

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ СПИСКА ТЕРМИНОВ НА ОСНОВЕ ГОТОВЫХ КОНСПЕКТОВ УРОКОВ

А. В. Филипов¹

¹ *Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)*
117303, Россия, г. Москва, ул. Керченская, д. 1А, корп. 1

Аннотация

У преподавателя при построении курса обучения по дисциплине периодически возникает необходимость в инструментах анализа и визуализации структуры будущего курса, в частности, в инструментах для выделения системы понятий, на основе которой будет построен будущий курс, а также для систематизации и структуризации этой системы. В статье рассматривается проблема автоматического составления списка понятий (терминов) для последующего анализа учебного материала при создании учебных курсов. Выбор системы понятий и способов ее представления зависит от временных рамок курса, познавательных возможностей учащихся и имеющихся у них знаний.

В статье рассматривается способ построения тезауруса на основе готовых конспектов уроков с помощью лингвистических методов анализа текстов на естественном языке. С помощью графематического анализа конспектов уроков определяются структурные единицы учебного курса. Для составления тезауруса выполняется синтаксический анализ структурных единиц текста типа «предложение» на соответствие шаблону ввода определения понятия. Для нахождения отношений между понятиями термины из тезауруса приводятся ко всем морфологическим формам и производится их поиск на вхождение в определения других понятий. Для последующего анализа учебного курса структурные единицы, термины и их отношения представляются в виде графовых моделей.

Ключевые слова: учебный курс, анализ учебного материала, теория графов, система понятий.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-46-51

Для цитирования:

Филипов А. В. Методика автоматического составления списка терминов на основе готовых конспектов уроков // Информатика и образование. 2021. № 5. С. 46–51.

Статья поступила в редакцию: 24 марта 2021 года.

Статья принята к печати: 18 мая 2021 года.

Сведения об авторе

Филипов Андрей Викторович, начальник отдела разработки цифровых решений, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия; andrey@filipov.ws; DOI: 0000-0001-9157-9027

1. Введение

Современный мир характеризуется увеличением роли цифровых решений во всех областях повседневной жизни человека. С каждым днем все больше услуг, предоставляемых в реальном мире, трансформируются и переносятся в онлайн-среду [1]. Процессы предоставления услуг пересматриваются и автоматизируются. Данная тенденция имеет ряд положительных эффектов:

- уменьшение срока предоставления услуги;
- уменьшение затрат финансовых и административных ресурсов для предоставления услуги;
- уменьшение шанса ошибки при предоставлении услуги за счет уменьшения участия человека и исключения человеческого фактора в ее предоставлении;
- возможность проведения анализа по предоставляемым услугам;
- усиление контроля за качеством предоставления услуги.

Цифровизацией предоставления услуг занимаются как частные компании, так и государственные учреждения. Одним из примеров предоставления услуг населению со стороны государства является портал Госуслуги.

Образование, как одна из важнейших сфер жизнедеятельности общества, также проходит подобную трансформацию. На цифровизацию системы образования Российской Федерации выделяются значительные финансовые и административные ресурсы. С каждым годом наращиваются темпы внедрения различных технических решений и разработки методических рекомендаций по использованию современных технических средств. Например, с начала XXI века в российские школы были поставлены значительное количество компьютерного оборудования, а также программное обеспечение. В регионах России были разработаны системы учета успеваемости — электронные журналы, которые позволяют обучающимся оперативно получать задания, видеть расписание занятий, следить за своей успеваемостью. Для родителей подобные информационные системы выступают в роли дополнительного инструмента контроля процесса обучения своих детей и оперативной дистанционной связи с учителями. Руководству образовательной организации такие системы позволяют осуществлять более качественный мониторинг работы преподавательского состава, проводить анализ деятельности организации для выстраивания стратегии ее дальнейшего развития. Учителям данные системы предоставляют ин-

струментарий для систематизации и планирования своей работы, а также для получения оперативной связи с родителями учащихся.

