nakonec pomocí volby menu „Get Current View“ odečteme parametry a tyto uložíme do externího textového souboru <views file> (v příkladu níže je to soubor `pohledy.vws`). Každému pohledu přiřadíme nějaký název.

Pomocí volby `3Dviews=<views file>` příkazu `\includemovie` specifikujeme tento externí soubor s přednastavenými pohledy. Ve výsledném PDF dokumentu se tyto pojmenované pohledy zobrazí v Toolbaru (obr. 3) a je možno z nich vybírat.

```

\includemedia[
  label=obr2,
  width=0.6\linewidth,height=0.6\linewidth,
  activate=pageopen, 3Dmenu,
  3Dcoo=0.42 0.43 0.18, 3Droo=6,
  3Dc2c=0.5 0.3 0.8, 3Droll=116,3Dviews=pohledy.vws,
  3Dlights=Headlamp
]{zprav.prc}

```

Obsah souboru pohledy.vws:

```

VIEW=pohled shora
COO=-0.000000007450580597 0 0.000000014901161194
C2C=0.05584815889596939 0.9959907531738281 0.0698816552758216
ROO=6.000000130885302
ROLL=136.75371971291514
BGCOLOR=1. 1. 1.
LIGHTS=Headlamp
RENDERMODE=Solid
END

```

```

VIEW=pohled zdola
COO=0.00000004703483582 -0.000000238418579102 -0.000000014901
C2C=0.10392342507839203 -0.9910069704055786 -0.084291554987430
ROO=6.000000120371679
ROLL=-112.8719769403439
BGCOLOR=1. 1. 1.
LIGHTS=Headlamp
RENDERMODE=Solid
END

```

Odkazy na předdefinované pohledy vytváříme pomocí příkazu `\mediabutton` s volbou `3Dgotoview` (od `media9` verze 0.22).

Podívejte se na danou funkci z různých pohledů --

```

\mediabutton[
  3Dgotoview=obr2:0
]{\textcolor{red}{shora}},
\mediabutton[
  3Dgotoview=obr2:1
]{\textcolor{red}{zdola}}
a~\mediabutton[
  3Dgotoview=obr2:2
]{\textcolor{red}{ze strany}}.

```

kde obr2 je odkaz na značku vytvořenou příkazem `\includemedia` a 0 (resp. 1, 2) je číslo pojmenovaného pohledu.

3D objekty v PDF dokumentech lze ovládat i pomocí JavaScriptu. Skript se specifikuje volbou `add3Djscript=<JavaScript file>` a spustí se aktivováním 3D objektu v dokumentu. Při práci s Adobe Readerem na linuxových systémech je třeba nastavit systémovou proměnnou `export LC_NUMERIC="C"`, jinak se vložený JavaScript neprovede. Více o použití JavaScriptu v PDF dokumentech v [2].

Vytváření a konverze 3D objektů

K vytváření „matematických“ 3D objektů je možno využívat velké množství specializovaných či obecných matematických programů. Některým z nich se věnujeme podrobněji dále. Získaný 3D objekt je následně nutno převést do formátu PRC (U3D). Pro konverzi můžeme použít řadu komerčních a volně šířených programů: Komerční produkty:

- Deep Exploration http://www.righthemisphere.com/products/dexp/de_std.html
- 3D PDF Converter (dříve 3DReviewer, součást Acrobatu 3D) <http://www.tetra4d.com/3dpdf>
- PDF3D ReportGen (k dispozici i linuxová verze) <http://www.pdf3d.com/products.php>
- Okino Universal-3D Geometry Export Converter http://www.okino.com/conv/exp_u3d.htm

„Nekomerční“ produkty:

- Meshlab <http://meshlab.sourceforge.net/>
- Jreality <http://www3.math.tu-berlin.de/jreality/>
- IDTFConverter <http://sourceforge.net/projects/u3d/>

Ukažme si nyní na konkrétních příkladech možnosti (a úskalí) tvorby a konverze matematických 3D objektů.

Maxima

Maxima je svobodný, komplexní systém počítačové algebry (<http://maxima.sourceforge.net/>).

Graf funkce dvou proměnných vytvoříme příkazem `draw3d` z balíčku `draw`. Po nastavení terminálu pro vykreslování grafiky na VTK (<http://riotorto.users.sourceforge.net/vtk/index.html>, místo implicitního `gnuplot`) můžeme 3D grafiku uložit ve formátu VRML¹.

