

Информатика и вычислительная техника

Informatics and computer engineering

Научная статья

УДК 004.8

DOI: 10.14529/ctcr240201

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ УЧЕТА ЗНАЧИМОСТИ ПРИОБРЕТАЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКТОВАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА УНИВЕРСИТЕТА

Л.А. Кромина, luyda-kr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5226-0512>

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Аннотация. Сфера высшего образования, включая библиотечные процессы, на сегодняшний день функционирует при тесном взаимодействии с информационными системами, среди которых особо результативными представляются информационные системы, построенные на технологии искусственного интеллекта. Реализуемый университетом учебный процесс и научные изыскания находятся в прямой зависимости от качественных и количественных характеристик процесса комплектования книжного фонда. В связи с этим актуальным является возможный способ применения цифрового двойника, основанного на технологии искусственного интеллекта, как инструмента интеллектуального управления при составлении заказа литературы для университета путем ранжирования заказываемых изданий по показателям содержательной значимости, на основе принципов информационной равноценности и неравноценности значимых ссылок. **Цель исследования.** Обсуждаются структуры предлагаемого цифрового двойника, примеры вычисления рейтингов изданий, предложенных издательствами к покупке. **Материалы и методы.** Проанализированы принципы информационной равноценности, согласно которым все значимые ссылки обладают одинаковой информативной значимостью, и информационной неравноценности, содержание которых заключается в назначении информационного веса, вычисляемого на основе индексов цитирования авторов ссылающегося издания, каждой ссылке, выполненной сотрудниками университета. **Результаты.** Разработаны модели нейронных сетей, приводящие в исполнение цифровой двойник и предоставляющие возможность определения значимости литературы, представленной к приобретению, которые планируется рассматривать в качестве основных в процессе реализации интеллектуальной системы формирования заказа литературы, характеризующиеся оптимальными показателями. Предлагается использование алгоритма обучения с учителем, где входящей информацией является обучающий спектр данных, которые нейронная сеть получает, а затем распознает зависимости и корректно реагирует на поступающий тестовый набор данных. После полного обучения нейронной сети учителя планируется отключить, что предоставит возможность нейронной сети работать самостоятельно. **Заключение.** Функциональные возможности разработанных абстрактных моделей нейронных сетей могут быть расширены на предмет учета рейтинговых, качественных (по тематике публикаций), количественных (по наименованиям и видам изданий, стоимости заказа с доставкой и др.) показателей, а также определения количества экземпляров заказываемых изданий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровой двойник, заказ литературы, литературная ссылка, база значимых ссылок, индекс цитирования, рейтинг издания, парсер, узел нейронной сети

Для цитирования: Кромина Л.А. Концепция формирования структуры цифрового двойника для учета значимости приобретаемой литературы в системе комплектования библиотечного фонда университета // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2024. Т. 24, № 2. С. 5–17. DOI: 10.14529/ctcr240201

THE CONCEPT OF FORMING A DIGITAL TWIN STRUCTURE TO TAKE INTO ACCOUNT THE SIGNIFICANCE OF PURCHASED LITERATURE IN THE SYSTEM OF ACQUISITION OF THE BOOK COLLECTION OF THE UNIVERSITY LIBRARY

L.A. Kromina, luyda-kr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5226-0512>
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Abstract. The sphere of higher education, including library processes, nowadays functions in close interaction with information systems, among which information systems based on artificial intelligence technology seem to be especially effective. Implemented by the university educational process and scientific research are directly dependent on the qualitative and quantitative characteristics of the acquisition process of the book collection. In this regard, relevant is a possible way to use a digital twin, based on artificial intelligence technology, as a tool of intelligent management in the preparation of an order of literature for the university, by ranking the ordered publications on the indicators of informational relevance, based on the principles of information equivalence, and the unequal value of meaningful references. **Research Objective.** Discusses the structures of the proposed digital twin, examples of calculating the rankings of publications offered by publishers for purchase. **Materials and methods.** The authors analyze the principles of information equivalence, according to which all the significant references have the same informative value, and the principles of information inequality, which consist in assigning informational weight (calculated on the basis of citation indices of authors of the refereed publication) to each reference made by the university staff. **Results.** Developed models of neural networks, which perform a digital twin and provide the possibility of determining the importance of the literature submitted for purchase, which is planned to be considered as the main in the process of implementation of the intelligent system of formation of the order of the literature, characterized by the optimum performance. We propose the use of a learning algorithm with a teacher, where the input is a training spectrum of data, which the neural network receives and then recognizes dependencies and correctly responds to the incoming test data set. Once the neural network is fully trained, it is planned to disable the teacher, which will allow the neural network to work independently. **Conclusion.** The functionality of the developed abstract models of neural networks can be expanded to account the rating, qualitative (on the topics of publications), quantitative (by titles and types of publications, the cost of the order with delivery, etc.), as well as to determine the number of copies of the ordered publications.