Один из примеров успешного осуществления проекта цифровизации в сфере образования — разработка и внедрение портала «Московская электронная школа» (МЭШ). Отличительная особенность портала состоит в том, что МЭШ содержит не только электронный журнал, но и инструменты для планирования учебных курсов и подготовки к уроку. На платформе МЭШ учителя обмениваются своим опытом, в том числе методическими разработками уроков [2, 3]. Также МЭШ позволяет организовывать процесс обучения с помощью интерактивных досок и личных устройств обучающихся — посредством презентаций, видеороликов, систем тестирования и т. д. [4].

К учебным материалам, загружаемым в МЭШ, предъявляются особые требования, и перед публикацией весь загруженный контент проходит проверку. Однако при этом в сервисах системы образования нет инструментов для анализа учебного материала и поиска в нем ошибок. Примеры таких ошибок — неверная последовательность подачи материала или введение и раскрытие не всех используемых понятий (терминов).

Для поиска ошибок необходимо провести анализ учебного материала. Один из способов представления учебного материала для анализа — составление тезауруса, поиск взаимосвязи между терминами полученного тезауруса и визуализация тезауруса.

2. Поиск введенных терминов и понятий в тексте

Для составления тезауруса достаточно прочитать весь текст и выписать все случаи, когда в материале вводится понятие (термин). Но объемы текста могут быть настолько велики, что подобный процесс займет слишком много времени, а вероятность пропустить необходимый элемент тезауруса возрастает. Одно из решений для снижения вероятности возникновения подобных проблем — автоматизация поиска понятий. Рассматриваемая проблема относится к области информатики, занимающейся анализом и обработкой естественных языков. Для автоматического поиска понятий необходимо воспользоваться существующими методами анализа естественного языка [5, 6].

На сегодняшний день можно выделить два метода анализа текстов на естественном языке: статистический и лингвистический.

Статистический метод анализа текста на естественном языке основан на утверждении, что смысл и содержание текста характеризуются частотой употребления тех или иных слов в тексте; каждому слову присваивается некоторый вес в зависимости от выбранного метода статистического анализа текста [7, 8].

Лингвистический метод анализа текста на естественном языке базируется на определении структуры текста. Данный метод включает в себя анализ четырех типов:

- 1) *графематический анализ* — процесс выделения структурных единиц текста: документов, параграфов, абзацев, предложений, слов [9, 10];
- 2) *морфологический анализ* — процесс определения грамматического значения словоформ и выделения их основ [11];
- 3) *синтаксический анализ* — процесс сопоставления последовательности слов и знаков естественного языка с его формальной грамматикой.
- 4) *семантический анализ* — процесс поиска отношений между словами в тексте.

Для построения тезауруса можно использовать статистический метод анализа текста на естественном языке [12, 13]. Но такой подход сложен в реализации, требует большого объема размеченных данных для обучения будущей системы. При этом существует более важная проблема при обработке учебного материала статистическим методом — нет ссылки на место, в котором было введено конкретное понятие и дано его описание.

В связи с этим в рамках нашего исследования были использованы лингвистические методы анализа учебного материала.

Для проведения анализа учебного материала нам необходимо провести графематический анализ, т. е. определить структуру текста: выделить параграфы, абзацы, предложения и понятия. Это позволит наглядно показать, в каких параграфах используется конкретное понятие, где оно введено, где является ключевым.

Для более качественного анализа текста необходимо, чтобы все структурные единицы в рамках документа соответствовали одним и тем же правилам. В большинстве случаев эти правила имеют такие формулировки:

- названия параграфов должны начинаться с новой строки и со знака «§»;
- абзацы, относящиеся к параграфу, должны следовать сразу после его названия;
- каждый абзац должен начинаться с новой строки;
- предложения, входящие в один абзац, должны быть разделены между собой знаком «пробел»;
- все предложения должны заканчиваться знаками: «.», «?» и «!».

При наличии заранее определенных правил оформления текста появляется возможность выделить существующую структуру учебного материала: Параграф → Абзац → Предложение.

При анализе учебных пособий разных авторов нами была выявлена закономерность построения предложений, в которых вводится понятие. Все эти предложения относятся к одному из шаблонов. Например, определение: «*Информатика — это фундаментальная наука, изучающая информацию, ее свойства и процессы, протекающие в средах различной природы*» соответствует шаблону: «(термин) — [это] (определение)».

