

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88>

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА КНИГ В ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ

Научная статья

Ащеулов И.О.^{1*}, Князев В.Н.²¹ ORCID : 0009-0002-1922-754X;² ORCID : 0000-0003-2142-0277;^{1,2} Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (aigor200799[at]gmail.com)

Аннотация

В данной работе показан процесс разработки алгоритма поиска книг в электронной библиотеке с целью улучшения параметров поиска. Научная новизна проведенного исследования заключается в том, что предложен модифицированный алгоритм поиска, отличающийся от алгоритма расширения выборки, на основе которого он создан, большей скоростью поиска при сохранении приемлемой надежности. Для подтверждения эффективности внесенных модификаций в среде Visual Studio был произведен эксперимент по сравнению времени и надежности поиска с использованием классического алгоритма расширения выборки и предлагаемого модифицированного алгоритма поиска. Приведены результаты проведенного эксперимента, подтверждающие эффективность предложенного модифицированного алгоритма поиска. Также при разработке электронной библиотеки была предложена онтологическая модель предметной области, отличающаяся от известных расширенным набором сущностей и классов предметной области, и набор оригинальных дискретно-событийных имитационных GPSS-моделей, важной особенностью которых является то, что они, в отличие от известных аналогичных моделей, имеют комплексный характер и позволяют учитывать как особенности работы аппаратного обеспечения электронной библиотеки, так и человеческий фактор, связанный с деятельностью ее сотрудников.

Ключевые слова: электронная библиотека, алгоритм расширения выборки, модифицированный алгоритм поиска, эксперимент, эффективность, Visual Studio, C#, онтологическое моделирование, имитационное моделирование.

DEVELOPMENT OF A MODIFIED ALGORITHM FOR SEARCHING BOOKS IN A DIGITAL LIBRARY

Research article

Ashcheulov I.O.^{1*}, Knyazev V.N.²¹ ORCID : 0009-0002-1922-754X;² ORCID : 0000-0003-2142-0277;^{1,2} Penza State University, Penza, Russian Federation

* Corresponding author (aigor200799[at]gmail.com)

Abstract

This work demonstrates the process of developing an algorithm for searching books in a digital library in order to improve the search parameters. The scientific novelty of this research lies in the fact that a modified search algorithm is proposed, which differs from the algorithm of sample expansion, on the basis of which it was created, by a higher search speed while maintaining acceptable reliability. To confirm the effectiveness of the modifications made in Visual Studio environment, an experiment was conducted to compare the time and reliability of the search using the classical algorithm of sample expansion and the proposed modified search algorithm. The results of the experiment confirming the effectiveness of the proposed modified search algorithm are presented. Also, during the development of the digital library an ontological model of the subject area was suggested, which differs from the known ones by an extended set of entities and classes of the subject area, and a set of original discrete-event simulation GPSS-models, an important feature of which is that they, unlike the known similar models, have a complex character and allow to take into account both the features of hardware operation of the digital library and the human factor associated with the activities of its staff.

Keywords: digital library, sampling expansion algorithm, modified search algorithm, experiment, efficiency, Visual Studio, C#, ontology modelling, simulation modelling.

Введение

Для электронной библиотеки большое значение имеет эффективная организация процесса поиска требуемых книг. От данной организации в большой степени зависят как скорость поиска, так и релевантность его результатов. Кроме того, стоит отметить, что указанные характеристики могут вступать в противоречие друг с другом.

Наибольшую скорость поиска демонстрирует обычный текстовый поиск, проверяющий названия книг на соответствие требуемому поисковому запросу и отбирающий те из них, которые в полной мере ему удовлетворяют. Однако данный поиск удобен далеко не всегда, поскольку поисковый запрос может содержать в себе ошибки и неточности, вследствие чего нужные книги могут быть не найдены. Для решения этой проблемы, обычно используются алгоритмы нечеткого поиска, позволяющие находить не только результаты, которые полностью соответствуют требуемому запросу, но и результаты, относительно которых запрос может содержать одну или

несколько ошибок, хотя и ценой меньшей скорости по сравнению с точным поиском. Именно такой поиск и было решено реализовать в разрабатываемой электронной библиотеке [1], [3], [4], [6].

