

Uma ferramenta de apoio ao ensino do algoritmo de Dijkstra

Marcos Rufino de Camargo, Marcelo de Souza, Jandir Luiz Habitzreuter

Departamento de Engenharia de Software
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Ibirama)

marcos.camargo@edu.udesc.br, marcelo.desouza@udesc.br
jandir.habitzreuter@edu.udesc.br

Abstract. *The study of graphs and their algorithms is very important in many areas, such as engineering and computing. Given that students present difficulties in learning these concepts, this work proposes a computational and visual tool for supporting the teaching of graphs and, specially, the well known algorithm of Dijkstra.*

1. Introdução

Algoritmos sobre grafos constituem uma área fundamental da ciência da computação. Por isso, cursos da área de tecnologia apresentam uma ou mais disciplinas voltadas ao estudo de grafos e suas aplicações. A busca por caminhos mínimos sobre estas estruturas é um dos conteúdos fundamentais e mais estudados, além de apresentar uma variedade de aplicações. O algoritmo de Dijkstra (veja [Dijkstra 1959] para mais detalhes) é o mais conhecido na determinação da árvore de caminhos mínimos sobre grafos com custos maiores ou iguais a zero. Isso se deve a sua baixa complexidade e facilidade de implementação (veja [Goldbarg 2012]). No entanto, o entendimento de grafos, caminhos mínimos e do algoritmo de Dijkstra se mostra como uma recorrente dificuldade entre acadêmicos dos cursos de tecnologia. Alguns trabalhos propõem o uso de ferramentas computacionais para suporte ao ensino destes conteúdos [Santos et al. 2008, Senna et al. 2015]. Contudo, há uma carência de aplicações dessa natureza. Este trabalho apresenta uma ferramenta para suporte ao ensino do algoritmo de Dijkstra em cursos superiores. A ferramenta proposta tem como objetivo permitir aos alunos visualizar os caminhos mínimos e verificar a correção de soluções previamente elaboradas. Para facilitar o acesso, a aplicação foi desenvolvida e disponibilizada em plataforma Web.

2. Solução proposta

A ferramenta consiste em uma aplicação Web desenvolvida em Javascript, que permite ao usuário criar um grafo (ou utilizar os exemplos existentes) e executar o algoritmo de Dijkstra. O usuário informa um par de vértices e a aplicação desenha o grafo em tela e destaca o caminho entre os vértices informados. Para o cálculo da árvore de caminhos mínimos, foi adaptada uma implementação do algoritmo de Dijkstra desenvolvida em Javascript¹. Para o desenho do grafo em tela, foi utilizada a biblioteca `arbor.js`², que trata a disposição dos vértices e fornece uma apresentação amigável.

A Figura 1 apresenta a interface gráfica da aplicação. O usuário define o grafo na caixa de texto, informando a quantidade de vértices e os arcos. Cada arco possui um

¹<https://github.com/mburst/dijkstras-algorithm>

²A biblioteca pode ser obtida em <http://arborjs.org>

Dijkstra's Solver version 1.0

Examples:

Select a graph or inform below

Enter the amount of vertices (n) and the arcs as follows:

```

8
3 5 8
6 2 6
7 0 2
4 3 11
4 2 7
0 7 3
8 5 8
1 0 5
7 1 9
7 3 1
0 5 6
8 4 7
5 0 7
3 4 8
4 6 9

```

Save graph

Initial vertex:

Final vertex:

Run

Clear

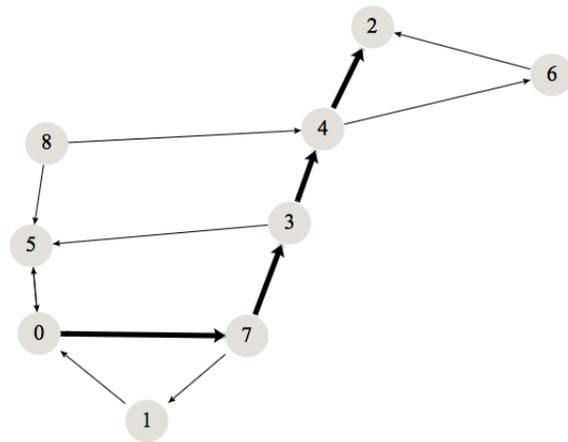


Figura 1. Interface gráfica da aplicação

vértice de origem, um vértice de destino e o custo associado. Ao clicar no botão ‘Run’, a aplicação executa o algoritmo de Dijkstra, calculando a árvore de caminhos mínimos a partir do vértice inicial informado, desenha o grafo em tela e destaca o caminho até o vértice final, também informado pelo usuário. O usuário ainda tem a opção de salvar o grafo construído para uso posterior (botão ‘Save graph’). Através do menu ‘Examples’, o usuário pode utilizar os grafos de exemplo aleatoriamente gerados, bem como carregar o grafo previamente salvo, se houver.

3. Resultados e considerações finais

A ferramenta desenvolvida foi aplicada com um grupo de alunos sem conhecimento prévio de caminhos mínimos sobre grafos. O grupo mostrou um avanço no entendimento dos conceitos inerentes não apenas a caminhos mínimos, mas grafos de forma geral. Os principais aspectos que contribuíram para este resultado foram a necessidade de definição do grafo de forma adequada na ferramenta e a visualização do resultado do algoritmo. A Figura 2 apresenta um exemplo de atividade realizada com o suporte da ferramenta. Os alunos deveriam responder à seguinte pergunta: “Por que o algoritmo de Dijkstra exige que os pesos nos arcos sejam não-negativos?”. Um primeiro passo consiste em criar um grafo simples, contendo um arco de custo negativo e verificar o resultado retornado pelo algoritmo. Com isso, percebe-se que o algoritmo de Dijkstra falha neste caso especial. A partir disso, analisar passo a passo a execução do algoritmo, o que permite identificar o ponto de falha e chegar na resposta desejada. Conforme apresentado pela Figura 2, o algoritmo retorna o caminho 0–2, quando na realidade o caminho 0–1–2 possui um custo total menor, dado o peso negativo do arco 1–2.

Um estudo mais aprofundado será realizado a fim de mensurar os benefícios e impactos oriundos da aplicação da ferramenta proposta. No entanto, os resultados preliminares apontam que a ferramenta apresentada se mostra eficaz para os objetivos propostos, podendo ser aplicada em sala de aula para ensino e aprendizado de grafos e ca-

Dijkstra's Solver version 1.0

Examples:

Select a graph or inform below

Enter the amount of vertices (n) and the arcs as follows:

```
3
0 1 4
0 2 3
1 2 -3
```

Initial vertex:

Final vertex:

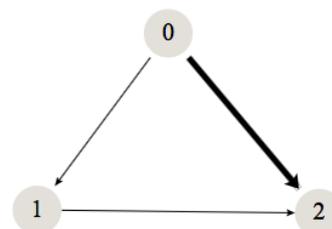


Figura 2. Exemplo de atividade com suporte da ferramenta

minhos mínimos. Além disso, é possível utilizar a ferramenta em outros cursos, como matemática e engenharias. Finalmente, o fato da ferramenta estar disponível em plataforma Web³ permite o fácil acesso e utilização. Como trabalhos futuros, pretende-se permitir ao usuário importar e exportar grafos e salvar os resultados. Pretende-se ainda permitir que o usuário envie e execute sua própria implementação do algoritmo, comparando com a implementação fornecida e verificando a correção e a complexidade. Para facilitar o entendimento das etapas do algoritmo, deseja-se implementar a visualização passo a passo da sua execução.

Referências

- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1):269–271.
- Goldberg, M. (2012). *Grafos: Conceitos, algoritmos e aplicações*. Elsevier Brasil, Rio de Janeiro.
- Santos, R. P., Costa, H. A., Resende, A. M., and Souza, J. M. (2008). O uso de ambientes gráficos para ensino e aprendizagem de estruturas de dados e de algoritmos em grafos. In *Anais do XVI Workshop sobre Educação em Computação, XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, pages 157–166.
- Senna, P., Gomes, A. M., Reis, A., and Guimarães, J. C. (2015). Ferramenta desenvolvida em Visual Basic for Applications (VBA) para o ensino de algoritmos de caminho mínimo. pages 817–825.

³<http://inf.ufrgs.br/~mdesouza/apps/dijkstra>