

УДК 371.321.2
DOI: 10.25559/SITITO.16.202004.970-979

Оригинальная статья

Визуализация графа зависимостей терминов в учебном материале

А. В. Филипов

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», г. Долгопрудный, Российская Федерация
141701, Российская Федерация, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9
andrey@filipov.ws

Аннотация

В статье рассматривается проблема создания учебных курсов. У преподавателя при построении курса периодически возникает необходимость в инструментах визуализации структуры будущего курса. Нет исчерпывающих инструментов для выделения системы понятий, ее систематизации и структуризации, на основе которой будет построен будущий курс. Выбор системы понятий и способов ее представления зависит от временных рамок курса, познавательных возможностей учащихся и имеющихся у них знаний. Но при этом в российской системе образования нет качественных инструментов для системного анализа учебного курса. В процессе разработки учебного курса возникает необходимость в использовании средства и методов для анализа учебного материала. Одним из таких методов выступает представление системы понятий учебного материала в виде ациклического ориентированного графа. Визуализация графа зависимостей терминов в учебном материале позволяет качественнее проанализировать материал, подготавливаемый как содержание для будущего курса. Помогает провести определение основного и второстепенного содержания учебного курса, выделить акценты на важных к изучению понятиях и грамотно определить порядок изучаемых тем. Появляется возможность, на базе одного и того же учебного материала разрабатывать несколько курсов с разным смежным содержанием или уровнем подготовки.

Ключевые слова: учебный курс, теория графов, ориентированный граф, визуализация графов, анализ графов, система понятий.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Филипов, А. В. Визуализация графа зависимостей терминов в учебном материале / А. В. Филипов. – DOI 10.25559/SITITO.16.202004.970-979 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 4. – С. 970-979.

© Филипов А. В., 2020



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Visualization of the Graph of the Dependence of Terms in the Training Material

A. V. Filipov

Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russian Federation
9 Institutskiy per., Dolgoprudny 141701, Moscow Region, Russian Federation
andrey@filipov.ws

Abstract

The article deals with the problem of creating training courses. When constructing a course, the teacher periodically needs tools for visualizing the structure of the future course. There are no exhaustive tools for highlighting the system of concepts, its systematization and structuring, on the basis of which the future course will be built. The choice of a system of concepts and methods of its presentation depends on the time frame of the course, the cognitive capabilities of students and their knowledge. But at the same time, the Russian education system does not have high-quality tools for a systematic analysis of the educational course. In the process of developing a training course, it becomes necessary to use tools and methods for analyzing training material. One of these methods is the representation of the system of concepts of educational material in the form of an acyclic oriented graph. Visualization of the graph of dependencies of terms in the educational material allows you to better analyze the material prepared as content for the future course. It helps to determine the main and secondary content of the training course, to highlight the emphasis on concepts that are important to the study, and to correctly determine the order of the topics studied. There is an opportunity, on the basis of one and the same educational material, to develop several courses with different related content or level of training.

Keywords: Curriculum, graph theory, directed graph, graph visualization, graph analysis, concept system.

The author declares no conflicts of interest.

For citation: Filipov A.V. Visualization of the Graph of the Dependence of Terms in the Training Material. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2020; 16(4):970-979. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202004.970-979>



Введение

В современном мире с каждым днем все чаще наблюдается увеличение спроса у населения на цифровизацию жизни. Все больше услуг необходимых для комфортной жизнедеятельности человека переносятся из офлайн мира в онлайн. Происходит трансформация предоставления услуг из реального мира в цифровой. Государства разрабатывают информационные системы для предоставления услуг в электронном виде, а человеческий труд заменяют электронные вычислительные системы. К примеру, большинство социальных услуг в России можно получить с помощью государственного портала «Госуслуги»¹: получение паспорта, запись ребенка на курсы дополнительного образования, запись к врачу, электронная медицинская карта и др. [1].

Данная тенденция обусловлена несколькими социальными факторами. К таким факторам относятся как желание сокращения трат времени, финансов и собственной энергии людей, так и уменьшение возникновения ошибок за счет «человеческого фактора». Благодаря цифровизации многие результаты деятельности человека можно автоматизировать и повысить качество и скорость их достижения.

Помимо этого, использование цифровых решений в социальной сфере позволяет более точно проводить анализ по предоставляемым услугам: заранее спрогнозировать дефицит услуг, изучить реальные потребности населения в режиме приближенном к реальному времени и др.

К одной из сфер жизнедеятельности человека, которая проходит подобную трансформацию относится Образование. В данной сфере, с точки зрения ее информатизации, уже на протяжении 30 лет в Российской Федерации происходит выделение финансовых и административных ресурсов, внедрение различных технических решений и разработка новых методических рекомендаций, на основе использования новых современных технических средств [2]. К примеру, с начала XXI века в российских школах было закуплено новое оборудование и программное обеспечение. В регионах России были разработаны системы учета успеваемости. Одной из таких систем в московских школах была разработана и внедрена система «Электронный журнал»². Для обучающихся она способствует более качественному мониторингу своего расписания занятий, домашних заданий и личной успеваемости. Для родителей она выступила в роли дополнительного инструмента контроля процесса обучения своих детей и дистанционной коммуникации с учителями. Для руководства данная система позволила проводить более качественный мониторинг работы преподавательского состава и анализ, для выстраивания дальнейшего развития организации и московского среднего образования в целом. Для учителей данная система позволила систематизировать и планировать свою работу, дала инструмент для наиболее быстрой связи с родителями для экстренного решения проблем с обучающимися.

