Обзор средств визуализации графов.

Выполнила Беленькая София Евгеньевна

Научный руководитель: зав. кафедрой КТ, д. т. н., доцент, зав. лаб. ИАиЭ СО РАН, Зюбин В.Е.

Соруководитель: Розов А. С., старший преподаватель кафедры КТ.

# Обзор средств визуализации графов.

1. GraphViz [5][9][10][11][12] - программное обеспечение визуализации графов с открытом исходным кодом. Пакет состоит из набора утилит командной строки и программ с графическим интерфейсом, способных обрабатывать файлы на языке DOT, а также виджетов и библиотек, облегчающих создание графов и программ для их построения, включая следующие:

* dot — инструмент создания многоуровневого графа с возможностью вывода изображения результирующего графа во множестве форматов (PNG, PDF, PostScript, SVG и ряда других). Предлагается основной, если ребра имеют направление. Dot располагает ребра в одном направлении (сверху вниз или слева на право), пытается избежать пересечений ребер и уменьшает их длины.
* neato — инструмент создания графа на основе «пружинной» модели («spring model», «energy minimised»). Предлагается основной для небольших графов (около 100 узлов), о структуре которых ничего не известно.
* twopi — инструмент создания графа на основе «радиальной» модели. Расположение узлов на концентрических окружностях зависит от их дистанции от данного корневого узла. Положение корневого узла можно выбрать или предоставить это сделать программе.
* circo — инструмент создания графа на основе «круговой» модели.
* fdp — инструмент создания ненаправленного графа на основе «fdp»-модели.
* dotty — графический интерфейс для создания графов.
* lefty — программируемый графический виджет (на языке EZ[3][4]).
* Sfdp - мультимасштабная версия fdp для верстки больших графов.

GraphViz имеет множество опций для индивидуализации диаграмм. Среди них: выбор цветов, шрифтов, изменение стилей линий и узлов, создание гиперссылок и т.д. Имеет 55 видов выходных форматов файлов. Есть API для взаимодействия со многими языками, такими, как java и python. Форма узлов может быть различной. Dotty предоставляет возможность перемещать узлы, но при этом затираются элементы, лежащие на пути перетаскивания узла.

1. Gephi [6] - это программный пакет сетевого анализа и визуализации с открытым исходным кодом. В нем есть инструменты раскраски вершин и рёбер по их свойствам, настройка подписей, размеров и прочих параметров. Есть экспорт в svg, png, pdf. Поддерживает импорт из БД (SQLite, MySQL, PostgreSQL и Teradata). Gephi реализует 12 алгоритмов компоновки графа. Импортирует такие форматы представления графов, как GEXF, GDF, GML, GraphML, Pajek NET, GraphViz DOT, CSV, UCINET DL, Tulip TPL, Netdraw VNA, Spreadsheet. Есть API. Поддерживает только круглые узлы. Реализует возможность перетаскивать узлы.
2. Igraph [13][14] - это библиотека с открытым исходным кодом для создания и управления графами и анализа сетей. Она написана на C, а также существует в виде пакетов Python и R. Находится в свободном доступе под лицензией GNU General Public License Version 2. Метки узлов в графе могут быть любыми. Граф может быть представлен в форматах Pickle, pajek, net, ncol, graphmlz, graphml, gml, edgelist, edges, edge, dl(только чтение), dimacs, adjacency, lgl. Leda, graphviz (только запись), dot (только запись). Реализует 13 видов укладки графа. Поддерживает PostScript, PDF files, XFig files, SVG files, JPG, PNG

Реализуются следующие алгоритмы расположения графов:

* circle - распределяет вершины равномерно по кругу.
* drl - уже упомянутый алгоритм для больших графов.
* fr - силовой алгоритм Fruchterman-Reingold.
* graphort - алгоритм на основе физической модели, разработанный Michael Schmuhl.
* gfr - модификация алгоритма Fruchterman-Reingold для больших графов.
* kk - алгоритм Kamada-Kawai.
* lgl - адгоритм LGL.
* random - равномерное распределение точек.
* rt - алгоритм Reingold-Tilford.
* rt\_circular - модификация предыдущего алгоритма для размещения дерева по кругу.

