



OSSConf 2012: 85–90

\LaTeX , TEÓRIA GRAFOV A TROCHU UMENIA

RUDOLF BLAŠKO (SK) A ALEŠ KOZUBÍK (SK)

Abstrakt. TikZ je \LaTeX -ový balíček, ktorý umožňuje graficky ilustrovať prezentované výsledky (grafy funkcií, diagramy grafov, histogramy ap.). Ďalším účinným prostriedkom je súbor balíčkov fp, ktorý umožňuje vkladať do \LaTeX -ového textu priame výpočty aj s výsledkami. Spojenie týchto balíčkov dáva dosť účinný prostriedok ako na profesionálnej úrovni prezentovať v grafickej podobe výsledky svojho snaženia. V tejto práci sú naznačené možnosti ako vytvárať jednoduché makrá na kreslenie niektorých typov grafov (napr. úplný, bipartitný).

Kľúčové slová. \LaTeX , TikZ, teória grafov, výpočty v pevnej rádovej čiarky, vizualizácia.

\LaTeX , GRAPH THEORY AND A COUPLE OF ART

Abstract. TikZ is \LaTeX -package, which allows to illustrate the presented results (graphs of functions, charts, diagrams, histograms, etc.) graphically. Another effective tool is the set of fp packages that enables to enter direct calculations and their results in the text. The combination of these packages provides quite effective tools for professional graphical presentation of the results of our efforts. In the present paper we show the ways how to create simple macros to draw certain types of graphs (e.g. complete, bipartite etc.).

Keywords. \LaTeX , TikZ, Graph Theory, Fixed Point package, Visualisation.

Úvod

Typografický systém \LaTeX má integrované prostredie `picture` na kreslenie obrázkov. Zdatný užívateľ dokáže v tomto prostredí kresliť pomerne zložité obrázky [2]. Tvorba zložitejších konštrukcií je ale vykúpená značnou pracnosťou a predpokladá znalosti zo základov matematickej analýzy a z analytickej geometrie, čo v dnešnej dobe väčšine ľudí chýba. Pre bežného užívateľa je vhodným prostriedkom na kreslenie balíčkov TikZ so svojimi súčasťami [5].

Najčastejšie sa balíček TikZ používa na kreslenie rôznych grafov. A nie sú to len grafy funkcií, ale aj rôzne grafy vyskytujúce sa v bežnom živote (histogramy, stĺpcové, koláčové grafy ap.). V tomto príspevku ukážeme niekoľko možností ako využiť TikZ v teórii grafov, t. j. ako kresliť grafy zložené z vrcholov spojených orientovanými alebo neorientovanými hranami. Ako uvidíme neskôr, vhodným skladaním týchto grafov môžu vzniknúť elegantné „umelecké diela“.

Pri kreslení obrázkov (a nielen grafov) je vhodné TikZ doplniť o súbor balíčkov fp (Fixed Point package — výpočty v pevnej rádovej čiarky), ktorý dovoľuje používať matematické výpočty priamo v zdrojovom kóde \LaTeX -u a teda aj

v TikZ-e [1, 3]. Užitočný je taktiež balíček `ifthen`, ktorý umožňuje vetviť makrá do rôznych logických častí na základe ich argumentov.

Autori predpokladajú, že čitateľ má základné vedomosti o balíčkoch TikZ, fp a `ifthen`. Tento príspevok sa venuje tvorbe makier na vykresľovanie grafov a nie výkladu základných príkazov a funkcií uvedených balíčkov. Vzhľadom na limitovaný počet strán neuvádzame výpis týchto makier, iba ich stručný popis a použitie. Ich presné znenie je uvedené na adrese <http://frcatel.fri.uniza.sk/~beerb/latex/graf-makra.pdf> [4].

TikZ, fp a grafy

Balíček `fp` umožňuje priame výpočty pri tvorbe dokumentu. Pri výpočtoch môžeme používať aritmetické operácie (+, −, ·, /), matematické funkcie (napr. `sin`, `cos`, `ln`, `sgn`, $\sqrt{\cdot}$) a taktiež konštanty π , `e`. Počítať môžeme s reálnymi číslami v rozsahu $\pm \underbrace{999 \dots 999}_{18 \text{ miest}}, \underbrace{999 \dots 999}_{18 \text{ miest}}$.