Keywords: artificial intelligence, digital twin, literature ordering, literature citation, significant citation database, citation index, publication ranking, parser, neural network node

For citation: Kromina L.A. The concept of forming a digital twin structure to take into account the significance of purchased literature in the system of acquisition of the book collection of the university library. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.* 2024;24(2):5–17. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr240201

Введение

На сегодняшний день сфера высшего образования неразрывно связана с применением информационных систем, предназначенных для обработки больших объемов данных и принятия решений. Среди множества таких систем наиболее актуальными и эффективными являются системы, основанные на технологиях искусственного интеллекта [1].

Организация библиотечных процессов вуза также выполняется с использованием современных средств автоматизации. При этом процесс комплектования книжного фонда, требующий решения нетривиальной и трудозатратной задачи составления заказа на литературу по каталогам издательств, является важным для высшей школы, поскольку качественное и количественное содержимое каждого формируемого заказа оказывает прямое воздействие на выполнение учебного процесса и научных исследований.

С целью реализации интеллектуальных способностей, связанных с анализом и обобщением данных, представленных в каталогах издательств, и в конечном итоге принятия оптимального решения по содержанию заказа возникает задача создания цифрового двойника, основанного на

концепции искусственного интеллекта в виде нейронной сети, которую в дальнейшей перспективе можно обучить выполнению других библиотечных процессов вуза.

Создание цифрового двойника следует начинать с разработки его структуры, рассматриваемой в рамках данной статьи на основе принципа информационной равноценности, когда все значимые ссылки обладают равной информативной значимостью [2–6], а также на основе принципа информационной неравноценности, согласно которому каждой ссылке, выполненной сотрудниками университета, назначается информационный вес, вычисляемый на основе индексов цитирования авторов ссылающейся публикации [7].

1. Оптимизация заказа литературы для университета в соответствии с принципом информационной равноценности значимых ссылок

Работа ранее представленной автоматизированной системы поддержки принятия решений, реализованной на базе информационных потребностей сотрудников университета, представленных в виде показателей важности содержания [8], основана на принципе информационной равноценности значимых ссылок.

Согласно предложенному подходу, формирование оптимального заказа литературы является возможным при соблюдении следующих условий:

1) ведение базы значимых ссылок, хранящей информацию о цитируемых публикациях изданиями сотрудников университета, учитывая наименование издания, список авторов, а также перечень специальностей/направлений подготовки для каждой ссылки;

2) организация специальных требований и дополнительных запросов в издательства или анализ контента сайта научной электронной библиотеки eLibrary.ru. с целью получения списков литературы изданий, содержащихся в каталогах издательств.

Так, параметр литературной ссылки $\sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$ приравнивается к единице только в случае наличия литературной ссылки между цитирующим изданием \tilde{T}_μ и ссылочным источником T_η . Определение данного параметра выполняется следующим образом:

$$\sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta) = \begin{cases} 1, & \text{если издание наименования } \tilde{T}_\mu \text{ цитирует издание } T_\eta, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь μ – порядковый номер ссылающегося издания, причем $\mu = (\overline{1, \dots, a})$, где a – количество ссылающихся изданий;

η – порядковый номер ссылочного источника, причем $\eta = (\overline{1, \dots, b})$, где b – количество ссылочных источников.

