

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МЕТАГРАФОВ

**Кривенко А.С., Штогрин Е.С.**

*Институт телекоммуникационных систем*

*E-mail: alexakryvenko@gmail.com, L\_Shtogrina@mail.ru*

### **Hierarchical metagraph visualization**

Proposed a method for visualization hierarchical metagraphs. The problem of visualization hierarchy in metagraph is outlined. Paper shows the necessary restrictions on the metagraph structure for receiving readable graphical representation.

Применение стандартных силовых алгоритмов [1-4] для иерархических графов не позволяет получать изображения графов, на которых наглядно отображается иерархия графа. Эти алгоритмы направлены на получение изображений с равномерно распределенными координатами узлов на плоскости. Для получения общепринятого графического представления иерархии [5] необходимо расположение ребер в одном направлении и вершин на визуально очерченных уровнях. Это позволяет просматривать уровни иерархии отдельно и быстро оценивать взаимосвязи между уровнями.

С помощью метаграфов [6] могут быть представлены модели бизнес-процессов с использованием диаграмм выполнения работ (workflow), модели баз нечетких знаний [7]. Визуализация иерархии это один из способов оценить отношения в иерархической модели, количество уровней и ширину иерархии.

Так как метаграф сам по себе является структурой с вложенными узлами, возникает проблема определения уровней, к которым относятся узлы метаграфа. Задача визуализация иерархического метаграфа требует учета большего количества ограничений, чем при нахождении графического представления не иерархического метаграфа. Это является результатом того что пересекающиеся узлы на одном уровне не всегда можно изобразить на одной линии, как принято при изображении иерархических структур. Также стоит учитывать пересечения ребер между уровнями, если иерархия не образует дерево.

Для получения изображения с расположением ребер в одном направлении может быть применен метод для визуализации ориентированных графов с применением магнитных сил [3]. Главной особенностью данного метода является ориентация ребер графа в направлении поля магнитной силы. Возможно получение различных изображений в зависимости от вида линий магнитного поля. Например, круговое магнитное поле подчеркивает наличие циклов в графе. Для иерархических графов наиболее подходящим является магнитное поле с направлением сверху вниз изображения. Использование данного метода оказалось малоэффективно для изображения иерархических метаграфов, поскольку он учитывает направления ребер, но не учитывает пересечения и вложенность узлов метаграфа. На изображениях, полученных с

применением магнитных сил, сложно определить уровни иерархии, что является основной целью получения графического представления иерархических метаграфов. Также для расположения ребер метаграфа в направлении магнитного поля, магнитная сила должна быть достаточно большой. Так как применение магнитных сил не дает желаемого результата, а в некоторых случаях даже ухудшает графическое представление полученное с помощью силовых методов разработка методов визуализации иерархических метаграфов является актуальной.

Задача визуализации иерархического метаграфа была решена для метаграфов, на структуру которых наложены следующие ограничения:

1. Пересекающиеся метавершины могут быть упорядочены в один ряд.
2. Сопоставимая ширина и длинна иерархии – число уровней и максимальное количество метавершин на уровне имеют один порядок.
3. Метавершина полностью находится на одном уровне.
4. Возможны ребра между узлами на уровне.

Для иерархических метаграфов с такими ограничениями предлагается метод, который является адаптацией силового метода визуализации метаграфов [8]. В метод были внесены следующие изменения:

1. Область экрана делится на равные горизонтальные участки, на каждом из которых будут изображены метавершины, которые относятся к соответствующим уровням.
2. Сила гравитации действует на каждом уровне в направлении центра, области данного уровня, коэффициент гравитации снижен по сравнению с [8]. Это обеспечивает расположение метавершин ближе к центру уровня при отсутствии пересечений метавершин на уровне.
3. Узлы метаграфа располагаются строго в границах уровней, к которым они принадлежат, за счет применения функции обрезки координат. Эта функция зависит от номера уровня.

Метод визуализации иерархических метаграфов был реализован с использованием технологии WPF .NET как дополнение к ранее разработанному методу визуализации метаграфов. Технология WPF предоставляет средства для разработки визуального интерфейса, двухмерной и трехмерной графики, анимации и др., поэтому она была выбрана для реализации метода визуализации метаграфа. С помощью графического интерфейса программы возможна настройка величин коэффициентов гравитации, максимального значения температуры и максимального количества шагов алгоритма. Также разработанная программа дает возможность просмотра процесса визуализации с заданным шагом. На рис. 1 показан пример графического представления иерархического метаграфа полученного с помощью предложенного метода.

**Выводы.** Предложенный метод может быть применен для получения графического представления иерархических метаграфов с описанными ограничениями. Были проведены тестирования работы реализации метода для древовидных метаграфов средних размеров с максимальным количеством уровней 10. При соблюдении ограничений на структуру метаграфа графически представленные метаграфы соответствуют формально заданным, а

изображения отвечают требованиям к отображению иерархии. Данный метод планируется доработать с целью уменьшения количества ограничений на структуру метаграфа и автоматического определения уровней узлов метаграфа.