Используя подобные шаблоны, можно классифицировать предложения, разделив их на определения и обычные предложения с помощью парсер-ком-

бинаторов. В рамках данной статьи будем считать, что **парсер-комбинаторы** — это метод, используемый в синтаксическом анализе текста для создания функций анализа строки и ее разбора на составляющие компоненты с учетом ее грамматики [14]. При использовании данного метода мы не только относим предложения к нужному классу, но и получаем два компонента предложения: термин и его определение. Следует отметить, что при низком качестве соблюдения формата текста используемые подходы дают очень низкий результат.

Для составления тезауруса найденные термины приводятся к нормальной форме слова.

3. Определение взаимосвязей между понятиями и терминами в тексте

Для полноценного анализа учебного материала составление тезауруса необходимо, но не достаточно. Важно знать, какие имеются взаимоотношения между понятиями, между понятиями и абзацами, между параграфами.

В тезаурусе учебного курса одно понятие может являться основным для другого понятия, а то, в свою очередь, для другого и т. д., тем самым создается сложная система взаимосвязей [15]. При большом объеме материала в учебном курсе важно выбрать математическую структуру для удобной работы с терминами и с возможностью всестороннего анализа материала [16]. Для анализа, наглядного представления и работы с большими системами взаимосвязанных элементов в математике используют графы [17–19].

Для моделирования учебного материала структурные элементы текста удобнее всего представить в виде графовых моделей, где:

- вершиной графа является модель параграфа, абзаца, предложения или понятия;

- ребром графа является связь между структурными элементами текста.

При этом представление модели учебного материала в виде простого графа отражает только информацию о том, что две структурные единицы текста имеют связь друг с другом, но не показывает, как они зависят друг от друга. Одним из решений этой проблемы является задание направления ребрам — от базовой структурной единицы к зависимой. То есть мы получаем ориентированный граф — граф, который содержит направленные ребра.

Для поиска взаимосвязи между понятиями необходимо найти упоминание базового термина в абзаце, содержащем определение другого понятия. Для более точного поиска необходимо понятие привести ко всем морфологическим формам слова и произвести поиск по каждой форме.

В случае нахождения термина в абзаце устанавливается связь:

- *между понятиями*: от искомого понятия к понятию, в абзаце определения которого происходил поиск;
- *между понятием и абзацем*: от искомого понятия к абзацу, в котором найдено упоминание понятия;
- *между параграфами*: от параграфа, в котором введено понятие, к параграфу, в котором оно упоминается.

4. Заключение

Довольно часто в процессе работы с учебным материалом необходимо иметь средства и методы для его анализа. Одним из таких методов может быть автоматическое создание списка терминов учебного курса (тезауруса) и визуализация этого списка в виде ориентированного графа.