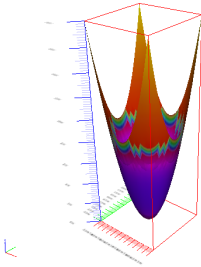
¹Virtual Reality Modeling Language, založený na deklarativním programovacím jazyce, navržený především pro popis trojrozměrných scén, více např. na <http://cs.wikipedia.org/wiki/VRML>


```

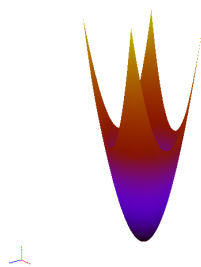
load(draw);
draw_renderer : 'vtk $
draw3d(
  axis_3d =true,
  file_name = "ukazka",
  terminal= vrmf,
  enhanced3d = true,
  explicit(sin(x^2+y^2)/5, x, -2, 2, y, -2, 2) )$

```

Na obrázcích 4 a 5 vidíme rozdíly v konverzi 3D objektu ve formátu VRML získaného v Maximě, při použití komerčního PDF3D ReportGen a nekomerčního Meshlabu. Oba programy nastavují stejné měřítko na osách, Meshlab ale umožňuje konverzi (zobrazení) os.



Obrázek 4: Graf vytvořený v Maximě, konverze do PRC pomocí PDF3DReportGen



Obrázek 5: Graf vytvořený v Maximě, konverze do U3D pomocí Meshlabu

Sage

Sage (<http://www.sagemath.org>) je dalším ze svobodných systémů počítačové algebry. Zajímavostí je využití prostředí internetového prohlížeče pro grafické uživatelské rozhraní.

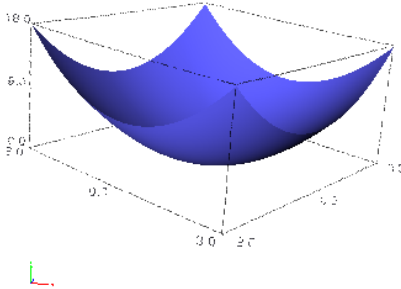
Graf funkce dvou proměnných vytvoříme pomocí následujících příkazů
`var('x y'); plot3d(y^2-x^2, (x, -2, 2), (y, -1, 1))`

Získaný graf uložíme ve formátu JMOL (Toggle Advanced Controls – Download this view). Následně tento soubor otevřeme v programu Jmol (<http://jmol.sourceforge.net/>) a exportujeme do formátu IDTF². Exportovaný soubor poté převeďeme do U3D pomocí programu IDTFconverter příkazem

²Intermediate Data Text Format, http://wiki.jmol.org/index.php/File_formats/3D_Objects

```
IDTFconverter -input soubor.idtf -output soubor.u3d
```

Výsledek (po vložení do PDF dokumentu) vidíme na obrázku 6. I když popsaný postup vypadá na první pohled trochu komplikovaně, jedná se (zatím) o jedinou čistě nekomerční cestu k začlenění matematické 3D grafiky vytvořené CAS systémem (i s osami a popisem os) do PDF dokumentu.



Obrázek 6: Graf vytvořený pomocí CAS Sage

Maple

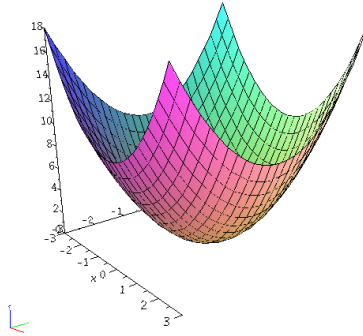
Komerční systém počítačové algebry Maple (<http://www.maplesoft.com>) a tvorbu grafu funkce dvou proměnných jsme popsali již v [8], [9]. Novější verze Maplu (od verze 13) umožňují navíc export 3D grafiky do formátu X3D³ jednoduše kliknutím pravým tlačítkem myši na obrázek a volbou Export – Extensible 3D. Pro následnou konverzi do formátu PRC je možné použít program `maplex3d2prc`, který umí exportovat i osy s popisem a zachovává nastavená měřítka na osách a barevné schéma (obr. 7). Program se spouští s jediným argumentem – jménem souboru X3D exportovaným z Maplu. Na výstupu dostáváme PRC soubor, PDF soubor s vloženou 3D grafikou a JavaScript, který zajišťuje správnou orientaci popisu os a musí být připojen při vkládání objektu do PDF souboru.