В случае, когда из всех авторов ссылающегося издания \tilde{T}_μ хотя бы один с порядковым номером ω трудоустроен в университете, литературная ссылка будет являться значимой, а параметр локализации литературы по авторам $\alpha(\tilde{T}_\mu)$ эквивалентен единице, т. е.

$$\alpha(\tilde{T}_\mu) = \begin{cases} 1, & \text{если } (\exists \omega)((1 \leq \omega \leq k(\tilde{T}_\mu)) \wedge (\gamma(\omega, \tilde{T}_\mu) = 1)), \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь $k(\tilde{T}_\mu)$ – число авторов \tilde{T}_μ ;

$\gamma(\omega, \tilde{T}_\mu)$ – параметр локализации автора ω издания \tilde{T}_μ ;

$$\gamma(\omega, \tilde{T}_\mu) = \begin{cases} 1, & \text{если автор издания } \tilde{T}_\mu \text{ с номером } \omega \text{ работает в университете,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Просуммировав значимые ссылки на ссылочное издание с наименованием T_η всех ссылающихся изданий \tilde{T}_μ по специальности/направлению подготовки, реализуемой в университете m , изданных под авторством сотрудников университета, можно вычислить значения локальных индексов цитирования $I(T_\eta, m)$ согласно формуле

$$I(T_{\eta}, m) = \sum_{\substack{\langle \tilde{T}_{\mu} \rangle \\ (\delta(\tilde{T}_{\mu}, m)=1)}} \sigma(\tilde{T}_{\mu}, T_{\eta}).$$

Здесь $\delta(\tilde{T}_{\mu}, m)$ – параметр специализации литературы такой, что:

$$\delta(\tilde{T}_{\mu}, m) = \begin{cases} 1, & \text{если издание наименования } \tilde{T}_{\mu} \text{ относится} \\ & \text{к специальности / направлению подготовки } m, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Исходя из вышеизложенного, формулировка принципа равноценности значимых ссылок заключается в том, что необходимость любого издания, предложенного к приобретению в каталогах, для университета может быть представлена в виде совокупности значений локальных индексов цитирования, рассчитанных для каждого источника, указанного в списке литературы цитирующего издания и представленного при этом в базе значимых ссылок.

Исходя из этого, если сотрудники университета процитировали какое-либо издание базы значимых ссылок 4 раза, то величина локального индекса цитирования будет равна 4.

В случае выявления в публикациях сотрудников вуза новых цитирований изданий из базы значения локальных индексов цитирования могут варьироваться, поэтому при составлении каждого отдельного заказа литературы для университета эти показатели следует пересчитывать.

Осуществлять оценку информационной значимости новых изданий на объективной основе по каждой из реализуемых специальностей/направлений подготовки, а также университета в целом предлагается путем применения локального и общего рейтинга соответственно.

Так, если по всем находящимся в списке литературы изданиям $T(i, j)$, предложенным издательством к приобретению изданиям T_{η} просуммировать локальные индексы цитирования

$I(T_{\eta}, m)$, то можно получить величину локального рейтинга $R^*(i, j, m)$:

$$R^*(i, j, m) = \sum_{\substack{\langle T_{\eta} \rangle \\ \sigma(T(i, j), T_{\eta})=1}} I(T_{\eta}, m).$$

Суммарное значение локальных рейтингов для каждого издания $R^*(i, j, m)$ по всем специальностям/направлениям подготовки m , реализуемым в университете, в свою очередь, позволяет рассчитать величину общего рейтинга того же издания, т. е.

$$R(i, j) = \sum_{m=1}^O R^*(i, j, m).$$

Общий рейтинг является основным показателем математической модели, предоставляющей возможность генерирования заказа литературы для библиотеки университета с оптимальными характеристиками. Данная математическая модель содержит целевые функции, а также совокупность ограничений, к которым относятся количественные (по названиям и видам изданий, стоимости заказа с доставкой и др.), качественные (по тематике изданий) и рейтинговые.

При этом целевые функции математической модели отвечают требованиям, изложенным в Федеральных государственных образовательных стандартах для сферы высшего образования и представленным в качестве критериев эффективности:

- 1) достижение наиболее полного соответствия объективным информационным потребностям сотрудников университета;
- 2) получение рекордно-возможной номенклатуры;
- 3) приобретение предельного количества экземпляров заказываемых изданий.

