

МЕТОД РОЗПОДІЛЕННЯ ІЄРАРХІЧНОГО МЕТАГРАФА НА РІВНІ**Кривенко А. С., Штогріна О. С., Терновой М. Ю.***Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна
E-mail: alexakryvenko@gmail.com, L_Shtogrina@mail.ru, ternovoy@its.kpi.ua***Layer assignment method for hierarchical metagraph**

This paper describes the method of automatic layer assignment for hierarchical metagraphs. The method walks through paths in metagraph and numerates nodes layers. Metaverices and inner vertices are always assigns to the same layer. Layer assignment method can be used as first step for metagraph visualization method.

На сьогоднішній день метаграфи використовуються для моделювання бізнес-процесів з використанням діаграм виконання робіт, систем підтримки та прийняття рішень, баз нечітких знань, для представлення основних зв'язків даних та логічних правил [1]. При моделюванні процесів часто виявляється, що отримувана модель має залежності входів одних елементів від виходів інших та не має циклів, що свідчить про присутність у моделі ієрархічності. Оцінити та проаналізувати такі моделі можна за допомогою їх візуального представлення. Візуалізація ієрархії це один із способів оцінити відносини в ієрархічній моделі, кількість рівнів і кількість вузлів на рівні.

Введемо поняття ієрархічного метаграфа, як метаграфа, що має корінь – вузол, який є початком всіх простих шляхів у метаграфі.

Зазначимо, що простий шлях в орієнтованому метаграфі S від вузла mv_p в вузол mv_q – це послідовність дуг $Path(mv_p, mv_q) = (e_1, e_2, \dots, e_n)$, така що $\forall i: mv_i^{in} \cap mv_{i+1}^{out} \neq \emptyset$. Довжина шляху у метаграфі це кількість ребер у послідовності $\{e_n\}$ [2].

Існує велика кількість алгоритмів, які дозволяють візуалізувати ієрархічні графи. Це силові алгоритми та алгоритми на основі Sugiyama framework, що є набором правил естетичності для зображення ієрархічного графа:

- ребра повинні бути однаково напрямлені;
- короткі ребра краще сприймаються;
- вузли мають бути рівномірно розподіленими;
- перетин ребер ускладнює сприйняття;
- прямі ребра краще сприймаються.

Застосування стандартних силових алгоритмів [3-6] для ієрархічних графів не дозволяє отримувати зображення, на яких можна переглядати рівні ієрархії окремо одне від одного і швидко оцінювати взаємозв'язки між рівнями ієрархії. Наприклад, у роботі [3] граф моделюється як система кульок пов'язаних пружинами, що можуть притягати та відштовхувати їх. У результаті координати вузлів на площині переважно рівномірно розподілені та напрям ребер не враховується. Описаний в роботі [4] алгоритм зображує вузли з більшою кількістю

вхідних та вихідних ребер ближче до центра площини за рахунок сили гравітації. Сугіяма та Мізю представили силовий алгоритм, де додано силу магнітного поля, яка спрямовує ребра у його напрямку [5].

На основі Sugiyama framework були представлені алгоритми розділення графів на рівні [7], що одразу визначають позиції вузлів після призначення їм рівня. Основною їх перевагою перед силовими алгоритмами є те, що отримані зображення цілком очікувані, та вузли завжди мають фіксовані позиції. Завдяки цьому результати завжди придатні для подальшої оптимізації, яка може включати додання «пустих» вузлів, зменшення перетинів ребер, накладення умов на довжину і ширину ієрархії.

Для візуалізації ієрархічних метаграфів необхідно насамперед розподілити всі вузли по рівням. Будемо вважати метаграфом розділеним на рівні метаграф, кожна вершина якого відповідає деякому рівню, причому всі вкладені у метавершину вершини належать тому самому рівню, що і метавершина. Таким чином, метавершина може знаходитись тільки на одному рівні. Номер рівня має відповідати довжині простого шляху від кореня до вузла метаграфа.

Так як метаграф є структурою, яка допускає вкладеність вузлів, виникає проблема визначення рівнів, до яких відносяться вузли метаграфа. Завдання візуалізації ієрархічного метаграфа вимагає врахування більшої кількості обмежень, ніж при знаходженні графічного зображення графа. Це є результатом того, що метавершини можуть перетинатися так, що визначення позицій вузлів у границях рівня буде досить складною задачею. Саме тому для зображення вузлів ієрархічного метаграфа у границях рівня найкраще підходять силові алгоритми. Враховуючи вимогу до того, щоб кожен рівень був візуально окресленим пропонується двоступеневий метод візуалізації. На першому етапі вузлам призначаються мітки рівня за допомогою методу розділення метаграфа на рівні, а на другому етапі відбувається візуалізація за допомогою силового методу.