Материалы и методы

Проектирование разрабатываемой электронной библиотеки целесообразно проводить на основе предварительного анализа, структуризации и систематизации информации предметной области. Разработка онтологической модели предметной области начинается с онтологического анализа [7]. С этой целью в среде Protege был разработан соответствующий задаче набор классов, свойств этих классов, а также набор связей и взаимодействий между ними, в результате чего была получена онтологическая модель предметной области. Онтологический граф модели представлен на рисунке 1.

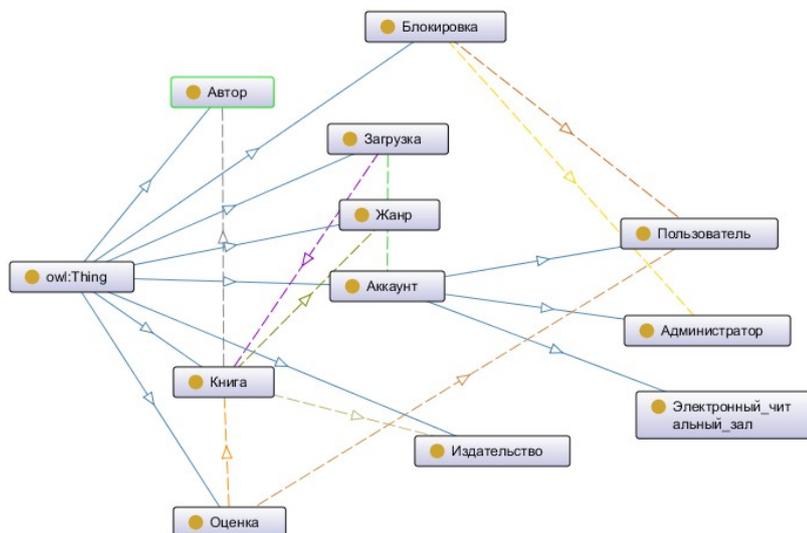


Рисунок 1 - Онтологический граф модели
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.1>

Онтологическая модель была построена с помощью системы Protege и позволяет на базе структуризации и систематизации информации предметной области проводить эффективное проектирование электронной научной библиотеки, в том числе на основе визуального моделирования с применением языка UML.

Предложенная расширенная онтологическая модель предметной области для электронных библиотек отличается от известных расширенным набором сущностей и классов предметной области.

Кроме проведения онтологического моделирования нужно оптимальным образом организовать структуру электронной библиотеки. В этом большую помощь могут оказать технологии имитационного моделирования, которые на сегодня являются одним из наиболее востребованных инструментов в научных исследованиях, управленческой и производственной деятельности, обучении и других областях.

Цель проведенного имитационного моделирования – это определить оптимальные значения следующих характеристик электронной библиотеки: количество администраторов, количество оцифровщиков, число библиотекарей и компьютеров в электронном читальном зале, время обработки запроса сервером.

С учетом указанной цели исследования в среде GPSS Studio была проведена разработка 4 оригинальных дискретно-событийных имитационных GPSS-моделей: одной – для моделирования обработки сервером запросов, второй – для добавления книг администраторами, третьей – для процесса оцифровки бумажных книг перед их добавлением в библиотеку и четвертой – для моделирования работы электронного читального зала [2], [3], [4], [6]. Важной особенностью этих моделей является то, что они, в отличие от известных аналогичных моделей, имеют комплексный характер и позволяют учитывать как особенности работы аппаратного обеспечения электронной библиотеки, так и человеческий фактор, связанный с деятельностью ее сотрудников. Для примера рассмотрим структуру одной из 4 разработанных моделей для блока электронного читального зала [5].

Q-схема модели для блока электронного читального зала представлена на рисунке 2.

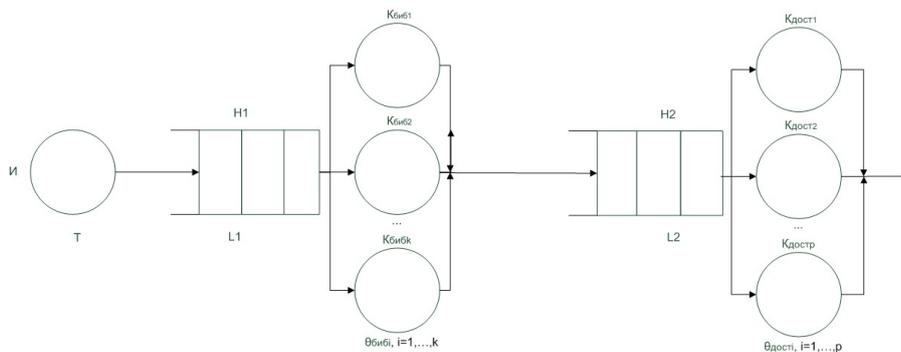


Рисунок 2 - Q-схема модели для блока электронного читального зала
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.2>