1. Graphistry [16] Реализует только одну укладку. Есть ограничение 800 тысяч на максимальное число вершин или рёбер. Распространяется под лицензией Apache License 2.0. Вычисления проводятся на сервере, и стоимость 10$/час
2. OGDF [3][17][18] - это автономная библиотека C++ для графических алгоритмов, в частности для автоматического рисования графов. Библиотека доступна под лицензией GNU General Public License. Реализует hierarchical layout, Hierarchical layout with predefined layering, energy-based layout, orthogonal layout. Поддерживает xml, gml, svg форматы. Не занимается непосредственной отрисовкой графов.
3. ZGRViewer [19][20] - это графический визуализатор, реализованный на Java и основанный на масштабируемой машине визуального преобразования. Он специально предназначен для отображения графиков на dot, выполняя построение svg файла с помощью GraphViz.
4. Yed. [4] Распространяется бесплатно под лицензией yEd Software License Agreement, предполагающей следующее: «Лицензиату предоставляется неисключительное и непередаваемое право на установку одной копии программного обеспечения и использование его в качестве приложения. Программное обеспечение не может использоваться как часть автоматизированного процесса» [21]. Поддерживает следующие форматы представления графов: Graphml, ygf, gml, xgml, xls, xlsx, tgf, ged, XML + XSL, edge list, node list ,экспорт в форматы png, jpg, svg, pdf, swf, gif, bmp, emf, eps, html. Реализует более 24 видов layout (таких, как tree layout, radial layout и другие).
5. NetworkX [7][8][22] - библиотека для манипулирования графами под python, распространяется свободно под BSD-new license. Узлы могут быть любыми (например, текстом, изображениями, записями XML). Ребра могут содержать произвольные данные (например, веса, временные ряды). Поддерживаются следующие форматы представления графов: GML, GraphML, edge list, GIS Shapefile, Pajek, Sparse6, Graph6, YAML, LEDA, JSON, Pickle, GEXF, Adjacency List. Алгоритмы укладки графов предоставляются GraphViz.
6. Tulip[34] – библиотека, распространяется бесплатно под лицензией [33] GNU LESSER GENERAL PUBLIC LICENSE. Поддерживает Basic, Force Directed, Hierarchical, Misc, Multilevel, Planar, Tree layout типы. Плагины используют OGDF.
7. LEDA[38] [39] – платная библиотека для C++ и Java, содержащая также модуль GraphWin [37]
8. NetDraw[35][36] – бесплатное приложение. Программа позволяет создавать структуру с оптимальным расположением узлов, трансформировать граф, перетаскивать отдельные узлы вручную.

Более наглядное сравнение представлено ниже (см. Таблицу 1). Сохраняет в форматы jpeg, bitmap, metafile