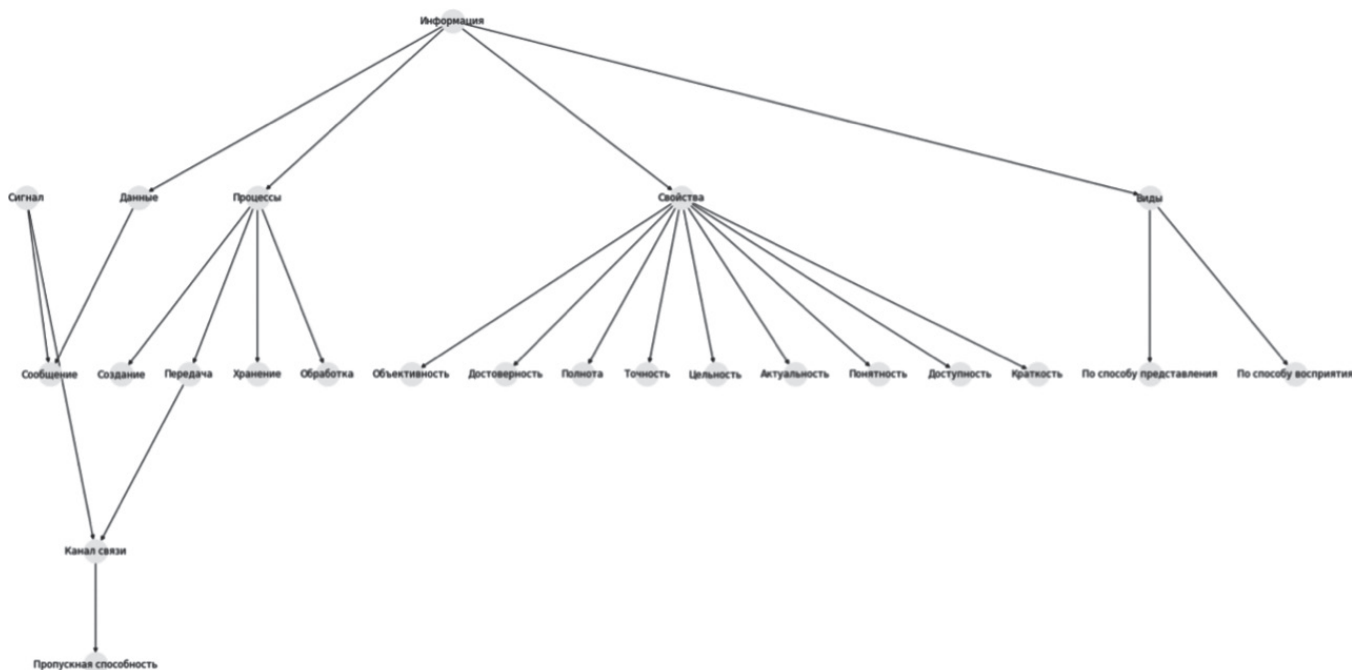


Рис. 1. Пример представления графа зависимостей понятий в виде дерева

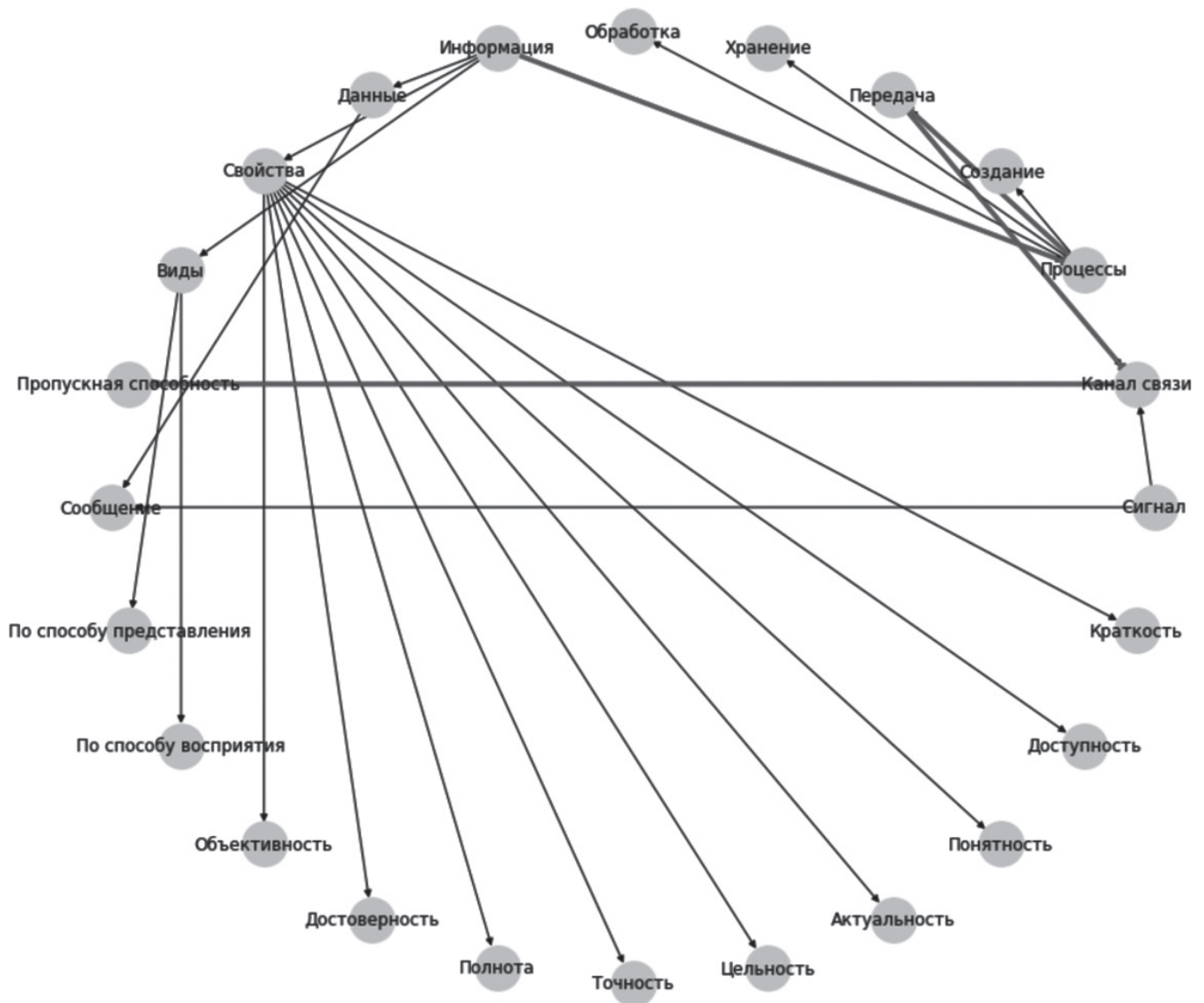


Рис. 2. Пример визуализации кратчайшего пути для изучения темы (толстая линия связывает графы кратчайшего пути до понятия «Пропускная способность»)

Графовое представление тезауруса позволяет построить дерево понятий [20]. Подобный подход дает возможность визуализировать иерархию понятий, что позволяет из существующего учебного материала построить лаконичный последовательный учебный курс со своевременным вводом необходимых понятий (рис. 1).

Благодаря использованию графов появляется возможность включать в курс только то, что действительно необходимо изучить в рамках курса, за счет построения кратчайшего пути от базового понятия к понятию изучаемой темы (рис. 2) [21].

При применении данного метода появляется возможность исследования учебного материала с помощью методов работы с графами и визуализации полученных результатов в структурированном виде.

Таким образом, визуализация графа зависимостей терминов в учебном материале позволяет провести качественный анализ материала, подготавливаемого как содержание будущего курса, помогает

определить основное и второстепенное содержание учебного курса, акцентировать внимание на самых важных для изучения понятиях, грамотно определить порядок изучаемых тем. Появляется возможность на базе одного и того же учебного материала разрабатывать несколько курсов с разным смежным содержанием или для учащихся с разным уровнем подготовки.