В этой модели также присутствуют все этапы обработки заявок: прибытие новых читателей (И), предоставление библиотекарем доступа читателю к компьютеру электронного читального зала ($K_{биб1}$ - $K_{бибк}$, k – число библиотекарей), использование читателем компьютера для получения доступа к требуемой ему электронной книге ($K_{дост1}$ - $K_{доств}$, k – число компьютеров).

Исходные количественные данные (интервал поступления заявок, время обработки заявок) для модели были получены экспериментально путем мониторинга работы электронного читального зала библиотеки в течение нескольких рабочих дней, в результате чего были определены средние значения указанных величин и сделано предположение об их распределении.

В качестве входного потока заявок используется простейший поток заявок с интервалом поступления, распределенным по экспоненциальному закону распределения, так как заявки поступают в совершенно случайный момент времени, и именно такой подход, как правило, применяется на практике при имитационном моделировании систем. Также экспоненциальное распределение принято для соответствующих длительностей обслуживания заявок разработанной многофазной сети массового обслуживания. Для блока электронного читального зала единица времени также равна 1 минуте, а временной промежуток составляет 1 рабочий день (8 часов).

Пример исследования разработанной имитационной модели в среде имитационного моделирования GPSS Studio представлен на рисунке 3.

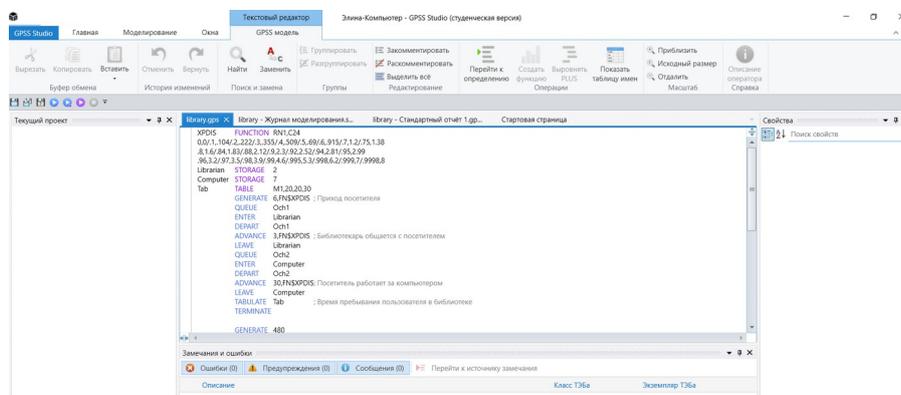


Рисунок 3 - Исследование модели в среде GPSS Studio
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.3>

Результатом исследования данной модели стало определение оптимального количества библиотекарей и компьютеров в электронном читальном зале, которое составило 2 библиотекаря и 7 компьютеров.

Существует множество известных алгоритмов нечеткого поиска, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки [8], [10], [13], [16]. К ним относятся следующие:

- алгоритм расширения выборки;
- метод N-грамм;
- метод хеширования по сигнатуре;
- метод ВК-деревьев и т.д.

В качестве базовой основы для разработки модифицированного алгоритма поиска книг был выбран алгоритм расширения выборки. Данный алгоритм основывается на сведении задачи о нечетком поиске к задаче о точном поиске. Из исходного запроса формируется множество «ошибочных» запросов, после чего для каждого из них выполняется точный поиск. Основной принцип работы алгоритма показан на рисунке 4.



Рисунок 4 - Принцип работы алгоритма расширения выборки
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.4>

Указанный алгоритм было решено принять за основу предлагаемой реализации поиска, поскольку он экономичнее по памяти и точнее, чем большинство аналогичных алгоритмов, таких как метод N-грамм или метод хеширования по сигнатуре, а также относительно легок в модификации.