В рамках цифровизации образования в Москве так же был запущен ресурс «Московская электронная школа» (МЭШ)³. Данный ресурс дал учителям новый инструмент для планирования учебных курсов и подготовки к уроку за счет обмена опытом и методическими разработками между преподавательским составом из разных школ Москвы. Данная система позволяет не только обмениваться учебными материалами, но и так же с помощью интерактивных досок и устройств обучающихся организовывать процесс обучения, с помощью презентаций, роликов, систем тестирования и др. [3, 4]. Одним из средств участвующих в освоении новых и закреплении полученных знаний, умений и навыков может выступать интерактивное программное обеспечение, такое как системы тестирования или интерактивные симуляции [5, 6]. В данной работе под интерактивной симуляцией мы понимаем компьютерную игру, разработанную на базе изучаемого обучающимся материала.

Компьютерная игра может быть использована не только как дополнительный инструмент мотивации обучающегося к образовательному процессу, но и как средство визуализации учебного материала. Интерактивная симуляция позволяет моделировать сложные процессы, не доступные для воспроизведения в реальном мире за счет своей сложности для демонстрации или опасности для жизни и здоровья обучающегося.

При этом, необходимо, чтобы обучающая компьютерная игра соответствовала требованиям:

- наличие исчерпывающей базы знаний по изучаемому материалу;
- понятный и доступный для обучающегося интерфейс взаимодействия;
- приятное оформление;
- инструменты учителя для контроля прохождения обучения учеником;
- интересный и понятный сюжет, демонстрирующий применение данных знаний в реальном мире.

В обучающей интерактивной симуляции сюжет является одним из самых важных требований. От него зависит как построена подача материала, в каком порядке, на сколько целостно раскрывается тема. Сюжет обучающей компьютерной игры является сценарием учебного курса.

У преподавателя при построении курса периодически возникает необходимость в инструментах визуализации сценария подачи материала. Нет исчерпывающих инструментов для выделения системы понятий, ее систематизации и структуризации, на основе которой будет построен будущий курс. Выбор системы понятий и способов ее представления зависит от временных рамок курса, познавательных возможностей учащихся и имеющихся у них знаний. Но при этом в российской системе образования нет качественных инструментов для системного анализа учебного курса.

¹ Суперсервисы и цифровая трансформация госуслуг [Электронный ресурс] // Минцифры России. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/854> (дата обращения: 26.10.2020).

² Электронный журнал и дневник МЭШ [Электронный ресурс]. URL: <https://dnevnik.mos.ru> (дата обращения: 26.10.2020).

³ Московская электронная школа [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mos.ru/city/projects/mesh> (дата обращения: 26.10.2020).



Теоретическая часть

В системе понятий учебного курса одно понятие может являться базовым для второго, второе для третьего и т. д., тем самым создавая сложную систему взаимосвязей [7]. В зависимости от объемов изучаемого материала подобная система может приобретать объем сложный для анализа и выстраивания последовательного лаконичного ввода понятий и изучения обучающего курса [8]. Для анализа, наглядного представления и работы с большими системами взаимосвязанных элементов в математике используют графы [9, 10].

«Простым графом $G(V, E)$ называется совокупность двух множеств – непустого множества V и множества E неупорядоченных пар различных элементов множества V . Множество V называется множеством вершин, множество E называется множеством ребер»⁴.

Для более быстрой и эффективной разработки сценария учебного курса можно представить систему понятий в виде графовых моделей, где вершиной графа является модель понятия, ребром – связь между понятиями. Графовыми моделями являются расширения графов, например графы, снабжённые атрибутами для элементов [11].

Представление системы понятий в виде простого графа отражает информацию о том, что два понятия имеют связь, но для анализа и дальнейшего построения сценария обучающего курса недостаточно знать, что термины связаны. основополагающим фактором ввода понятий является их порядок. Необходимо понять, какое понятие необходимо ввести раньше. Одним из решений этой проблемы служит задание направления ребрам, от базового понятия к второстепенному. Тем самым мы выстраиваем порядок зависимости терминов в системе понятий. Граф, который содержит в себе направленные ребра называется ориентированным графом.

Представление учебного материала в виде ациклического ориентированного графа системы понятий дает нам возможность проводить исследование учебного материала для его дальнейшей структуризации и разработки учебного курса. Одной из проблем структуризации является разбивка учебного курса по темам. Для сегментации материала на темы целесообразно использовать методы кластеризации графов [12, 13]. Данные методы позволяют объединить в кластеры понятия близкие друг к другу. Вершина – понятие в центре кластера является базисным понятием темы.