Основная целевая функция математической модели, позволяющей оптимизировать заказ литературы, обеспечивает наиболее полное соответствие объективным информационным потребностям сотрудников университета согласно требованиям, представленным в первом критерии эффективности, ввиду того, что основана на получении предельного показателя общего рейтинга для всех наименований заказываемых изданий:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} R(i, j) \cdot f(i, j) \rightarrow \max_{X \in \chi}.$$

Здесь N – общее количество издательств, $K(i)$ – количество наименований изданий в каталоге i -го издательства, а $f(i, j)$ – параметр пополнения номенклатуры заказа изданием j , предлагаемым к приобретению в издательстве i . Величина указанного параметра будет принимать значение, равное единице, – исключительно для первого экземпляра каждого издания при поочередном переборе, и нулю – для всех остальных экземпляров того же издания.

Вторая целевая функция позволяет обеспечить получение рекордно возможной номенклатуры посредством поиска решений среди множества отличных от нуля результатов основной целевой функции задачи, что можно записать в виде

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} f(i, j) \rightarrow \max_{X \in \chi}.$$

Третья целевая функция позволяет получить предельно возможное количество экземпляров:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{K(i)} X(i, j) \rightarrow \max_{X \in \chi}.$$

Здесь $X(i, j)$ – количество экземпляров книги j -й книги, заказываемое у i -го издательства, причем $X(i, j) \geq 0$, $X(i, j) \in Z$.

Таким образом, система поддержки принятия решений, основанная на ранжировании изданий, предлагаемых издательствами к приобретению, на которые ссылаются в своих изданиях сотрудники университета, позволяет сгенерировать заказ литературы для библиотеки, являющийся оптимальным, что обеспечивает повышение эффективности процесса комплектования, а также удовлетворение информативных потребностей сотрудников университета [2–6].

Функционирование данной системы осуществляется на базе комплекса алгоритмов, которые позволяют выполнять математические расчеты, обрабатывать данные и в результате – генерировать оптимальный заказ на литературу для университета. Однако применение цифрового двойника, основанного на технологии искусственного интеллекта и представленного в виде узла нейронной сети, для решения задачи генерации заказа на литературу по каталогам издательств позволит не только сократить время решения поставленной задачи, но и обучать систему с целью расширения функциональных возможностей [9, 10].

2. Структура узла нейронной сети согласно принципу информационной равноценности значимых ссылок

Структура цифрового двойника, представленного в виде узла нейронной сети, построенная в соответствии с принципом информационной равноценности значимых ссылок (рис. 1), состоит из шести слоев.

Входами являются библиографические литературные ссылки между ссылающимися изданиями \tilde{T}_μ и ссылочными источниками $T_\eta - \sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$, каждой из которых в роли веса предопределена величина параметра локализации литературы по авторам – $\alpha(\tilde{T}_\mu)$, по этим показателям в первом слое нейрона вычисляется значимость литературных ссылок между ссылающимися изданиями и ссылочными источниками. Второй слой позволяет определить конкретные значения значимых литературных ссылок в зависимости от параметров специализации литературы – $\delta(\tilde{T}_\mu, m)$, получаемых в качестве веса.

После того как значения ссылок определены, выполняется переход к третьему слою, предназначенному для вычисления локальных индексов цитирования для каждого из изданий базы значимых ссылок – $I(T_\eta, m)$. Полученные значения при наличии литературных ссылок изданий наименования T_η , на которые ссылается издание с наименованием $T(i, j) - \sigma(T(i, j), T_\eta)$, указываемых в роли весов, переопределяются в четвертом слое нейрона и в дальнейшем применяются для определения локальных рейтингов изданий, предложенных к приобретению – $R^*(i, j, m)$ в пятом слое сети.