К основным его недостаткам относится относительно низкая скорость поиска, в связи с чем разработанная модификация алгоритма должна обеспечить его ускорение. С этой целью из числа возможных вариантов ошибок поисковых запросов будут проверяться только наиболее вероятные. Маловероятные ошибки будут игнорироваться, что позволяет дать довольно существенное увеличение скорости поиска за счет приемлемых потерь в надежности. Вероятность возможных ошибок определяется на основе местоположения символов на клавиатуре, а также типовых орфографических ошибок в русском языке (например, «с» вместо «з», «а» вместо «о» и тому подобное).

Диаграмма деятельности для разработанного модифицированного алгоритма поиска представлена на рисунке 5.

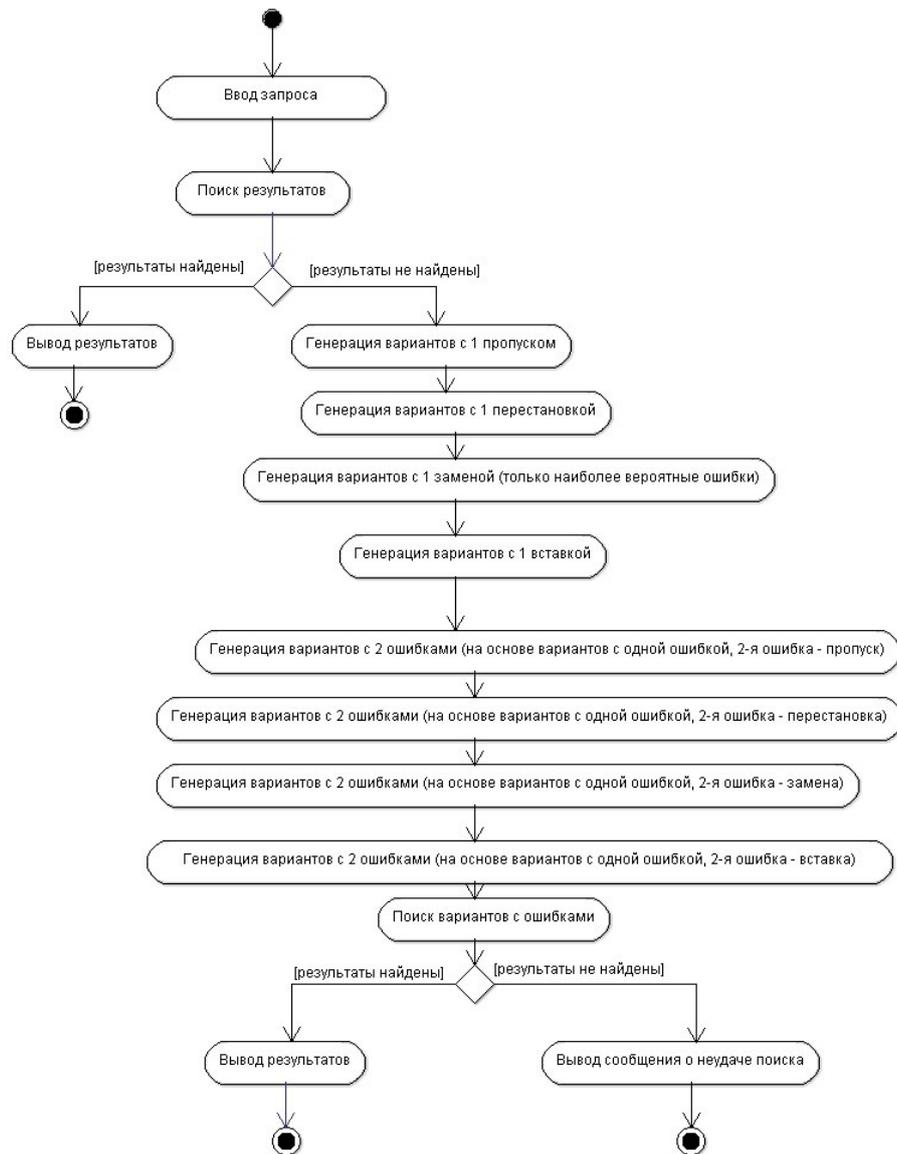


Рисунок 5 - Диаграмма деятельности модифицированного алгоритма
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.5>

Основные результаты

Для доказательства полученных аналитическим путем улучшений в модифицированном алгоритме поиска был организован и проведен соответствующий эксперимент. С этой целью в инструментальной среде Visual Studio наряду с программой на языке C#, реализующей предлагаемый модифицированный алгоритм поиска, также была разработана программа, реализующая поиск по классическому алгоритму расширения выборки.