Pri výpočtoch (súradnic bodov, polomerov, uhlov ap.) budeme používať nasledujúce makrá. Makro `\rb{výraz}` upraví výraz na štyri desatinné miesta a zapíše ho do textu, druhé makro `\rbPr{prikaz}{výraz}` pracuje podobne, ale výsledok priradí do príkazu `\prikaz` na ďalšie použitie:

```
\newcommand\rb[2][4]{\FPeval{\rbV}{clip(round(#2,#1))}\rbV}
\newcommand\rbPr[3][4]{\FPeval{\rbV}{clip(round(#3,#1))}\FPset{#2}{\rbV}}
```

Príkazy balíčka TikZ musia byť uvedené v prostredí `tikzpicture`, t. j. medzi `\begin{tikzpicture}` a `\end{tikzpicture}` alebo musia začínať príkazom `\tikz` (kvôli prehľadnosti ich v texte nebudeme pri príkladoch uvádzať). Vrcholy grafu môžeme nakresliť príkazom `\filldraw[blue](0,0)circle(8pt);` (modrý kruh ●). Na pohľad krajší výsledok ○ (bledomodrý kruh s modrým ohraničením) ponúka príkaz `\draw[blue,fill=blue!20](0,0)circle(6pt);`.

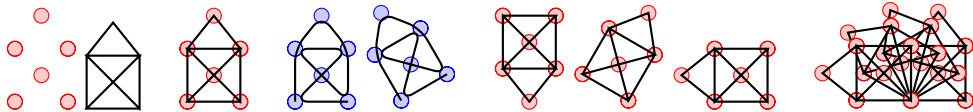
Použitím príkazov

```
\tikz{\draw[red](0,0)--(0,2);
\draw[blue,fill=blue!20](0,0)circle(8pt)(2,0)circle(8pt);}
```

dostaneme ○—○. Ak vymeníme poradie príkazov `\draw` dostaneme ○—○. Na obr. 1 je použité makro `\aaDom[n_par]`, ktoré vykresľuje detský domček¹. Nepovinné parametre `n_par` sa zadávajú pomocou `\def: \def\aaSkala{2}` (zmena škály), `\def\aaFarbaV{blue}` (farba vrcholov), `\def\aaFarbaH{green}` (farba hrán), `\def\aaOtoc{60}` (otočenie grafu), `\def\aaObtek{4pt}` (obtekanie vrcholov) [4].

Ak použijeme príkaz cyklu `\foreach \prem {zoznam}{príkazy}`, potom môžeme domček poskladať do zložitejších, až umeleckých konštrukcií (obr. 2, [4]).

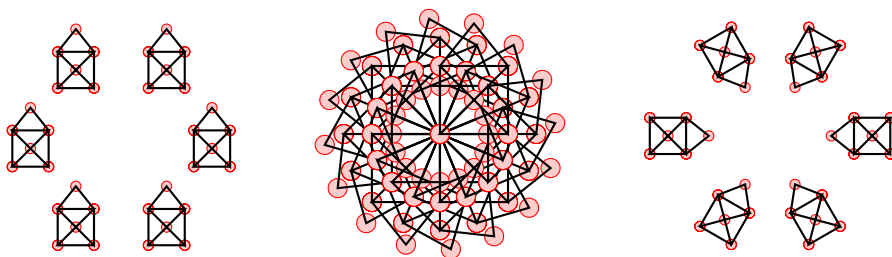
¹Nakresliť ho jedným ťahom bolo pre väčšinu z nás jedným z prvých, aj keď nevedomých, stretnutí s teóriou grafov.



Obr. 1. Detský domček, jeho kresba jedným ťahom, pootočenie a zloženie viacerých domčekov

Príkaz `\foreach` má povinný parameter `\prem`, ktorý postupne nadobúda všetky hodnoty z množiny `zoznam` a dosadzuje ich do príkazov `príkazy`. napríklad „kvietok“ (obr. 2 v strede) je vytvorený pomocou konštrukcie:

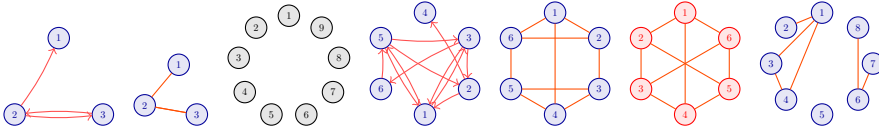
```
\tikz{\foreach \N in {1,...,16} {\rbPr{\NN}{360/16*(\N)}
\aaDom[\def\aaSkala{.5}\def\aaOtoc{\NN}]}}
```



Obr. 2. Použitie príkazu `\foreach` na kreslenie obrázkov

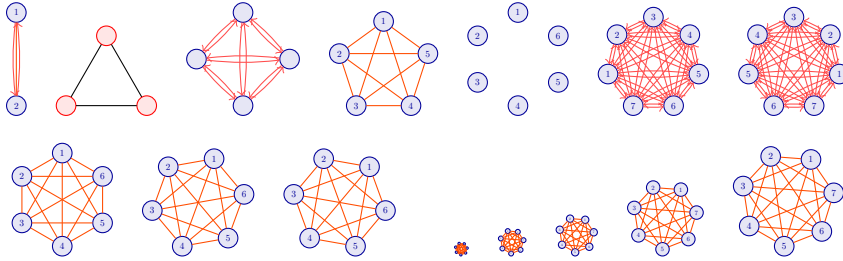
Nasledujúce makro vykreslí orientovaný alebo neorientovaný graf určený zoznamom hrán, vrcholy sa zobrazia do pravidelného n -uholníka:

```
\newcommand\CGraph[5] []{\def\aaPopis{+}\def\aaHcislo{1}\rbPr{\aaPolomer}{20}%
\def\aaFarbaV{blue!60!black}\def\aaFarbaH{red!80}\def\aaFarbaH0{red!70}%
\def\aaSkala{1}\rbPr{\aaMax}{32}\def\aaOtoc{0}\def\aaHrany{A}#1%
\rbPr{\aaahcislo}{\aaHcislo}\rbPr{\bbU}{\aaOtoc}\rbPr{\aaPocet}{#2}%
\def\aaOrient{#3}\def\aaCisla{#4}\rbPrCelaCast{\aaPocet}{abs(\aaPocet)}%
\rbPr{\aaPocet}{min(\aaPocet,\aaMax)}\rbPr{\aaPocet}{max(\aaPocet,1)}%
\ifthenelse{equal{\aaPopis}{+}}{\rbPr{\bbPopis}{1}}{\rbPr{\bbPopis}{-1}}%
\rbPr{\aaPocetN}{(\aaPocet)-1}\rbPr{\aaKrok}{360/(\aaPocet)}%
\begin{tikzpicture}[transform shape,scale=\aaSkala,rotate=-\bbU]
\foreach \number in {1,...,\aaPocet}{\rbPr{\ccU}{90-(\bbPopis)*360%
*(\aaahcislo)-1)/(\aaPocet)+(\bbPopis)*(\number-1)*(\aaKrok)}
\ifthenelse{equal{\aaCisla}{A}}{%
\node[\aaFarbaV,fill=\aaFarbaV!10,draw,circle,minimum size=2.1em,rotate=\bbU]
(\number) at (\ccU:\aaPolomer em) {\textcolor{\aaFarbaV}{$\number$}};%
\node[\aaFarbaV,fill=\aaFarbaV!10,draw,circle,minimum size=2.1em]
(\number) at (\ccU:\aaPolomer em) {\phantom{88}};}%
\foreach \aaZ/\aaK in {#5}{%
\ifthenelse{equal{\aaOrient}{N}}{\path (\aaZ) edge[\aaFarbaH,-] (\aaK);}%
\path (\aaZ) edge[\aaFarbaH0,->,bend right=6] (\aaK);}%
\end{tikzpicture}}
```



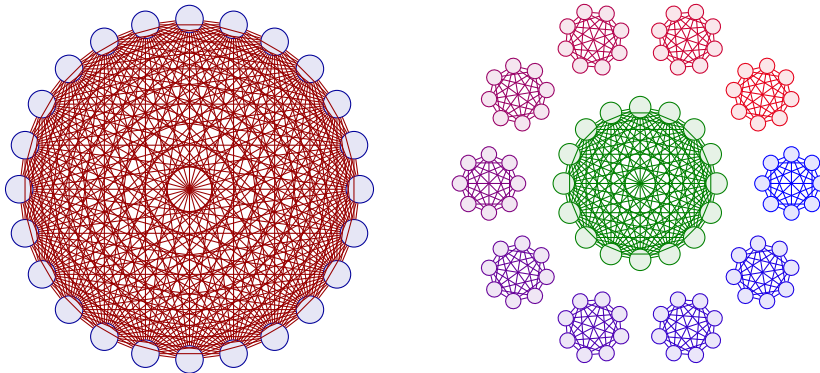
Obr. 3. Grafy zostrojené pomocou makra `\CGraph`

