

Vizualizace grafových algoritmů

Jakub Arnold

Tématem práce je vizualizace grafových algoritmů, konkrétně prohledávání do hloubky, do šířky, Dijkstrův algoritmus a hledání Eulerovské kružnice v neorientovaných grafech (nakreslení grafu jedním tahem).

Všechny algoritmy jsou krokovatelné uživatelem, který zadá libovolný graf (viz dále), a poté může krok po kroku sledovat, jak algoritmus probíhá, a případně ho může pustit znovu z jiného počátečního vrcholu.

1 Kompilace a spuštění

Pro kompilaci je potřeba překladač který umí C++11, např. Clang/LLVM verze 3.5, který je dostupný v labu. Dále je potřeba Qt5, zde by na konkrétní verzi nemělo záležet, ale Qt4 nestačí.

Kompilace a spuštění se pak provede následovně:

- `$ qmake .`
- `$ make`
- `$./build/debug/graphite`

Testováno na různých distribucích Linuxu, včetně labu, a OS X 10.10.

2 Základní ovládání

Program se ovládá klávesnicí i myší, kde všechny příkazy jdou zadat buď přes hlavní menu

a nebo pomocí klávesové zkratky. Zde je jejich úplný seznam:

Graph	Actions
	Random directed edges (§R, D)
	Random graph (§R, G)
	Random Eulerian graph (§R, E)
	Random edge weights (§R, W)
	Make undirected (removes edge orientation) (§R, U)

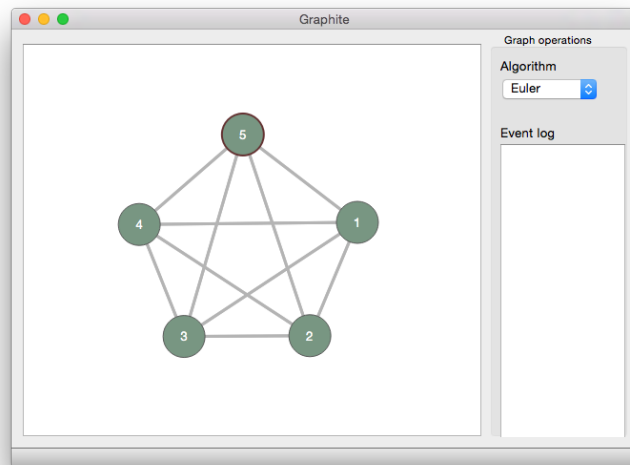
Obrázek 1: Hlavní menu

- Vygenerování náhodného grafu **Ctrl-R G**.
- Náhodná orientace hran **Ctrl-R D**.
- Vygenerování náhodného Eulerovského grafu **Ctrl-R E**.
- Náhodné ohodnocení hran **Ctrl-R W**.
- Odstranění orientace hran **Ctrl-R U**.
- Přidání vrcholu **A**.
- Spojení dvou vrcholů hranou **C**. Je potřeba napřed vybrat první, zmáčknout **C**, vybrat druhý, a zmáčknout **C** znovu.
- Smazání vrcholu nebo hrany **D**. (nejprve je potřeba hranu nebo vrchol vybrat kliknutím myši.)
- Označení počátečního vrcholu **S**.
- Start/Restart algoritmu **R**.
- Krok algoritmu **N**.
- Změna orientace hrany **O** (nejprve je potřeba hranu vybrat kliknutím myši.)
- Nastavení ohodnocení hrany **1-9**, nejprve je ale potřeba mít vybraný Dijkstrův algoritmus, jinak se ohodnocení hran nezobrazí, a poté kliknout na vybrané ohodnocení (*ne na hranu*).

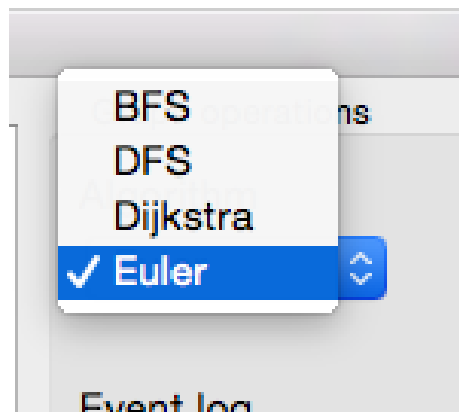
Grafy je také možné uložit do souboru **Ctrl-S** a znovu načíst **Ctrl-S**, přičemž se zachová i rozložení vrcholů v prostoru (pokud je uživatel přesunul.)