Результаты эксперимента по сравнению времени поиска для классического и модифицированного алгоритмов для одних и тех же запросов и на одних и тех же тестовых данных представлены на рисунке 6.

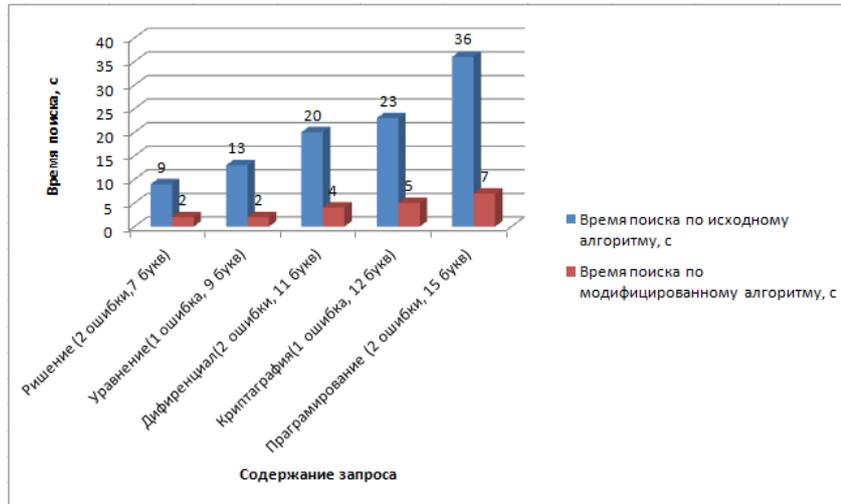


Рисунок 6 - Результаты проведенного эксперимента (время поиска)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.6>

Таким образом, по результатам эксперимента можно отметить, что предложенный модифицированный алгоритм поиска производит поиск в среднем примерно в 5 раз быстрее классического алгоритма расширения выборки.

Для проверки сохранения надежности поиска для модифицированного алгоритма в приемлемых пределах используем F-меру Ван Ризбергера. Для ее вычисления сначала нужно найти точность и полноту результатов поиска. Они вычисляются по следующим формулам:

$$Precision = TP / (TP + FP)$$

$$Recall = TP / (TP + FN)$$

где *Precision* – точность, *Recall* – полнота, *TP* – число истинно-положительных результатов, *FP* – число ложно-положительных результатов, *FN* – число ложно-отрицательных результатов.

F-мера Ван Ризбергера вычисляется по формуле:

$$F = (\beta^2 + 1)(Precision \times Recall) / (\beta^2 Precision + Recall),$$

где β – некоторый коэффициент, предназначенный для задания приоритета точности или полноты. При $0 < \beta < 1$ больший упор делается на точность, при $\beta > 1$ – на полноту, при $\beta = 1$ (сбалансированная F-мера) точность и полнота считаются равнозначными. В рамках эксперимента использовалась сбалансированная F-мера, для которой формула вычисления принимает вид:

$$F = 2(Precision \times Recall) / (Precision + Recall).$$

Результаты эксперимента по сравнению F-меры поиска для классического и модифицированного алгоритмов для одних и тех же запросов и на одних и тех же тестовых данных, вычисленные в среде табличного процессора Excel по приведенным выше формулам, представлены на рисунке 7.

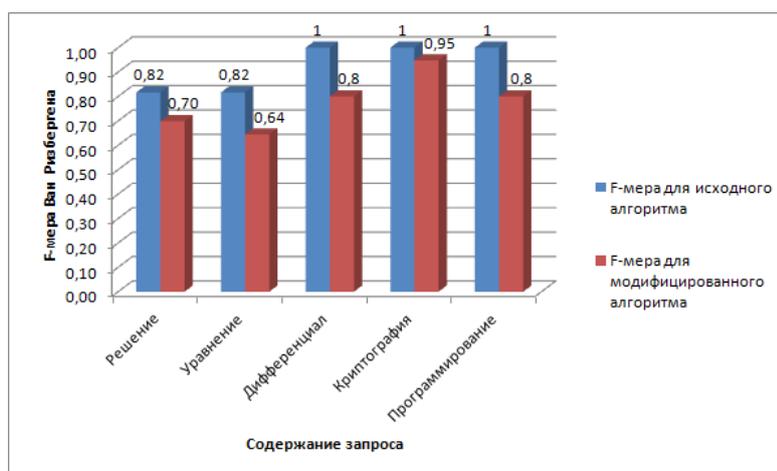


Рисунок 7 - Результаты проведенного эксперимента (F-мера)
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.88.7>

Таким образом, для модифицированного алгоритма F-мера в среднем на 0,15 меньше, чем для классического, что свидетельствует о приемлемых потерях в надежности поиска.