Список использованных источников

1. Морозова М. А. Суперсервисы как способ цифровизации госуслуг // Хроноэкономика. 2019. № 6. С. 55–59. http://hronoeconomics.ru/06_2019.pdf
2. Левченко И. В., Садыкова А. Р. Подходы к решению проблемы поиска сценариев уроков по информатике для основной школы в библиотеке Московской электронной школы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2019. Т. 16. № 3. С. 231–242. DOI: 10.22363/2312-8631-2019-16-3-231-242
3. Денищева Л. О., Семеняченко Ю. А., Федосеева З. Р., Жданов А. А., Захарова Т. А. Модель проектирования ресурсов Московской электронной школы по предметной области

«Математика» основного общего образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2019. Т. 16. № 3. С. 257–269. DOI: 10.22363/2312-8631-2019-16-3-257-269

4. Заславская О. Ю. Организация взаимодействия между преподавателем и студентами в ходе обучения созданию и использованию электронных образовательных материалов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2018. Т. 15. № 4. С. 351–362. DOI: 10.22363/2312-8631-2018-15-4-351-362

5. Диковицкий В. В., Шишаев М. Г. Обработка текстов естественного языка в моделях поисковых систем // Труды Кольского научного центра РАН. 2010. № 3. С. 29–34. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17942055>