При этом появляется возможность отследить связи между кластерами, за счет связи между базисными понятиями кластеров. Благодаря этому есть возможность построить порядок введения тем в учебном курсе. Для построения сценария курса необходимо использовать алгоритмы поиска наименьшего пути [14]. При анализе графа системы понятий необходимо иметь возможность визуального представления полученных результатов. Для наглядного представления графовых моделей и их дальнейшего анализа необходимо построить их визуальные образы. Визуализация графа возможна как в двумерном, так и в трехмерном пространстве. Но использование трехмерного пространства для отображения визуального об-

раза системы понятий нецелесообразна за счет своего малого объема вершин.

Визуализации графа может сопровождаться проблемами частого пересечения ребер. Для решения данной проблемы при размещении вершин в пространстве придерживаются правила, при котором смежные вершины должны находиться как можно ближе друг к другу, при этом несмежные отдаляются. Тем самым образуются кластеры сообществ вершин. Так же необходимо учесть фактор наложения вершин и граней друг на друга, иначе пропадает возможность отделить их друг от друга. Исходя из этих проблем для наилучшего качества отображения графов были сформированы «эстетические» требования, к которым должны приближаться методы:

- минимальное пересечение ребер;
- сообщества группируются в кластер;
- минимум наложений вершин и ребер;
- распределение вершин и ребер должно быть максимально равномерно.

Существует множество методов визуализации графов, на основе которых построены системы визуализации графовых моделей [15, 16, 17]. Каждая из систем имеет свой набор реализованных методов визуализации.

Реализационная часть

Для проведения аналитической работы с учебным материалом необходимо представить учебный материал в виде графов системы понятий. Для этого необходимо составить список используемых понятий в существующем учебном материале и определить связи между терминами.

В русском языке существуют устойчивые конструкции предложений для ввода терминов. Самый простой метод – метод семантического разбора предложений [18, 19]. Есть несколько подходов для семантического разбора предложений [18]. Использование машинного обучения требует использование большого количества размеченных отобранных данных, данные методы требуют большого количества ресурсов, в том числе и временных.

Для поиска терминов в тексте целесообразнее всего использовать поиск с помощью регулярных выражений [20]. Необходимо найти все предложения, семантически соответствующие предложению ввода понятия и разделить его на 2 части: термин и ввод понятия. В подготовленном тексте коэффициент нахождения терминов с помощью регулярных выражений довольно высок, но не идеален. Требуется ручная корректировка – как часть терминов могут быть не найдены, так и часть предложений будут ошибочно приняты как предложения ввода термина, так же могут быть найдены дубликаты терминов. На основе проведенного поиска и его редакции будет создан список моделей «Термин», который включает в себя – название термина в именительном падеже единственного числа и описание термина – его определение.

Введенные понятия могут быть использованы для введения других понятий. Для этого нам необходимо провести поиск по описательной части каждого термина нахождение понятия

⁴ Буркатовская Ю. Б. Теория графов. Часть 1. Томск: Изд-во ТПУ, 2014. 200 с.



в определении. Для этого необходимо провести морфологический разбор слов, из которых состоит термин и по полученным результатам провести сам поиск [21, 22]. На основе результатов поиска составляются иерархические связи между терминами за счет реляций многие ко многим, где термин в описании которого найдено понятие выступает в качестве «дочернего» или «зависимого», а искомый термин – «родительского» или «основного» [23]. Прежде чем визуализировать систему понятий, нам необходимо составить граф понятий. Данный процесс состоит из двух этапов, описанных ранее:

1. составление списка понятий или глоссария;
2. определение взаимоотношений между понятиями.

В рамках первого этапа необходимо выбрать все понятия учебного курса вручную, либо с помощью различных алгоритмов, например семантического анализатора текста [19]. В рамках второго этапа нам необходимо найти взаимосвязи между понятиями – когда и какие понятия встречаются во введении термина [24]. Результатом выполнения этих этапов должна стать матрица, где на первой позиции находится базовый термин, а на второй термин, зависящий от базового.

```
( 'Сигнал', 'Канал связи' ), |
( 'Процессы', 'Создание' ),
( 'Процессы', 'Передача' ),
( 'Процессы', 'Хранение' ),
( 'Процессы', 'Обработка' ),
( 'Информация', 'Данные' ),
( 'Информация', 'Свойства' ),
( 'Информация', 'Процессы' ),
( 'Информация', 'Виды' ),
( 'Передача', 'Канал связи' ),
( 'Канал связи', 'Пропускная способность' ),
( 'Сигнал', 'Сообщение' ),
( 'Виды', 'По способу представления' ),
( 'Виды', 'По способу восприятия' ),
( 'Свойства', 'Объективность' ),
( 'Свойства', 'Достоверность' ),
( 'Свойства', 'Полнота' ),
( 'Свойства', 'Точность' ),
( 'Свойства', 'Цельность' ),
( 'Свойства', 'Актуальность' ),
( 'Свойства', 'Понятность' ),
( 'Свойства', 'Доступность' ),
( 'Свойства', 'Краткость' ),
( 'Данные', 'Сообщение' ),
```

Р и с. 1. Пример матрицы системы понятий

F i g. 1. An example of a concept system matrix

Для визуализации графов разработано большое количество программных средств. Они отличаются друг от друга скоростью вычислений, платформой, способом применения, каче-

ством визуализации и поддержкой различных видов графов.