Tento převodník zatím není k dispozici volně ke stažení, autor Michail Vidiassov jej však na vyžádání zašle na testování.

Matlab, R

Na závěr ještě stručně zmíníme tvorbu 3D objektů ve dvou programech na zpracování dat, v komerčním Matlabu a volně šířeném R:

³Extensible 3D, XML formát na ukládání 3D scén, ideový nástupce VRML, <http://www.web3d.org/x3d/>



Obrázek 7: Graf vytvořený v Maplu a převedený do PRC pomocí `maplex3d2prc`

- Matlab – export do VRML pomocí příkazu `vrml` nebo pomocí balíčku `fig2u3d` (<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/37640>)
- R – použití balíčku `misc3d` (<http://cran.r-project.org/web/packages/misc3d/misc3d.pdf>) a příkazu `exportScene(scene, filename, format=c("OFF", "IDTF", "ASY"))`

Obdobně můžeme postupovat s libovolným matematickým programem, který umožňuje export v některém z 3D formátů. Pro následnou konverzi do PRC (U3D) bez nutnosti použití komerčních produktů se jako nejvýhodnější jeví formát IDTF (např. Sage, R). Pro ostatní formáty je nutno použít Meshlab⁴ (bohužel bez možnosti exportu i s osami a popisem) nebo zakoupit některý z komerčních programů. Do budoucna se plánuje možnost načítání 3D formátů do programu Asymptote (viz následující kapitola) či přímý PRC výstup z programu R.

Přímá tvorba 3D objektu ve formátu PRC – Asymptote

Asymptote (<http://asymptote.sourceforge.net/>) je interpretovaný programovací jazyk se syntaxí podobnou C++ určený pro generování grafiky. Mezi jeho výhody patří zejména tyto možnosti:

- na výstupu můžeme získat 3D grafiku přímo ve formátu PRC;
- pro popis obrázků využívá \TeX ;
- existuje \LaTeX ový balíček, který umožňuje vkládat kód Asymptote přímo do zdrojového dokumentu.

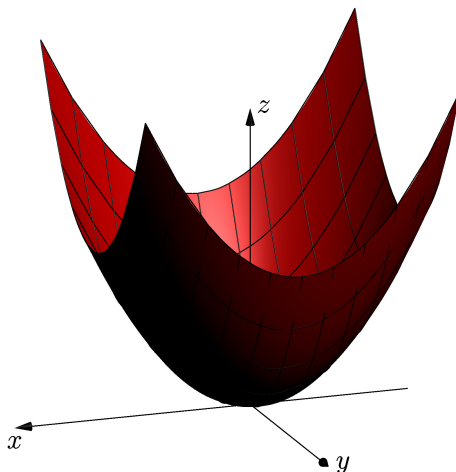
⁴Meshlab aktuálně pracuje s formáty PLY, STL, OFF, OBJ, 3DS, COLLADA, PTX, V3D, PTS, APTS, XYZ, GTS, TRI, ASC, X3D, X3DV, VRML a ALN.

Není tedy problém vytvářet interaktivní grafiku i s popisem, jak je vidět v následující ukázce (obr. 8), kterou uvádíme pro ilustraci i se zdrojovým kódem. Celou řadu dalších ilustrativních ukázek najdeme na webu Asymptote.

V preambuli dokumentu načteme balíček

```
\usepackage[inline]{asymptote}
```

Nyní můžeme použít prostředí `asy` a do něj umístit zdrojový kód obrázku. Druhou možností je načtení kódu ze samostatného souboru pomocí příkazu `\asyinclude`.



Obrázek 8: Graf vytvořený pomocí programu Asymptote

```
\begin{asy}
import graph3;

size (200 ,200 , keepAspect = false );
currentprojection = orthographic (3 ,9 ,5);

real f( pair z){
real x=z.x,y=z.y;
return x^2+y^2;
}

draw ( surface ( f ,( -2 , -2) ,(2 ,2) ,xsplinetype = Spline ),
red , meshpen = black +0.5) ;

xaxis3 ("x$ " , -2,3, Arrow3 );
```

```

yaxis3 ("y$ " ,-2,3, Arrow3 );
zaxis3 ("z$ " ,0,7, Arrow3 );
\end{asy}
\caption{Graf vytvořený pomocí programu Asymptote}\label{asym}
\end{figure}
Pro kompilaci dokumentu s grafikou pak použijeme
pdflatex dokument.tex
asy dokument-*.asy
pdflatex dokument.tex

```

Závěr

Začlenění podpory pro vkládání interaktivních 3D objektů do formátu PDF výrazným způsobem ovlivnilo možnosti vytváření elektronických matematických publikací. Interaktivní matematickou grafiku můžeme nyní vkládat do textů vysoké typografické kvality, připravovaných systémem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$. Ve výsledném dokumentu přitom zůstává zachována možnost interakce uživatele s 3D objektem bez nutnosti instalovat dodatečný software.