Заключение

В ходе проведенного исследования был показан процесс разработки модифицированного алгоритма поиска книг в электронной библиотеке с целью улучшения параметров поиска. В качестве научной новизны в проведенном исследовании нужно отметить то, что предложен модифицированный алгоритм поиска, отличающийся от классического алгоритма расширения выборки, на основе которого он создан, большей скоростью поиска при сохранении приемлемой надежности. Был проведен компьютерный эксперимент, результаты которого подтвердили эффективность предложенного модифицированного алгоритма поиска книг в электронной библиотеке. Также при разработке электронной библиотеки была предложена онтологическая модель предметной области, отличающаяся от известных расширенным набором сущностей и классов предметной области, и набор оригинальных дискретно-событийных имитационных GPSS-моделей, важной особенностью которых является то, что они, в отличие от известных аналогичных моделей, имеют комплексный характер и позволяют учитывать как особенности работы аппаратного обеспечения электронной библиотеки, так и человеческий фактор, связанный с деятельностью ее сотрудников.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Ащеулов И.О. Разработка базы данных для web-приложения электронной научной библиотеки. / И.О. Ащеулов // Научные достижения и открытия 2021: сборник статей XX Международного научно-исследовательского конкурса; — Пенза: Наука и Просвещение, 2021. — с. 29-35.
2. Ащеулов И.О. Исследование работы оцифровщиков книг электронной научной библиотеки с использованием средств имитационного моделирования. / И.О. Ащеулов, В.Н. Князев // Сборник материалов IX Ежегодной всероссийской межвузовской научно-практической конференции «Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы»; — Пенза: ПГУ, 2022. — с. 73-76.
3. Ащеулов И.О. Исследование электронной научной библиотеки с использованием средств имитационного моделирования. / И.О. Ащеулов // Сборник статей V Международного научно-исследовательского конкурса: Молодежный исследовательский потенциал; — Петрозаводск: Новая наука, 2022. — с. 77-89.
4. Ащеулов И.О. Исследование работы сервера электронной научной библиотеки с использованием средств имитационного моделирования. / И.О. Ащеулов, В.Н. Князев // Сборник избранных статей Всероссийской (национальной) научной конференции: Фундаментальные и прикладные исследования. Актуальные проблемы и достижения; — СПб: Нацразвитие, 2022. — с. 11-13.
5. Ащеулов И.О. Исследование работы читального зала электронной научной библиотеки с использованием средств имитационного моделирования. / И.О. Ащеулов, В.Н. Князев // Сборник избранных статей Международной научной конференции: Высокие технологии и инновации в науке; — Санкт-Петербург: Нацразвитие, 2022. — с. 81-84.
6. Ащеулов И.О. Исследование работы администраторов электронной научной библиотеки с использованием средств имитационного моделирования. / И.О. Ащеулов, В.Н. Князев // Сборник избранных статей Международной студенческой научной конференции: Поколение будущего; — СПб: Нацразвитие, 2022. — с. 79-83.
7. Цуканова Н.И. Онтологическая модель представления и организации знаний / Н.И. Цуканова — М.: Горячая линия-Телеком, 2015. — 272 с.
8. Беленький В.М. Анализ поисковых алгоритмов при решении задач идентификации объектов в слабоструктурированных базах данных. / В.М. Беленький, Д.С. Караханов // Молодой ученый. — 2010. — № 8 (19)-1. — с. 150-155.
9. Сметанин Н. Нечёткий поиск в тексте и словаре [Электронный ресурс] / Н. Сметанин // Хабр. — 2011. — URL: <https://habr.com/ru/post/114997/>. (дата обращения: 09.05.23)
10. Лиманова Н.И. Алгоритм нечеткого поиска в базах данных и его практическая реализация. / Н.И. Лиманова, М.Н. Седов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017): сборник трудов III международной конференции и молодежной школы; — Самара: Новая техника, 2017. — с. 1893-1897.
11. Бойцов Л.М. Классификация и экспериментальное исследование современных алгоритмов нечеткого словарного поиска [Электронный ресурс] / Л.М. Бойцов // Портал магистров ДонНТУ. — 2018. — URL: <https://masters.donntu.ru/2018/fknt/morgun/library/paper27.pdf?ysclid=lek7llfdr9212169504>. (дата обращения: 09.05.23)
12. Нгуен Н.Х. Обзор некоторых алгоритмов нестрогого сопоставления записей применительно к задаче исключения дублирования персональных данных. / Н.Х. Нгуен // Молодой ученый. — 2013. — №5(52). — с. 163-166.
13. Мосалев П.М. Обзор методов нечеткого поиска текстовой информации. / П.М. Мосалев // Вестник МГУП. — 2013. — № 2. — с. 87-91.
14. Шоркин А.П. Методы и алгоритмы информационного поиска на неточное соответствие [Электронный ресурс] / А.П. Шоркин // Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. — 2011. — URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/1757/1/Shorkin_Metody.PDF. (дата обращения: 09.05.23)