Hrany sa kreslia pomocou `\path (\aaZ) edge[\aaFarbaH,-] (\aaK);`, resp. `\path (\aaZ) edge[\aaFarbaH,->,bend right=6] (\aaK);`, kde `\aaZ` a `\aaK` sú začiatkové a koncové vrcholy. Makro má päť parametrov a používa sa v tvare `\CGraph[n_par]{n}{Or}{ukaz}{z_hran}` (obr. 3).

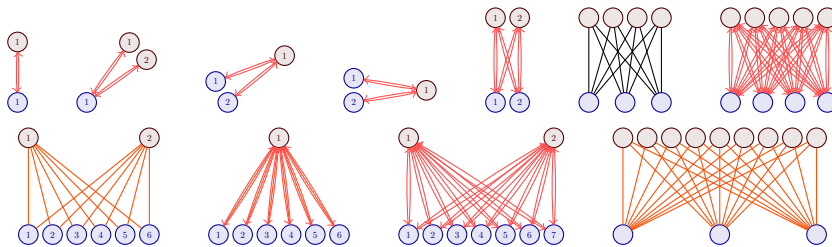


Obr. 4. Úplné grafy vytvorené pomocou `\CompleatGraph`

V parametri `n_par` môžeme definovať číslovanie vrcholov (+, resp. - zmysel) `\def\aaPopis{+}`, farbu vrcholov `\def\aaFarbaV{color}`, farbu neorientovaných a orientovaných hrán `\def\aaFarbaH{color}`, `\def\aaFarbaH0{color}`, polomer – vzdialenosť vrcholov od stredu `\def\aaPolomer{20}`, pootočenie grafu `\def\aaOtoc{0}` a škálu `\def\aaSkala{1}`.



Obr. 5. Aj graf môže tvoriť umelecké dielo

Obr. 6. Úplné bipartitné grafy vytvorené pomocou `\BiGraph`

Parameter `n` určuje počet vrcholov grafu (prirodzené číslo z intervalu $\langle 1, 32 \rangle$), parameter `Or` určuje orientovanosť grafu (0, resp. N) a parameter `ukaz` definuje, či sa bude alebo nebude zobrazovať číslovanie vrcholov (A, resp. N). Hrany grafu sa definujú v parametri `z_hran` ako zoznam dvojíc `cisloZ/cisloK` (číslo začiatočného/číslo koncového vrchola hrany), ktoré sú oddelené čiarkou. Graf na obr. 3 úplne vpravo je nakreslený príkazom:

```
\CGraph[\def\aaSkala{.35}\def\aaPolomer{5}]{8}{N}{A}{1/2,1/3,1/4,3/4,6/7,6/8}
```

Na záver tejto časti uvedieme príklady použitia niektorých nami vytvorených makier [4] na kreslenie rôznych úplných grafov. Úplný graf s n vrcholmi (zoradenými do kruhu) nakreslí makro `\CompleatGraph[n_par]{n}{Or}{ukaz}` (obr. 4). Jeho vhodnou úpravou a kombinovaním môžeme vytvoriť rôzne elegantné tvary (obr. 5), ktoré zasahujú až do čipkárskeho umenia.

Makro `\BiGraph[n_par]{n1}{n2}{Or}{ukaz}` nakreslí úplný bipartitný graf s počtami vrcholov n_1 a n_2 (obr. 6, [4]).