Прежде чем строить граф системы понятий, необходимо его проанализировать. Для обработки и анализа данных в международной практике общепринято использовать библиотеки на языке Python⁵. Данные библиотеки имеют наиболее широкий спектр реализованных математических алгоритмов для вычислений, в том числе и для работы с графами [25]. Для работы с графом на Python используется библиотека NetworkX⁶. Данная библиотека позволяет создавать графы, изучать их и проводить над ним манипуляции, в том числе и с ориентированным графом.

Для визуализации графа используется библиотека PyGraphviz⁷, которая является оболочкой для работы с помощью языка Python с программой Graphviz⁸. Graphviz – это программа для визуализации графиков с открытым исходным кодом⁹.

Данный способ представления не всегда может быть наглядным. В некоторых случаях Удобнее представлять граф в виде дерева.

В данном примере визуализации графа системы понятий с помощью дерева (Рисунок 3) прослеживается четкая наглядная закономерность понятий, что позволяет судить о том, как нам необходимо построить учебный курс и на какие разделы и как его следует разбить.

Но не весь учебный материал по каким-то причинам должен войти в учебный курс, например при составлении курсов для изучения разного уровня погружения в тему, либо когда мы учебный материал разбиваем на несколько учебных курсов и т. д. Для этого необходимо найти все пути, необходимые для изучения материала.

Заключение

Довольно часто в процессе разработки учебного курса, необходимо иметь средства и методы для анализа учебного материала. Одним из таких методов может быть представление системы понятий учебного курса в виде ациклического ориентированного графа. Подобный подход позволяет представить изучение учебного курса в виде прохождения «путей» от понятия к понятию.

При использовании данного метода появляется возможность исследования учебного материала с помощью методов работы с графом, так и визуализировать полученные результаты в структурированном виде.

Таким образом, визуализация графа зависимостей терминов в учебном материале позволяет качественнее проанализировать материал, подготавливаемый как содержание для будущего курса. Помогает провести определение основного и второстепенного содержания учебного курса, выделить акценты на важном к изучению понятиям и грамотно определить порядок изучаемых тем. Появляется возможность, на базе одного и того же учебного материала разрабатывать несколько курсов с разным смежным содержанием или уровнем подготовки.

⁵ Python [Электронный ресурс] // The official home of the Python Programming Language. URL: <https://www.python.org> (дата обращения: 26.10.2020).

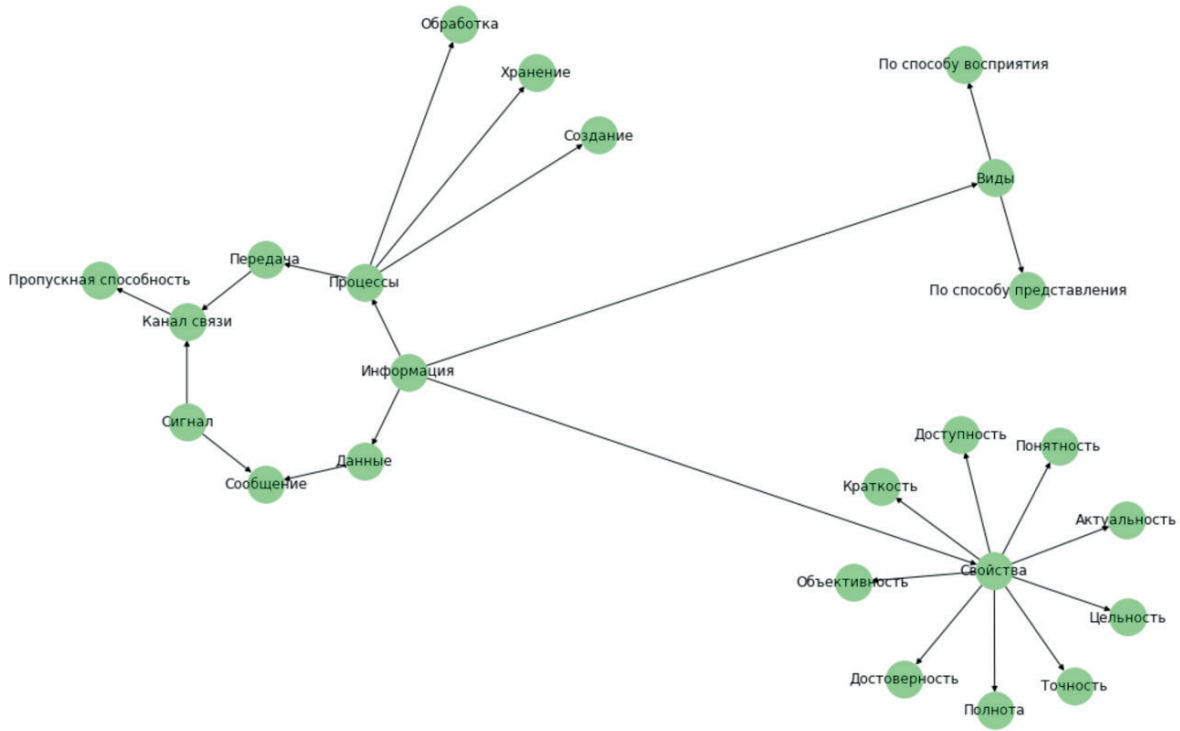
⁶ NetworkX – NetworkX documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://networkx.org> (дата обращения: 26.10.2020).