Таблица 1. - Сравнение средств визуализации графов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название | Платно для коммерческого использования | Возможность перетаскивания | Auto layout | Количество алгоритмов укладки графа | Формат представления графов | Количество поддерживаемых форматов | Настройка параметров визуализации | Наличие API | Узлы как на требуемых диаграммах | WYSIWYG\*\*\* | Подписи над ребрами |
| GraphViz | - | +\* | + | 11 | dot (gv) | 55 | + | + | + | - | - |
| Gephi | - | + | + | 12 | GEXF, GDF, GML, GraphML, Pajek NET, gv, CSV, UCINET DL, Tulip TPL, Netdraw VNA, Spreadsheet | 9 | + | + | - | - | + |
| Igraph | - | - | + | 13 | Pickle, pajek, net, ncol, GraphMLz, GraphML, gml, edgelist, edges, edge, dl(только чтение), dimacs, adjacency, lgl.  Leda, graphviz, dot (только запись) | 6 | + | + | + | - | + |
| Graphistry | + | + | + | 1 | ? | ? | + | + | - | + | - |
| OGDF | - | - | + | 12 | Graph, gml, rome, leda, chaco, PMDissGraph, YGraph, Graph6, MatrixMarket, Rudy, BENCH, PLA, GD-Challenge, GraphML, DOT, GEXF, GDF, TLP, DL, STP, DMF, edgeList | 3 | + | + | + | - | + |
| ZGRViewer | - | + | + | 11 | Dot (gv), svg | ? | + | + | + | - | - |
| Yed | -\*\* | + | + | 24+ | GraphML, ygf, gml, xgml, xls, xlsx, tgf, ged, XML + XSL, edge list, node list, graphmlz | 12 | + | - | + | + | + |
| NetworkX | - | +\* | + | 11 | GML, GraphML, edge list, GIS Shapefile, Pajek, Sparse6, Graph6, YAML, LEDA, JSON, Pickle, GEXF, Adjacency List, gv | 8 | + | + | + | - | + |
| Tulip | - | ? | + | 7 | Tlp, gml, csv, gexf | ? | + | + | + | ? | + |
| LEDA | + | ? | + | ? | Gw, GML, LEDA | ? | ? | + | + | ? | + |
| NetDraw | - | + | + | 3+ | Nodelist, edgelist, fullmatrix, vna, Pajek, vna, uciNet. | 3 | + | ? | + | + | - |

\* Примечание. Только в dotty

\*\* Примечание. yEd Software License Agreement

\*\*\* Примечание. What you see is what you get.

# Обзор форматов представления графов.

Краткий обзор наиболее распространенных форматов представления графов приведен в таблице 2. Схема возможных преобразований форматов представлены на диаграмме (см. Рис 1.).

Таблица 2. Обзор форматов представления графов.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название | Хранение координат | Форма вершин | Ориентированный граф | Подписи над ребрами | Поддерживающие средства |
| GraphML [23][24][25] | + | + | + | + | Gephi, Igraph, OGDF, Yed, NetworkX |
| Gv [26] [27] | - | + | + | + | GraphViz, Gephi, Igraph\*, OGDF, ZGRViewer, NetworkX |
| Xgml\* [28] | + | + | + | + | Yed |
| Gml | + | + | + | + | Gephi, Igraph, OGDF, Yed, NetworkX, Tulip, LEDA |
| Node list | - | - | + | - | Yed, NetDraw |
| Edge list | - | - | + | - | OGDF, Yed, NetworkX, NetDraw |
| Pajek[30] | + | + | + | + | Gephi, Igraph, NetworkX, NetDraw |
| Leda[31] | + | + | + | + | Igraph, OGDF, NetworkX, LEDA |
| TLP [32] | + | + | + | + | OGDF, Gephi, Tulip |
| Gw | + | + | + | + | LEDA |
| GEXF [40][41] | + | + | + | - | Gephi, OGDF, NetworkX, Tulip |

\* Примечание. XGML is an XML-ish variant of the GML file format where sections and attributes as listed in the various tables of section GML File Format are wrapped in <section> and <attribute> tags, respectively.



Рис. 1. Диаграмма возможных преобразований форматов представления графов.

В результате анализа были выделены два языка описания графов: GML и GraphML. Они оказались наиболее поддерживаемыми форматами, удовлетворяющими поставленным критериям. Также при отборе учитывалось количество форматов, в которые можно перевести рассматриваемый формат.

Для окончательного выбора одного из форматов рассмотрим более подробную сравнительную таблицу (см. Таблицу 3).