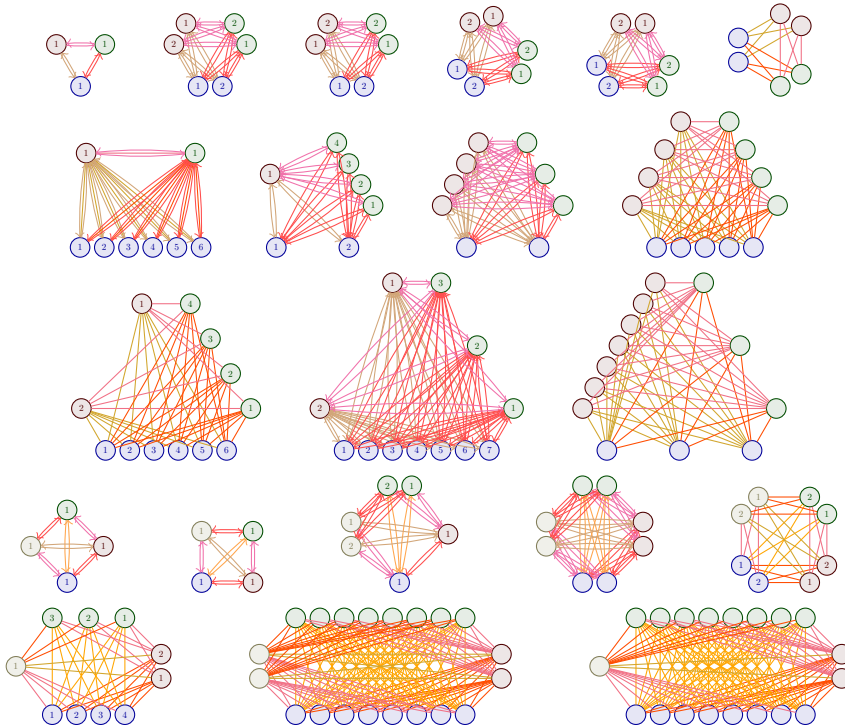
Makro `\TriGraph[n_par]{n1}{n2}{n3}{Or}{ukaz}` nakreslí úplný tripartitný graf s počtami vrcholov n_1 , n_2 a n_3 a analogický graf s počtami vrcholov n_1 , n_2 , n_3 a n_4 nakreslí makro `\TetraGraph[n_par]{n1}{n2}{n3}{n4}{Or}{ukaz}` (obr. 7, [4]).

Záver

Balíček TikZ je veľmi užitočný nástroj, pomocou ktorého aj nie veľmi pokročilí L^AT_EX-oví užívatelia dokážu kresliť pomerne zložité obrázky. Toto snaženie dokáže umocniť prepojenie s balíčkom fp, ktorý umožňuje v L^AT_EX-u priame výpočty.

Literatúra

- [1] BALDA, M.: *Výpočty a diagramy v L^AT_EXu*, Zpravodaj Československého sdružení uživatelů T_EXu, č. 2, ročník 14, CSTUG, 2004, Praha, ISSN 1213-8185.
- [2] BLÁŠKO, R.: *Nebojme sa obrázkov v L^AT_EX-u*, Otvorený softvér vo vzdelávaní, výskume a IT riešeníach, zborník medzinárodnej konferencie OSSConf 2012, Žilina, 2.–4. júla 2012, str. 79–84, ISBN 978-80-970457-2-2.



Obr. 7. Grafy vytvorené pomocou `\TriGraph` a `\TetraGraph`

- [3] BLAŠKO, R.: *LaTeX a neobvyklé výpočty v pevnej rádovej čiarky*, Zborník 7. medzinárodnej konferencie Aplimat, 5.–8. februára 2008, Bratislava, ISBN 978-80-89313-04-4.
- [4] BLAŠKO, R., KOZUBÍK, A.: *Súbor makier na kreslenie grafov*, <http://frcatel.fri.uniza.sk/~beerb/latex/graf-makra.pdf>.
- [5] KOZUBÍK, A.: *Naučím vás kresliť alebo predstavenie balíčka TikZ*, Otvorený softvér vo vzdelávaní, výskume a IT riešeníach, zborník medzinárodnej konferencie OSSConf 2012, Žilina, 2.–4. júla 2012, str. 91–96, ISBN 978-80-970457-2-2.

Kontaktné adresy

RNDr. Rudolf Blaško, PhD., Katedra matematických metód, Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika,
E-mailová adresa: beerb@frcatel.fri.uniza.sk, <http://frcatel.fri.uniza.sk/~beerb/>

RNDr. Aleš Kozubík, PhD., Katedra matematických metód, Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika,
E-mailová adresa: alesko@frcatel.fri.uniza.sk