6. Цитильский А. М., Иванников А. В., Рогов И. С. NLP — обработка естественных языков // StudNet. 2020. Т. 3. № 6. С. 467–475. https://stud.net.ru/wp-content/uploads/2020/05/Выпуск-6_2020.pdf

7. Найденова К. А., Невзорова О. А. Машинное обучение в задачах обработки естественного языка: обзор современного состояния исследований // Ученые записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. 2008. Т. 150. № 4. С. 5–24. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12771620>

8. Богомолов Ю. А. Обзор моделей нейронных сетей для обработки естественного языка // StudNet. 2020. Т. 3. № 4. С. 203–217. https://stud.net.ru/wp-content/uploads/2020/05/Выпуск-4_2020.pdf

9. Первушин А. Модуль графематического анализа в системе обработки русскоязычных текстов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2012. № 15. С. 187–190. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29208381>

10. Скребцова Т. Г., Суворов С. Г., Клементьева А. В., Кузнецов С. А. Лингвистический анализатор. Преобразование текста в метаязыковую структуру данных. СПб.: СПбГУ, 2019. 238 с.

11. Минец Д. В., Горушкина А. В. Морфологический анализ текста: функциональные возможности // Litera. 2017. № 3. С. 12–22. DOI: 10.25136/2409-8698.2017.3.24112

12. Бессмертный И. А., Нугуманова А. Б. Метод автоматического построения тезаурусов на основе статистиче-

ской обработки текстов на естественном языке // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 5. С. 125–130. <http://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/702>

13. Гринева М., Гринев М. Анализ текстовых документов для извлечения тематически сгруппированных ключевых терминов // Труды Института системного программирования РАН. 2009. Т. 16. С. 155–165. https://www.ispras.ru/proceedings/isp_16_2009/isp_16_2009_155/

14. Чубейко С. В., Цуриков А. Н., Палагута В. С. Анализ синтаксического разбора текста с помощью парсеркомбинаторов // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. С. 105. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37845250>

15. Гейн А. Г., Некрасов В. П. О построении инновационной модели учебного курса // Вестник Уральского института экономики, управления и права. 2013. № 2. С. 80–86. http://www.urep.ru/images/stories/vestnik/archiv/2013/2_23_06_2013.pdf

16. Паничев С. А. Математические структуры как основа построения естественно-научных учебных курсов // Образование и наука. Известия УРО РАО. 2004. № 5. С. 108–112. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18269795>

17. Касьянов В. Н., Евстигнеев В. А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 1104 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19580698>

18. Herman I., Melancon G., Marshall M. S. Graph visualization and navigation in information visualization: A Survey // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2000. Vol. 6. Is. 1. P. 24–43. DOI: 10.1109/2945.841119

19. Буркатовская Ю. Б. Теория графов. Часть 1. Томск: ТПУ, 2014. 200 с.

20. Kasyanov V. N., Evstigneev V. A. Graph theory for programmers: Algorithms for processing trees. Springer Netherlands, 2000. 432 p.

21. Хадиев К. Р., Сафина Л. И. Квантовый алгоритм для нахождения кратчайшего пути в ациклическом ориентированном графе // Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. 2019. № 1. С. 48–52. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37154196>

A TECHNIQUE FOR AUTOMATICALLY CREATING A LIST OF TERMS BASED ON READY-MADE LESSON ARTICLES

A. V. Filipov¹

¹ Moscow Institute of Physics and Technology
117303, Russia, Moscow, ul. Kerzhenskaya, 1A, building 1

Abstract

When constructing a course of study in a discipline, a teacher periodically needs tools for analyzing and visualizing the structure of a future course, in particular, tools for highlighting a system of concepts on the basis of which a future course will be built, as well as for systematizing and structuring this system. The article discusses the problem of automatically compiling a list of concepts (terms) for the subsequent analysis of educational material when creating courses of disciplines. 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.