Nový balíček `media9` významným způsobem zjednodušuje proces tvorby PDF dokumentu s vloženou 3D grafikou. Také exportní možnosti matematických programů a nabídka programů pro následnou konverzi do PRC (U3D) se neustále zlepšují. Můžeme tedy očekávat, že vkládání 3D objektů do PDF dokumentů bude v brzké budoucnosti stejně přirozené, jako je v současnosti vkládání obrázků.

Reference

- [1] Adobe Systems Inc. *PRC Format Specification*, dostupné na http://livedocs.adobe.com/acrobat_sdk/10/Acrobat10_HTMLHelp/API_References/PRCReference/PRC_Format_Specification/index.html
- [2] Adobe Systems Inc. *JavaScript for Acrobat 3D Annotations* [online], duben 2007. Dostupné na [www: http://www.adobe.com/devnet/acrobat/pdfs/js_3d_api_reference.pdf](http://www.adobe.com/devnet/acrobat/pdfs/js_3d_api_reference.pdf)
- [3] ECMA International *Universal 3D File Format (ECMA-363), 4th Edition*, 2007, dostupné na <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-363%204th%20Edition.pdf>
- [4] PDF documents with integrated 3D interactive models: IDTF to U3D. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2014-02-10]. Dostupné na: http://wiki.jmol.org/index.php/File_formats/3D_PDF
- [5] GRAF, NORMAN A. 3DPDF: Open Source Solutions for Incorporating 3D Information in PDF Files. In: *IEEE 2012 Nuclear Science Symposium, Medical*

- Imaging Conference* [online]. 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné na: <http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-15295.pdf>
- [6] GRAHN, ALEXANDER. *The media9 package* [online], leden 2008. Dostupné na [www: http://mirrors.ctan.org/macros/latex/contrib/media9/doc/media9.pdf](http://mirrors.ctan.org/macros/latex/contrib/media9/doc/media9.pdf)
- [7] KUTAL, ONDŘEJ. *Tvorba matematické grafiky pomocí programu Asymptote*. 2012, Brno. Dostupné na: <http://www.math.muni.cz/~plch/diplomky/asymptote.pdf>. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- [8] PLCH, ROMAN; ŠARMANOVÁ, PETRA. Interaktivní 3D grafika v HTML a PDF dokumentech. *Zpravodaj CSTUG*. 2008, roč. 18, 1–2, s. 76–92. (doi: 10.5300/2008-1-2/76.) Dostupné též na: http://bulletin.cstug.cz/pdf/bul_0812.pdf
- [9] PLCH, ROMAN; ŠARMANOVÁ, PETRA. An Interactive Presentation of Maple 3D Graphics in PDF Documents. *The Electronic Journal of Mathematics and Technology* [online]. 2008, roč. 2, č. 3, s. 281–290 [cit. 2012-04-27]. Dostupné na: https://php.radford.edu/~ejmt/deliveryBoy.php?paper=eJMT_v2n3n1
- [10] PLCH, ROMAN; ŠARMANOVÁ, PETRA. Interaktivní prezentace matematické grafiky na webu a v PDF dokumentech. In: *Sborník semináře Technologie pro e-vzdělávání*. Praha: ČVUT FEL, 2007, s. 31–38. ISBN 978-80-01-03756-0. Dostupné na: <http://home1.vsb.cz/~s1a64/publikace/clzivy.pdf>

Summary: Interactive 3D Graphics in PDF Documents

The paper presents the authors' experience with including interactive 3D objects into PDF documents by using pdf \TeX and the `media9` package. This procedure preserves the possibility of the user's interaction with 3D objects even in the final PDF document without the necessity of the local installation of original graphical programs. In the second part, creation of 3D graphics in several mathematics programs and its conversion to PRC (U3D) with the use of commercial and open source software has been described.

Key words

interactive 3D graphics, U3D, PRC, PDF, pdf \TeX

Roman Plch, plch@math.muni.cz