⁷ PyGraphviz – PyGraphviz documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://pygraphviz.github.io> (дата обращения: 26.10.2020).

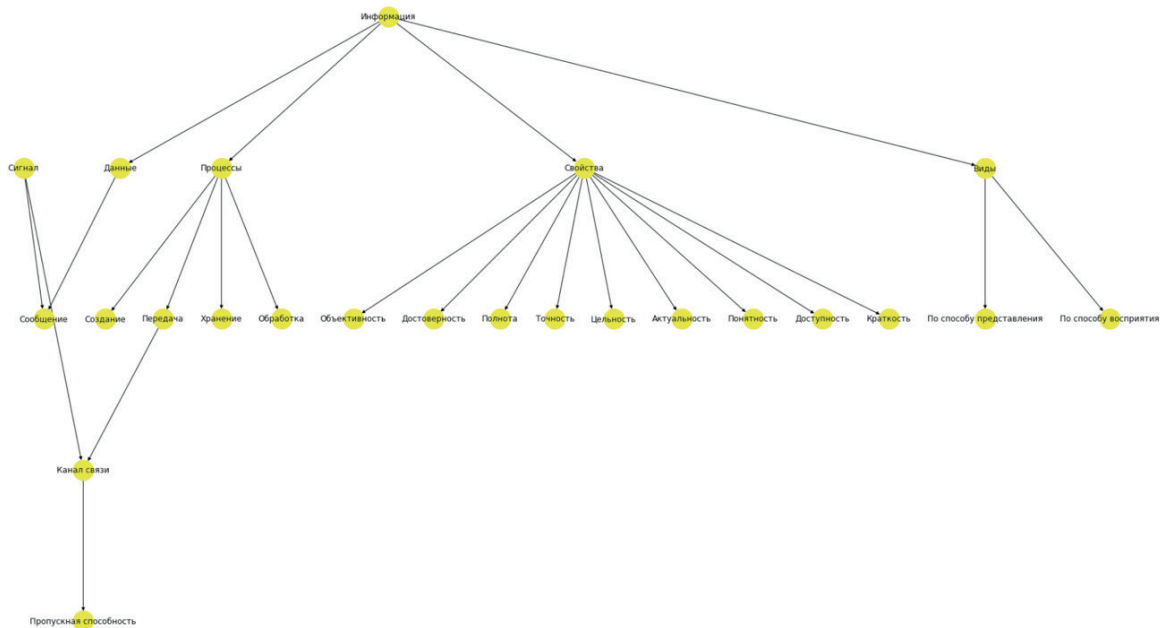
⁸ Graphviz [Электронный ресурс]. URL: <https://graphviz.org> (дата обращения: 26.10.2020).

⁹ Stallman R. Lest CodePlex perplex [Электронный ресурс] // FSF Blogs. Oct 5, 2009. URL: <https://www.fsf.org/blogs/rms/microsoft-codeplex-foundation> (дата обращения: 26.10.2020).