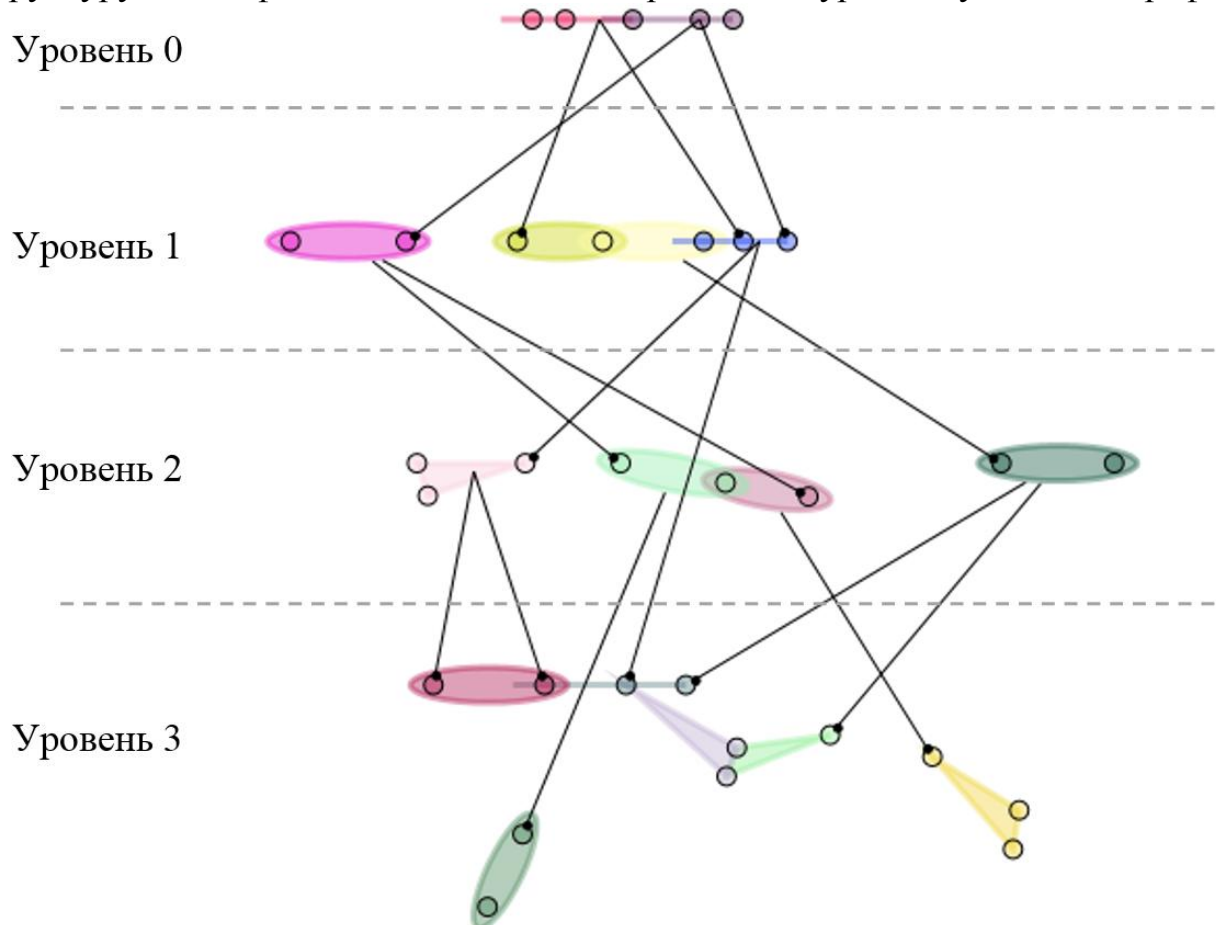


Рис. 1 Пример графического представления иерархического метаграфа

### Литература

1. Fruchterman T. M. J. Graph Drawing by Force-Directed Placement / T. M. J. Fruchterman, E. M. Reingold // *Software-Practice and Experience*. – 1991. – Vol. 21. – No.11. – P. 1129-1164.
2. Frick A. A Fast Adaptive Layout Algorithm for Undirected Graphs / A. Frick, A. Ludwig, H. Mehldau // *Springer-Verlag*. – 1995. – Vol. 894 – P. 388-403.
3. Sugiyama K. A Simple and Unified Method for Drawing Graphs: Magnetic-Spring Algorithm / K. Sugiyama, K. Misue // *Proceedings of Graph Drawing: Conf., 1994, New Jersey: proc. of conf.* / Springer-Verlag.– 1995. – Vol. 894 – P. 364–375.
4. Kamada T. An algorithm for drawing general undirected graphs / T. Kamada, S. Kawai // *Information Processing Letters*. – 1989. – V. 31. – P. 7-15.
5. Бабурин Д. Е. Иерархический подход для автоматического размещения ациклических графов
6. Basu A. *Metagraphs and their applications* / A. Basu, R. W. Blanning, // Springer – 2010. – 173p.
7. Терновой М.Ю., Штогріна О.С. Представлення баз нечітких знань за допомогою метаграфа та проведення нечіткого логічного виведення на його основі // *Вісник Харк. нац. ун-ту., Сер. «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*, № 1105, 2014. –С. 156 – 165.
8. Штогріна Е. С., Кривенко А. С. Метод визуализации метаграфа // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2014. – № 3 (91). – С. 124–130.