15. Астраханцев В. Нечеткий поиск и его роль в цифровой трансформации [Электронный ресурс] / В. Астраханцев // ECM-Journal. — 2018. — URL: <https://ecm-journal.ru/material/Nechetkijj-poisk-i-ego-rol-v-cifrovoj-transformacii>. (дата обращения: 09.05.23)

16. Сергеенко Р.М. Анализ методов поиска по сходству в тексте и словаре [Электронный ресурс] / Р.М. Сергеенко // Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. — 2019. — URL: https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/36206/1/Sergeyenko_Analiz.pdf. (дата обращения: 09.05.23)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ashheulov I.O. Razrabotka bazy' danny'x dlya web-prilozheniya e'lektronnoj nauchnoj biblioteki [Database Development for the Web Application of the Electronic Scientific Library]. / I.O. Ashheulov // Scientific Achievements and Discoveries 2021: collection of articles of the XX International Research Competition; — Penza: Nauka i Prosveshhenie, 2021. — p. 29-35. [in Russian]

2. Ashheulov I.O. Issledovanie raboty' ocifrovshhikov knig e'lektronnoj nauchnoj biblioteki s ispol'zovaniem sredstv imitacionnogo modelirovaniya [Research of the Work of Digitizers of Books of the Scientific Electronic Library Using Simulation Modeling Tools]. / I.O. Ashheulov, V.N. Knyazev // Collection of materials of the IX Annual All-Russian Interuniversity Scientific and Practical Conference "Information Technologies in Science and Education. Problems and Prospects"; — Penza: PGU, 2022. — p. 73-76. [in Russian]

3. Ashheulov I.O. Issledovanie e'lektronnoj nauchnoj biblioteki s ispol'zovaniem sredstv imitacionnogo modelirovaniya [Research of an Electronic Scientific Library Using Simulation Modeling Tools]. / I.O. Ashheulov // Collection of articles from the V International Research Competition: Youth Research Potential; — Petrozavodsk: Novaya nauka, 2022. — p. 77-89. [in Russian]

4. Ashheulov I.O. Issledovanie raboty' servera e'lektronnoj nauchnoj biblioteki s ispol'zovaniem sredstv imitacionnogo modelirovaniya [Research of the Work of the Electronic Scientific Library Server Using Simulation Modeling Tools]. / I.O. Ashheulov, V.N. Knyazev // Collection of selected articles of the All-Russian (National) Scientific Conference: Fundamental and Applied Research. Current Problems and Achievements; — SPb: Nacrazvitie, 2022. — p. 11-13. [in Russian]

5. Ashheulov I.O. Issledovanie raboty' chital'nogo zala e'lektronnoj nauchnoj biblioteki s ispol'zovaniem sredstv imitacionnogo modelirovaniya [Research of the Work of the Reading Room of the Electronic Scientific Library Using Simulation Modeling Tools]. / I.O. Ashheulov, V.N. Knyazev // Collection of selected articles of the International Scientific Conference: High Technologies and Innovations in Science; — Sankt-Peteburg: Nacrazvitie, 2022. — p. 81-84. [in Russian]