The article discusses a method for constructing a thesaurus based on ready-made abstracts of lessons using linguistic methods for analyzing texts in natural language. With the help of graphematic analysis of the abstracts of lessons, the structural units of the course are determined. To compile the thesaurus, the syntactic analysis of the structural units of the text of the “sentence” type is performed for compliance with the template for entering the definition of the concept. To find relationships between concepts, terms from the thesaurus are reduced to all morphological forms and they are searched for in the definitions of other concepts. For the subsequent analysis of the training course, structural units, terms and their relationships are presented in the form of graph models.

Keywords: training course, analysis of training material, graph theory, terms system.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-46-51

For citation:

Filipov A. V. Metodika avtomaticheskogo sostavleniya spiska terminov na osnove gotovykh konspektov urokov [A technique for automatically creating a list of terms based on ready-made lesson articles]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2021, no. 5, p. 46–51. (In Russian.)

Received: March 24, 2021.

Accepted: May 18, 2021.

About the author

Andrey V. Filipov, Head of the Digital Solutions Development Department, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia; andrey@filipov.ws; DOI: 0000-0001-9157-9027

References

1. Morozova M. A. Superservisy kak sposob tsifrovizatsii gosuslug [Super service as a method of digitalizing state services]. *Khronoeconomika — Chronoeconomics*, 2019, no. 6, p. 55–59. (In Russian.) Available at: http://hronoeconomics.ru/06_2019.pdf
2. Levchenko I. V., Sadykova A. R. Podkhody k resheniyu problemy poiska stsensariyev urokov po informatike dlya osnovnoy shkoly v biblioteke Moskovskoy ehlektronnoy shkoly [Approaches to solving the problem of search of scenarios of lessons on informatics for basic school in the Moscow E-School library]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya — Bulletin of People's Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2019, vol. 16, no. 3, p. 231–242. (In Russian.) DOI: 10.22363/2312-8631-2019-16-3-231-242
3. Denischeva L. O., Semenyachenko Yu. A., Fedoseeva Z. R., Zhdanov A. A., Zakharova T. A. Model' proektirovaniya resursov Moskovskoy ehlektronnoy shkoly po predmetnoj oblasti "Matematika" osnovnogo obshhego obrazovaniya [Model of designing resources of Moscow E-School in the subject area "Mathematics" of basic general education]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya — Bulletin of People's Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2019, vol. 16, no. 3, p. 257–269. (In Russian.) DOI: 10.22363/2312-8631-2019-16-3-257-269
4. Zaslavskaya O. Yu. Organizatsiya vzaimodeystviya mezhdru prepodavatelem i studentami v khode obucheniya sozdaniyu i ispol'zovaniyu ehlektronnykh obrazovatel'nykh materialov [Organization of interaction between the teacher and students in the preparation for the creation and use of electronic educational materials]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya — Bulletin of People's Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2018, vol. 15, no. 4, p. 351–362. (In Russian.) DOI: 10.22363/2312-8631-2018-15-4-351-362
5. Dikovitsky V. V., Shishaev M. G. Obrabotka tekstov estestvennogo yazyka v modelyakh poiskovykh sistem [Processing of human language texts in search systems models]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN — Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, no. 3, p. 29–34. (In Russian.)
6. Tsitlitsky A. M., Ivannikov A. V., Rogov I. S. NLP — obrabotka estestvennykh yazykov [Natural language processing]. *StudNet*, 2020, vol. 3, no. 6, p. 467–475. (In Russian.) Available at: https://stud.net.ru/wp-content/uploads/2020/05/Выпуск-6_2020.pdf
7. Naydenova K. A., Nevzorova O. A. Mashinnoe obuchenie v zadachakh obrabotki estestvennogo yazyka: obzor sovremennogo sostoyaniya issledovaniy [Machine learning in Natural Language Processing problems: An overview of the current state of research]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki*, 2008, vol. 150, no. 4, p. 5–24. (In Russian.)