Представлений раніше [8] метод візуалізації метаграфів може бути модифікований для того щоб візуалізувати ієрархічні метаграфи. Рекомендації до візуалізації ієрархічного метаграфа силовим методом були надані у роботі [9]. Даний метод візуалізації ієрархічних метаграфів потребує щоб вузли метаграфа були впорядковані по рівнях перед початком візуалізації, чого не було розглянуто у роботі.

Впорядкування вузлів по рівнях пропонується зробити за наступним алгоритмом, що є модифікацією алгоритму найдовшого шляху представленого у роботі [7]. Спочатку визначається найдовший шлях у ациклічному метаграфі, його довжина дорівнює K . Далі вузлам, які не мають вихідних ребер призначають пріоритет K . Якщо всі безпосередні наступники вузла вже мають призначений пріоритет цьому вузлу призначається найнижчий пріоритет з його безпосередніх наступників мінус один. Це повторюється до тих пір доки всім вузлам не буде призначений пріоритет. Вузли з однаковим пріоритетом формують рівень ієрархії.

Щоб обчислити множину безпосередніх наступників для вузла uv у метаграфі візьмемо усі ребра, які виходять з вузла uv , або з метавершини, яка включає uv . Усі кінцеві вузли, та метавершини, що їх включають і будуть безпосередніми наступниками вузла uv .

У запропонованому алгоритмі використовується дві множини метавершин H і

Z , які є порожніми на початку. Значення змінної поточного рівня є міткою рівня, який в даний час будується. Як тільки метавершина отримує мітку рівня вона також додається до множини H , та всім її вкладеним вершинам також призначається той самий рівень. Таким чином, H є множиною всіх метавершин, для яких вже визначений рівень. Множина Z є множиною всіх вузлів, що належать рівню нижче поточного рівня.

На кожній ітерації алгоритму обирається метавершина mv , якій буде присвоєна мітка рівня. Вона обирається серед метавершин, для яких не був визначений рівень, тобто $mv \in M \setminus H$, де M – множина всіх метавершин, і для яких всі їх безпосередні наступники належать рівню нижче поточного, тобто лежать у Z . Якщо жодної метавершини не було обрано, то побудова рівня закінчена, мітка рівня збільшується на одиницю та до множини Z додаються всі метавершини з H . Алгоритм зупиняється, коли множини H та M однакові.

Перевагами цього алгоритму є його простота та лінійна складність. При візуалізації ієрархія має висоту, що дорівнює довжині найдовшого шляху у метаграфі. Через це у більшості випадків кількість метавершин на нижніх рівнях збільшується.

Запропонований метод розділення метаграфу на рівні може бути застосований для отримання графічного зображення ієрархічних ациклічних метаграфів. Планується доопрацювання методу з метою додати фазу, на якій будуть прибрані всі цикли у метаграфі.

Литература

1. Терновой М.Ю., Штогріна О.С. Представлення баз нечітких знань за допомогою метаграфу 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.
2. Basu A. Metagraphs and their applications / A. Basu, R. W. Blanning, // Springer – 2010. – 173p.
3. 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.
4. Frick A. A Fast Adaptive Layout Algorithm for Undirected Graphs / A. Frick, A. Ludwig, H. Mehldau // Springer-Verlag. – 1995. – Vol. 894 – P. 388-403.
5. 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.
6. Kamada T. An algorithm for drawing general undirected graphs / T. Kamada, S. Kawai // Information Processing Letters. – 1989. – V. 31. – P. 7-15.
7. Patrick Healy and Nikolov S. Nikolov. Handbook of Graph Drawing and Visualization, chapter II.16. Hierarchical Drawing Algorithms / CRC Press – 2013. – P. 409-446.
8. Штогріна Е. С., Кривенко А. С. Метод визуализации метаграфа // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 3 (91). – С. 124–130.
9. Кривенко А.С., Штогріна Е.С. Визуализация иерархических метаграфов // Проблемы телекоммуникацій : 9-а Міжнар. наук.-техн. конф., 21-24 квіт. 2015р. : матеріали конф. – К., 2015. – С. 310–313.