6. Ashheulov I.O. Issledovanie raboty' administratorov e'lektronnoj nauchnoj biblioteki s ispol'zovaniem sredstv imitacionnogo modelirovaniya [Research of the Work of Administrators of the Electronic Scientific Library Using Simulation Modeling Tools]. / I.O. Ashheulov, V.N. Knyazev // Collection of selected articles of the International Student Scientific Conference: The Generation of the Future; — SPb: Nacrazvitie, 2022. — p. 79-83. [in Russian]

7. Czukanova N.I. Ontologicheskaya model' predstavleniya i organizacii znaniy [Ontological Model of Knowledge Representation and Organization] / N.I. Czukanova — M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2015. — 272 p. [in Russian]

8. Belen'kij V.M. Analiz poiskovy'x algoritmov pri reshenii zadach identifikacii ob'ektov v slabostruktirovanny'x bazax danny'x [Analysis of Search Algorithms in Solving Problems of Object Identification in Weakly Structured Databases]. / V.M. Belen'kij, D.S. Karaxtanov // Molodoj uchenyj [Young Scientist]. — 2010. — № 8 (19)-1. — p. 150-155. [in Russian]

9. Smetanin N. Nechyotkij poisk v tekste i slovare [Fuzzy Search in the Text and Dictionary] [Electronic source] / N. Smetanin // Habr. — 2011. — URL: <https://habr.com/ru/post/114997/>. (accessed: 09.05.23) [in Russian]

10. Limanova N.I. Algoritm nechetkogo poiska v bazax danny'x i ego prakticheskaya realizaciya [Algorithm of Fuzzy Search in Databases and its Practical Implementation]. / N.I. Limanova, M.N. Sedov // Information Technologies and Nanotechnologies (ITNT-2017): Proceedings of the III International Conference and Youth School; — Samara: Novaya texnika, 2017. — p. 1893-1897. [in Russian]

11. Bojczov L.M. Klassifikaciya i e'ksperimental'noe issledovanie sovremenny'x algoritmov nechetkogo slovarnogo poiska [Classification and Experimental Study of Modern Fuzzy Dictionary Search Algorithms] [Electronic source] / L.M. Bojczov // Portal of DonNTU Masters. — 2018. — URL: <https://masters.donntu.ru/2018/fknt/morgun/library/paper27.pdf?ysclid=lek7llfdr9212169504>. (accessed: 09.05.23) [in Russian]

12. Nguen N.X. Obzor nekotory'x algoritmov nestrogogo sopostavleniya zapisej primenitel'no k zadache isklyucheniya dublirovaniya personal'ny'x danny'x [An Overview of Some Algorithms for Non-Strict Matching of Records in Relation to the Task of Eliminating Duplication of Personal Data]. / N.X. Nguen // Molodoj uchenyj [Young Scientist]. — 2013. — №5(52). — p. 163-166. [in Russian]

13. Mosalev P.M. Obzor metodov nechetkogo poiska tekstovoj informacii [Review of Methods of Fuzzy Text Information Search]. / P.M. Mosalev // Vestnik MGUP [Bulletin of MGUP]. — 2013. — № 2. — p. 87-91. [in Russian]

14. Shorkin A.P. Metody' i algoritmy' informacionnogo poiska na netochnoe sootvetstvie [Methods and Algorithms of Information Search for Inaccurate Correspondence] [Electronic source] / A.P. Shorkin // Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. — 2011. — URL: https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/1757/1/Shorkin_Metody.PDF. (accessed: 09.05.23) [in Russian]

15. Astraxancev V. Nechetkij poisk i ego rol' v cifrovoj transformacii [Fuzzy Search and its Role in Digital Transformation] [Electronic source] / V. Astraxancev // ECM-Journal. — 2018. — URL: <https://ecm-journal.ru/material/Nechetkijj-poisk-i-ego-rol-v-cifrovoj-transformacii>. (accessed: 09.05.23) [in Russian]

16. Sergeenko R.M. Analiz metodov poiska po sxodstvu v tekste i slovare [Analysis of Methods of Search by Similarity in the Text and Dictionary] [Electronic source] / R.M. Sergeenko // Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. — 2019. — URL: https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/36206/1/Sergeyenko_Analiz.pdf. (accessed: 09.05.23) [in Russian]