3 Používání

Nejjednodušší je vybrat jeden z příložených grafů v souboru, a otevřít jej přes **File -> Open**, např. kompletní graf na 5 vrcholech v souboru **examples/k5.g**.



V seznamu algoritmů vybrat Eulerovský tah.



A kliknout na libovolný vrchol, vybrat ho jako počáteční (stisknutím F), inicializovat algoritmus (stisknutím R), a poté již krokovat stisknutím N. V libovolnou chvíli je možné znovu stíknout R, čímž se algoritmus resetuje a začne pracovat odznova. *Pokud uživatel graf jakkoliv změní v průběhu algoritmu, je nutné algoritmus resetovat stisknutím R.*

Většina důležitých informací které program provádí jsou vypisovány do logu v pravé straně GUI (a některé navíc na STDOUT). Log v GUI je editovatelný text, a lze ho tedy označit myší a smazat.



Obrázek 2: Náhodný Eulerovský graf

4 Generování náhodných grafů

Aby bylo možné aplikaci jednoduše používat, obsahuje možnost vygenerování náhodného souvislého grafu (žádný ze zabudovaných algoritmů nedává smysl vizualizovat na nesouvislých grafech.)

Graf je generován následujícím způsobem:

- vygeneruje se 10-15 vrcholů, které se postupně spojí hranami, dohromady tvořící jednu velkou cestu
- každému vrcholu se s pravděpodobností $2/5$ přidělí jedna další náhodná hrana

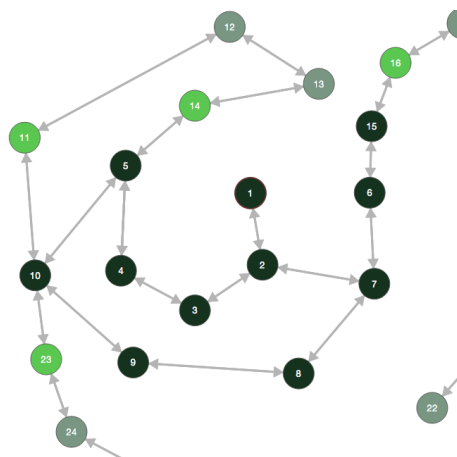
Takto vygenerovaný graf bude vždy souvislý, a díky malému počtu hran i relativně přehledný. Graf je vždy generovaný jako neorientovaný. Pokud si uživatel přeje, může poté náhodně zorientovat hrany (**Ctrl-R**, **D**).

5 Generování Eulerovských grafů

Protože pro Eulerovské grafy musí platit, že každý vrchol má sudý stupeň, je také jednoduché nahlédnout, že musí ležet na nějaké kružnici. Generování grafu tedy probíhá tak, že se nejprve vytvoří jednovrcholový hraf, a potom se 5-7krát vybere náhodný vrchol z grafu, a přilepí se na něj další kružnice délky 3-5 (pro přehlednost.)

Výsledný graf pak vypadá např. takto

Takto vygenerovaný graf má opět výhodu, že je díky menšímu počtu hran přehledný.



Obrázek 3: Barvy vrcholů

5.1 Rozmístění vrcholů

Při generování náhodného grafu jsou vrcholy vždy rozmístěny na spirálu, která se rozvíjí *zvenitř ven*. Pro grafy výše zmíněné náhodně generované grafy je toto rozložení relativně blízko tomu, co by si uživatel mohl představit, a stačí zpravidla pouze přemístit pár vrcholů uvnitř spirály, aby se příliš mnoho hran nekřížilo.

6 Algoritmy

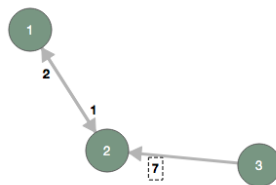
Všechny algoritmy jsou implementované jako stavový automat, který se stiskem R přesune do počátečního stavu, a stiskem N postupně krokuje, až dojde do koncového stavu, kdy algoritmus doběhl.

Proto jsem zvolil zásobníkovou variantu DFS místo rekurzivní, aby šlo jednoduše ovládat průběh algoritmu.

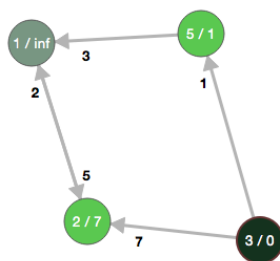
6.1 DFS, BFS

Pro porovnání prohledávání do hloubky a do šířky je nejlepší zvolit stejný graf, a na něm pozorovat, jak se průběh jednotlivých algoritmů liší. Oba používají stejnou konvenci, a to že nenavštívený vrchol je tmavě zelený, otevřený je světle zelený a uzavřený je černý.