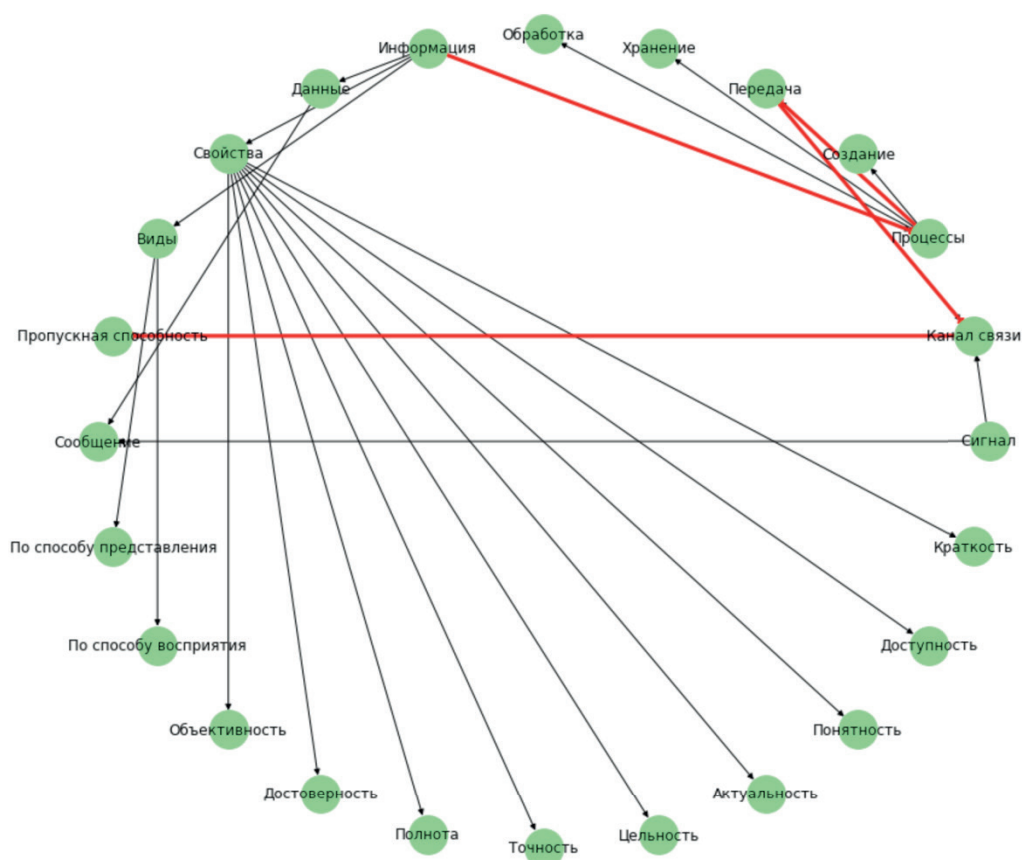


Р и с. 2. Визуализация графа
F i g. 2. Graph visualization



Р и с. 3. Визуализация графа в виде дерева
F i g. 3. Graph visualization in the form of a tree





Р и с. 4. Пример визуализации кратчайшего пути для изучения понятия
 Fig. 4. An example of visualizing the shortest path for learning a concept

Список использованных источников

- [1] Морозова, М. А. Суперсервисы как способ цифровизации госуслуг / М. А. Морозова // Хроноэкономика. – 2019. – № 6(19). – С. 55-59. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41418303> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [2] Уваров, А. Ю. Цифровые технологии в российском образовании: исторический обзор / А. Ю. Уваров, С. Ван, Ц. Кан, Х. Су, П. Цао, С. Цзян, Ю. Чжан, С. Чжу // Проблемы и перспективы цифровой трансформации образования в России и Китае. II Российско-китайская конференция исследователей образования «Цифровая трансформация образования и искусственный интеллект» / Отв. ред. И. В. Дворецкая. – М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2019. – С. 15-32. – URL: <https://aiedu.hse.ru/mirror/pubs/share/308201188> (дата обращения: 26.10.2020).
- [3] Левченко, И. В. Подходы к решению проблемы поиска сценариев уроков по информатике для основной школы в библиотеке Московской электронной школы / И. В. Левченко, А. Р. Садыкова. – DOI 10.22363/2312-8631-2019-16-3-231-242 // Вестник Российского универси-
- [4] Заславская, О. Ю. Организация взаимодействия между преподавателем и студентами в ходе обучения созданию и использованию электронных образовательных материалов / О. Ю. Заславская. – DOI 10.22363/2312-8631-2018-15-4-351-362 // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2018. – Т. 15, № 4. – С. 351-362. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36976564> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [5] Титова, С. В. Контроль и оценивание в языковом классе с помощью мобильных приложений / С. В. Титова // Вестник Московского университета. Серия 19: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2017. – № 1. – С. 24-34. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28794077> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [6] Красильникова, Л. В. Использование компьютерных игр в развитии речи детей дошкольного возраста / Л. В. Красильникова, Н. В. Вялова // Перспективы науки