Таблица 3. Сравнение GML и GraphML.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Критерий сравнения | GML | GraphML |
| Диаграмма связи по данным | + | + |
| Диаграмма связи по управлению | + | + |
| Диаграмма состояний процесса | + | + |
| Размер файла | x | 2x |
| Легок для восприятия человеком | + | - |
| Поддержка русского языка в надписях | +\* | + |

\* Примечание. Необходимо записывать ASCII-коды символов в 16-ричном виде.

Список использованной литературы.

[1] <https://habr.com/ru/company/ods/blog/464715/>

[2] Helen Gibson, Joe Faith and Paul Vickers, “A survey of two-dimensional graph layout techniques for information visualization” <http://leonidzhukov.net/hse/2018/sna/papers/gibson2013>

[3] M. Chimani, C. Gutwenger, M. Jünger, G. W. Klau, K. Klein, P. Mutzel. The Open Graph Drawing Framework (OGDF). Chapter 17 in: R. Tamassia (ed.), Handbook of Graph Drawing and Visualization, CRC Press, 2014.

[4] <https://www.yworks.com/products/yed>

[5] <http://www.graphviz.org>

[6] <https://gephi.org>

[7] <http://blog.esemi.ru/2011/12/networkx-python.html>

[8] <https://networkx.github.io>

[9] <https://habr.com/ru/post/337078/>

[10] <http://linuxshare.ru/docs/misc/graphviz.html>

[11] <https://tushavin.ru/graphviz/>

[12] <http://www.graphviz.org/doc/info/attrs.html#d:ratio>

[13] <https://igraph.org/python/doc/tutorial/tutorial.html>

[14] <https://igraph.org/r/doc/igraph.pdf>

[15] <https://rdrr.io/snippets/> - run R online

[16] <https://www.graphistry.com/get-started>

[17] <https://ogdf.uos.de>

[18] <https://github.com/ogdf/ogdf>

[19] <http://zvtm.sourceforge.net/zgrviewer.html>

[20] E. Pietriga, A Toolkit for Addressing HCI Issues in Visual Language Environments, IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC'05), pages 145-152, September 2005, Dallas, TX, USA

[21] <https://www.yworks.com/resources/yed/license.html>

[22] Aric A. Hagberg, Daniel A. Schult and Pieter J. Swart, “Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX”, in Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008), Gäel Varoquaux, Travis Vaught, and Jarrod Millman (Eds), (Pasadena, CA USA), pp. 11–15, Aug 2008

[23] <http://graphml.graphdrawing.org>

[24] <http://citforum.ru/internet/xml/graphml/>

[25] В.Н. Касьянов, ЯЗЫК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФОВ GRAPHML : БАЗОВЫЕ СРЕДСТВА

[26] <https://ru.wikipedia.org/wiki/DOT_(язык)>

[27] <https://graphviz.gitlab.io/_pages/doc/info/lang.html>

[28] <https://docs.yworks.com/yfiles/doc/developers-guide/xgml.html>

[29] https://docs.yworks.com/yfiles/doc/developers-guide/gml.html

[30] <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/doc/draweps.htm>

[31] <http://www.algorithmic-solutions.info/leda_guide/graphs/leda_native_graph_fileformat.html>

[32] <https://tulip.labri.fr/TulipDrupal/?q=tlp-file-format>

[33] <https://tulip.labri.fr/TulipDrupal/?q=licence>

[34] <https://tulip.labri.fr/TulipDrupal/?q=screenshots>

[35] <https://compress.ru/article.aspx?id=16593#NetDraw>

[36] Borgatti, S.P., 2002. NetDraw Software for Network Visualization. Analytic Technologies: Lexington, KY

[37]<https://graphics.stanford.edu/courses/cs368spring/TA/manuals/LEDA/GraphWin.html>

[38] <https://algorithmic-solutions.com/index.php/products/leda-graphs-for-java>

[39] <https://algorithmic-solutions.com/index.php/products/leda-for-c>

[40] <https://gephi.org/gexf/format/schema.html>

[41] <https://gephi.org/gexf/1.2draft/gexf-12draft-primer.pdf>