Jak DFS tak BFS umí pracovat s orientovanými grafy. Orientace hrany se změnil označením hrany myší a stiskem O. Pro vrcholy A a B se postupně mění typ hrany na A \rightarrow B, A \leftarrow B, a A \leftrightarrow B.



Obrázek 4: Ohodnocení hran



Obrázek 5: Průběh Dijkstrova algoritmu

6.2 Dijkstrův algoritmus

Dijkstrův algoritmus opět funguje i na orientovaných grafech, přičemž navíc zobrazuje i ohodnocení hran.

Váha hrany je vždy zobrazena ve směru kam hrana ukazuje, a tedy pro *obousměrné*, resp. *neorientované* hrany jsou zobrazena ohodnocení dvě, každé jedním směrem.

Hranám lze nastavovat hodnoty v rozsahu 1-9, což se provede kliknutím na ohodnocení hrany a stiskem patřičné klávesy 1-9. Označení se zobrazí tečkovaným čtvercem okolo ohodnocení hrany (viz. obrázek).

Samotný dijkstrův algoritmus se poté zobrazuje podobně jako u DFS/BFS. Nenavštívené vrcholy jsou tmavě zelené, otevřené jsou světle zelené a uzavřené jsou černé. Navíc se však u vrcholů zobrazuje jejich vzdálenost od počátečního vrcholu, a to tak, že se v popisku vrcholu zobrazí číslo **vrcholu / vzdálenost od zdroje**. Vrcholy zatím neobjevené mají nekonečnou vzdálenost, reprezentováno stringem **inf**, viz obrázek.

6.3 Eulerovská kružnice

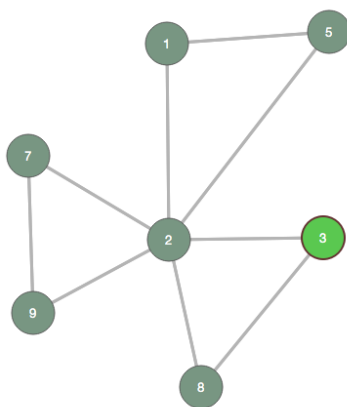
Algoritmus pro hledání Eulerovské kružnice se trochu liší od prvních tří, a to tím, že funguje pouze na neorientovaných grafech, kde stupeň všech vrcholů je sudý. Pokud je spuštěn na grafu který není Eulerovský, nemusí správně fungovat.

Pro implementaci jsem zvolil Fleuryho algoritmus, který funguje následovně:

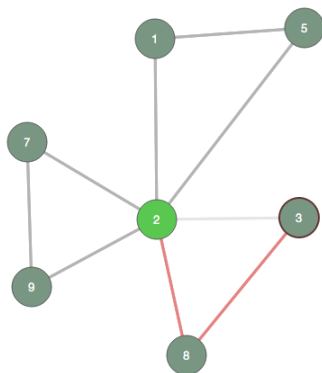
1. začni v libovolném vrcholu
2. vyber hranu která není most, pokud jsou všechny mosty tak vyber libovolnou
3. označ hranu jako smazanou, a přesuň se do vrcholu kam hrana ukazuje a opakuj krok 1.

Tento algoritmus je velmi přímočarý, a ze všech implementací které jsem zkoušel vede na nejnázornější vizualizaci, a to proto, že během svého průběhu může označovat hrany které jsou mosty, a uživatel tak snadno vidí, jak se algoritmus rozhoduje kudy půjde.

Na začátku algoritmu sice žádné mosty nemohou existovat, ale už po prvním kroku dojde ke *smazání* jedné hrany, a tím mohou nějaké mosty vzniknout. Viz obrázek



a po prvním kroku už máme nalezeny dva mosty.



Hledání mostů je nutné provést po každém kroku algoritmu, a probíhá pomocí DFS klasifikace, konkrétně tak, že se prohledá celý graf pomocí DFS, najdou se vrcholy, které leží na nějaké kružnici (pomocí zpětných hran v DFS stromu), a ty co neleží jsou označeny jako mosty.

Složitost algoritmu je tedy kvadratická, protože pro každý krok je nutné provést celé DFS na odhalení mostů. Existují sice alternativní algoritmy, které jsou ve výsledku rychlejší, ale jejich vizualizace je často velmi matoucí, zatímco Fleuryho algoritmus je velmi přímočarý.

6.4 Jarníkův algoritmus

Poslední algoritmus který program implementuje je Jarníkův-Primův algoritmus pro hledání nejlehčí kostry neorientovaného grafu.