- и образования. – 2018. – № 3(33). – С. 217-225. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35204121> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [7] Гейн, А. Г. О построении инновационной модели учебного курса / А. Г. Гейн, В. П. Некрасов // Вестник Уральского института экономики, управления и права. – 2013. – № 2(23). – С. 80-86. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21128733> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [8] Паничев, С. А. Математические структуры как основа построения естественно-научных учебных курсов / С. А. Паничев // Образование и наука. Известия Уральского отделения Российской Академии образования. – 2004. – № 5(29). – С. 108-112. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18269795> (дата обращения: 26.10.2020).
- [9] Косьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Косьянов, В. А. Евстигнеев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
- [10] Wilson, R. J. Introduction to Graph Theory / R. J. Wilson. – 4th Edition. – Addison Wesley, 1996.
- [11] Касьянов, В. Н. Визуализация информации на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Научная визуализация. – 2014. – Т. 6, № 1. – С. 31-50. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21531384> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [12] Коннов, И. В. Решение задачи кластеризации методами оптимизации на графах / И. В. Коннов, О. А. Кашина, Э. И. Гильманова. – DOI 10.26907/2541-7746.2019.3.423-437 // Ученые записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. – 2019. – Т. 161, № 3. – С. 423-437. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41539288> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [13] Ильев, А. В. Об одной задаче кластеризации графа с частичным обучением / А. В. Ильев, В. П. Ильев. – DOI 10.17223/20710410/42/5 // Прикладная дискретная математика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 66-76. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36668308> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [14] Хадиев, К. Р. Квантовый алгоритм для нахождения кратчайшего пути в ациклическом ориентированном графе / К. Р. Хадиев, Л. И. Сафина // Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. – 2019. – № 1. – С. 48-52. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37154196> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [15] Herman, I. Graph visualization and navigation in information visualization: A survey / I. Herman, G. Melancon, M. S. Marshall. – DOI 10.1109/2945.841119 // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2000. – Vol. 6, issue 1. – Pp. 24-43.
- [16] Kasyanov, V. N. Graph Theory for Programmers: Algorithms for Processing Trees / V. N. Kasyanov, V. A. Evstigneev // Mathematics and Its Applications. – Springer Netherlands, 2000. – Vol. 515.
- [17] Kasyanov, V. N. Graph- and Cloud-Based Tools for Computer Science Education / V. N. Kasyanov, E. V. Kasyanova. – DOI 10.1007/978-3-319-25744-0_4 // Mobile, Secure, and Programmable Networking. MSPN 2015. Lecture Notes in Computer Science. ed. by S. Boumerdassi, S. Bouzeffrane, É. Renault. – Springer, Cham. – 2015. – Vol. 9395. – Pp. 41-54. – URL: https://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-25744-0_4 (дата обращения: 26.10.2020).
- [18] Батура, Т. В. Семантический анализ и способы представления смысла текста в компьютерной лингвистике / Т. В. Батура. – DOI 10.15827/0236-235X.116.045-057 // Программные продукты и системы. – 2016. – Т. 29, № 4. – С. 45-57. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28301283> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [19] Мозговой, М. В. Семантический анализатор и задача информационного поиска / М. В. Мозговой // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2005. – № 3. – С. 54-59. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21099040> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [20] Черемисинов, Д. И. Детерминированная семантика регулярных выражений / Д. И. Черемисинов // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2(14). – С. 379-386. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26159783> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [21] Усталов, Д. А. Распределенная инструментальная среда словарного морфологического анализа для обработки русского языка / Д. А. Усталов, М. Л. Гольдштейн // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2012. – № 27(286). – С. 119-127. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17914850> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [22] Боярский, К. К. Семантико-синтаксический парсер SemSin / К. К. Боярский, Е. А. Каневский. – DOI 10.17586/2226-1494-2015-15-5-869-876 // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 5. – С. 869-875. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24153138> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [23] Маликов, А. В. Проецирование иерархических структур реляционных данных в объектную модель приложения / А. В. Маликов, Д. К. Пархоменко, Ю. В. Гулевский // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2009. – № 3(151). – С. 19-24. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12906253> (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.
- [24] Brath, R. Font attributes enrich knowledge maps and information retrieval / R. Brath, E. Banissi. – DOI 10.1007/s00799-016-0168-4 // International Journal on Digital Libraries. – 2017. – Vol. 18, issue 1. – Pp. 5-24. – URL: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s00799-016-0168-4> (дата обращения: 26.10.2020).
- [25] Усталов, Д. А. Комплекс программ автоматического построения семантической сети слов / Д. А. Усталов, А. В. Созыкин. – DOI 10.14529/cmse170205 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2017. – Т. 6, № 2. – С. 69-83. – URL: <https://elibrary.ru/item>



asp?id=29410450 (дата обращения: 26.10.2020). – Рез. англ.

Поступила 26.10.2020; одобрена после рецензирования 28.11.2020; принята к публикации 10.12.2020.

Об авторе:

Филипов Андрей Викторович, начальник отдела разработки цифровых решений, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (141701, Российская Федерация, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9157-9027>, andrey@filipov.ws