8. Bogomolov Yu. A. Obzor modeley nejronnykh setey dlya obrabotki estestvennogo yazyka [Overview of neural network models for natural language processing]. *StudNet*, 2020, vol. 3, no. 4, p. 203–217. (In Russian.) Available at: https://stud.net.ru/wp-content/uploads/2020/05/Выпуск-4_2020.pdf
9. Pervushin A. Modul' grafematischeskogo analiza v sisteme obrabotki russkoyazychnykh tekstov [The graphematic analysis module in the Russian-language text processing system]. *Novye informatsionnye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh — New information technologies in automated systems*, 2012, no. 15, p. 187–190. (In Russian.)
10. Skrebtsova T. G., Suvorov S. G., Klementyeva A. V., Kuznetsov S. A. Lingvisticheskiy analizator. Preobrazovanie teksta v metazykovuyu strukturu dannykh [Linguistic analyzer. Converting text to a metalanguage data structure]. Saint Petersburg, SPbSU, 2019. 238 p. (In Russian.)
11. Minets D. V., Gorushkina A. V. Morfologicheskij analiz teksta: funktsional'nye vozmozhnosti [Morphological text analysis: functionality]. *Litera*, 2017, no. 3, p. 12–22. (In Russian.) DOI: 10.25136/2409-8698.2017.3.24112
12. Bessmertny I. A., Nugumanova A. B. Metod avtomaticheskogo postroeniya tezaurusov na osnove statisticheskoy obrabotki tekstov na estestvennom yazyke [Method for automatic construction of thesauri based on statistical processing of natural language texts]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2012, vol. 321, no. 5, p. 125–130. (In Russian.) Available at: <http://izvestiya.tpu.ru/archive/article/view/702>
13. Grineva M., Grinev M. Analiz tekstovykh dokumentov dlya izvlecheniya tematischeski sgruppированных klyuchevykh terminov [Analyze text documents to extract thematically grouped key terms]. *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN — Proc. Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 16, p. 155–165. (In Russian.) Available at: https://www.ispras.ru/proceedings/isp_16_2009/isp_16_2009_155/
14. Chubeiko S. V., Tsurikov A. N., Palaguta V. S. Analiz sintaksicheskogo razbora teksta s pomoshh'yu parserkombinatorov [Analysis of parsing text using parser combinators]. *Inzhenernyy vestnik Dona — Engineering Journal of Don*, 2018, no. 4, p. 105. (In Russian.)
15. Gein A. G., Nekrasov V. P. O postroenii innovatsionnoy modeli uchebnogo kursa [Construction of the innovative educational course model]. *Vestnik Ural'skogo instituta ekonomiki, upravleniya i prava — Bulletin of the Ural Institute of Economics, Management and Law*, 2013, no. 2, p. 80–86. (In Russian.) Available at: http://www.urep.ru/images/stories/vestnik/archiv/2013/2_23_06_2013.pdf
16. Panichev S. A. Matematicheskie struktury kak osnova postroeniya estestvenno-nauchnykh uchebnykh kursov [Mathematical structures as the basis for the construction of natural science training courses]. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya URO RAO — Education and Science. Izvestia URO RAO*, 2004, no. 5, p. 108–112. (In Russian.)
17. Kasyanov V. N., Evstigneev V. A. Grafy v programmirovanii: obrabotka, vizualizatsiya i primenenie [Graphs in programming: processing, visualization and application]. Saint Petersburg, BKHV-Peterburg, 2003. 1104 p. (In Russian.)
18. Herman I., Melancon G., Marshall M. S. Graph visualization and navigation in information visualization: A Survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2000, vol. 6, is. 1, p. 24–43. DOI: 10.1109/2945.841119
19. Burkatovskaya Yu. B. Teoriya grafov. Chast' 1 [Graph theory. Part 1]. Tomsk, TPU, 2014. 200 p. (In Russian.)
20. Kasyanov V. N., Evstigneev V. A. Graph theory for programmers: Algorithms for processing trees. Springer Netherlands, 2000. 432 p.
21. Khadiev K. R., Safina L. I. Kvantovyy algoritim dlya nakhozhdeniya kratchajshogo puti v atsiklicheskom orientirovannom grafe [Quantum algorithm for shortest path search is directed acyclic graph]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 15: Vychislitel'naya matematika i kibernetika — Moscow University Bulletin. Episode 15: Computational Mathematics and Cybernetics*, 2019, no. 1, p. 48–52. (In Russian.)