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Morozova M.A. Super service as a method of digitalizing state services. *Hronoeconomics*. 2019; (6):55-59. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41418303> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [2] Uvarov A.Yu. et al. *Cifrovye tehnologii v rossijskom obrazovanii: istoricheskij obzor* [Digital technologies in Russian education: a historical overview]. In: Dvoretzkaya I.V. (ed.) *Proceedings of the Second Russia-China Education Research Conference – Digital Transformation of Education and Artificial Intelligence*. HSE University Publ., Moscow; 2019. p. 15-32. Available at: <https://aiedu.hse.ru/mirror/pubs/share/308201188> (accessed 26.10.2020). (In Russ.)
- [3] Levchenko I.V., Sadykova A.R. Approaches to solving the problem of search of scenarios of lessons on informatics for basic school in the Moscow E-School library. *RUDN Journal of Informatization in Education*. 2019; 16(3):231-242. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8631-2019-16-3-231-242>
- [4] Zaslavskaya O.Yu. Organization of interaction between the teacher and students in the preparation for the creation and use of electronic educational materials. *RUDN Journal of Informatization in Education*. 2018; 15(4):351-362. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2018-15-4-351-362>
- [5] Titova S.V. Mobile testing apps for assessment and evaluation in language classroom. *The Bulletin of Moscow University. Series 19. Linguistics and Cross-Cultural Communication*. 2017; (1):24-34. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28794077> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [6] Krasilnikova L.V., Vyalova N.V. Use of computer games in the development of speech of children of preschool age. *Perspectives of Science and Education*. 2018; (3):217-225. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35204121> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [7] Gein A.G., Nekrasov V.P. Construction of the innovative educational course model. *Bulletin of the Ural Institute of Economics, Management and Law*. 2013; (2):80-86. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21128733> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [8] Panichev S.A. *Matematicheskie struktury kak osnova postroeniya estestvenno-nauchnyh uchebnyh kursov* [Mathematical structures as the basis for the construction of natural science training courses]. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj Akademii obrazovaniya*. 2004; (5):108-112. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18269795> (accessed 26.10.2020). (In Russ.)
- [9] Kasyanov V.N., Evstigneev V.A. *Graphy v programmirovanii: obrabotka, vizualizaciya i primenenie* [Graphs in Programming: Processing, Visualization and Application]. SPb., BH-VPeterburg Publ.; 2003. (In Russ.)
- [10] Wilson R.J. *Introduction to Graph Theory*. 4th Edition. Addison Wesley; 1996. (In Eng.)
- [11] Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Information visualization on the base of graph models. *Scientific Visualization*. 2014; 6(1):31-50. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21531384> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [12] Konnov I.V., Kashina O.A., Gilmanova E.I. Solution of clusterization problem by graph optimization methods. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki*. 2019; 161(3):423-437. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2019.3.423-437>
- [13] Il'ev A.V., Il'ev V.P. On a semi-superwized graph clustering problem. *Applied Discrete Mathematics*. 2018; 42(5):66-76. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17223/20710410/42/5>
- [14] Khadiev K.R., Safina L.I. Quantum Algorithm for Shortest Path Search in Directed Acyclic Graph#. *Moscow University Computational Mathematics and Cybernetics*. 2019; 43(1):47-51. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3103/S0278641919010023>
- [15] Herman I., Melancon G., Marshall M.S. Graph visualization and navigation in information visualization: A survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2000; 6(1):24-43. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/2945.841119>
- [16] Kasyanov V.N., Evstigneev V.A. *Graph Theory for Programmers: Algorithms for Processing Trees. Mathematics and Its Applications*, vol. 515. Springer Netherlands; 2000. (In Eng.)
- [17] Kasyanov V.N., Kasyanova E.V. Graph- and Cloud-Based Tools for Computer Science Education. In: Boumerdassi S., Bouzefrane S., Renault É. (ed.) *Mobile, Secure, and Programmable Networking*. MSPN 2015. *Lecture Notes in Computer Science*. 2015; 9395:41-54. Springer, Cham. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25744-0_4
- [18] Batura T.V. Semantic analysis and methods of text meaning representation in computer linguistics. *Software & Systems*. 2016; 29(4):45-57. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15827/0236-235X.116.045-057>
- [19] Mozgovoy M.V. Semantical Analyzer and the Problem of Text Retrieval. *Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*. 2005; (3):54-59. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21099040> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)



- [20] Cheremisinov D.I. The deterministic semantic of the regular expressions. *Educational Resources and Technologies*. 2016; (2):379-386. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26159783> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [21] Ustalov D.A., Goldstein M.L. A distributed dictionary - based morphological analysis framework for Russian language processing. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modelling, Programming & Computer Software*. 2012; (27):119-127. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17914850> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [22] Boyarsky K.K., Kanevsky E.A. SemSin Semantic and Syntactic Parser. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2015; 15(5):869-875. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2015-15-5-869-876>
- [23] Malikov A.V., Parkhomenko D.K., Gulevskiy Yu.V. Interface between the database, containing hierarchical structure and the end-user software. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Technical Sciences*. 2009; (3):19-24. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12906253> (accessed 26.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [24] Brath R., Banissi E. Font attributes enrich knowledge maps and information retrieval. *International Journal on Digital Libraries*. 2017; 18(1):5-24. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s00799-016-0168-4>
- [25] Ustalov D.A., Sozykin A.V. A Software System for Automatic Construction of a Semantic Word Network. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*. 2017; 6(2):69-83. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.14529/cmse170205>

*Submitted 26.10. 2020; approved after reviewing 28.11.2020;
accepted for publication 10.12.2020.*

About the author:

Andrey V. Filipov, Head of Digital Solutions Development Department, Moscow Institute of Physics and Technology (9 Institutskiy per., Dolgoprudny 141701, Moscow Region, Russian Federation), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9157-9027>, andrey@filipov.ws

The author has read and approved the final manuscript.