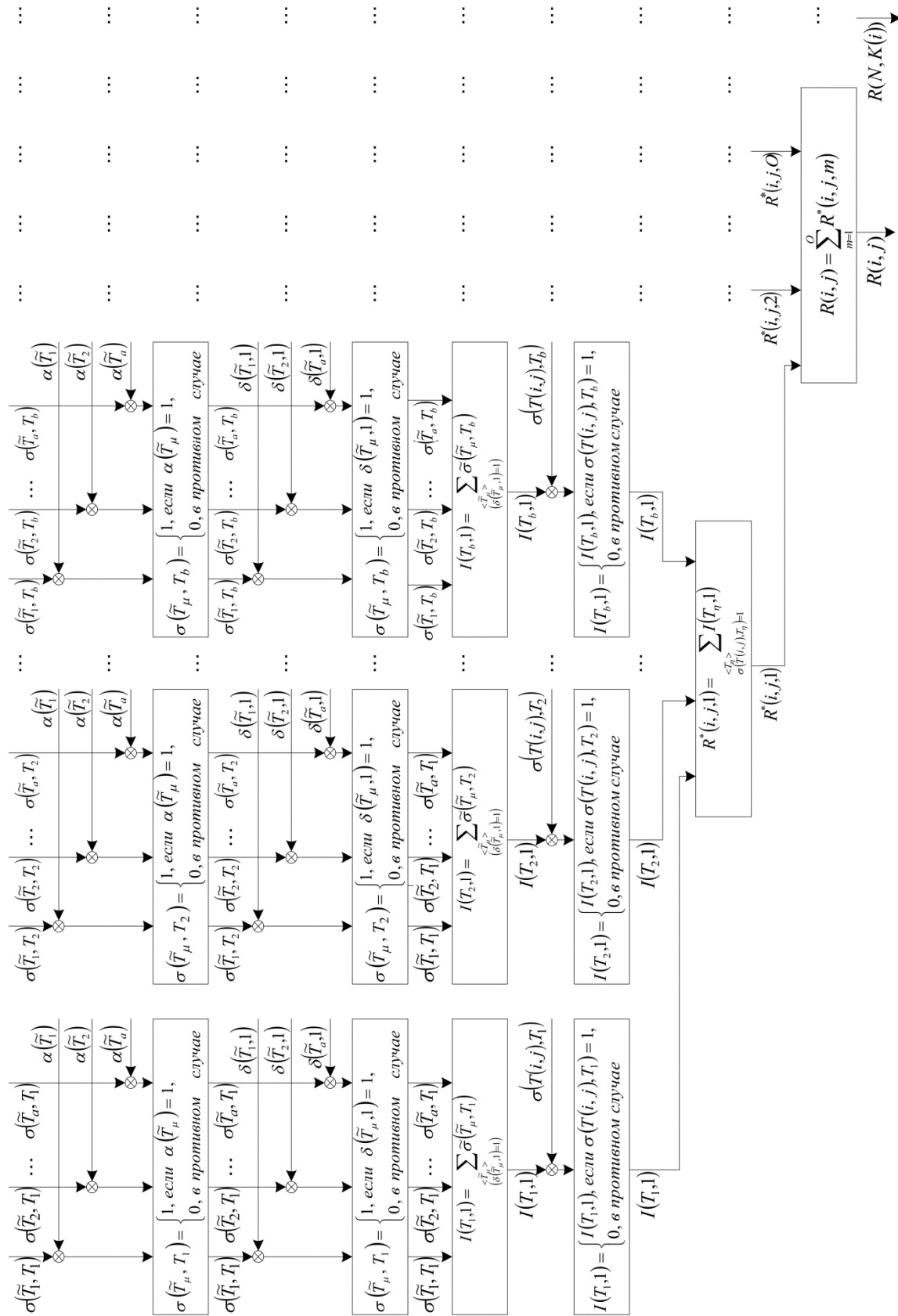


Рис. 1. Схема узла нейронной сети согласно принципу информационной равноценности значимых ссылок
Fig. 1. Neural network node diagram according to the principle of information equivalence of significant links

Шестой слой предназначен для вычисления значений общих рейтингов для каждого издания, предлагаемого к покупке – $R(i, j)$, которые поступают на выход узла нейронной сети.

По результатам работы представленного узла нейронной сети формируется сообщение, содержащее информацию о значениях общих рейтингов каждого издания из каталогов, пример вычисления которых согласно принципу информационной равноценности рассмотрен ранее [3].

3. Подход к оптимизации заказа литературы для университета согласно принципу информационной неравноценности значимых ссылок

В соответствии с подходом к оптимизации заказа литературы для университета, основанным на принципе информационной равноценности, все ссылки, охарактеризованные как значимые, обладают информационной важностью в равной степени, исходя из этого каждая из таких ссылок при расчете индексов цитирования и рейтингов изданий может принимать единичное значение. Это положение предлагается заменить принципом ссылочной неравноценности, смысл которого заключается в том, что объективные информационные потребности сотрудников университета определяются еще более точно в целях усовершенствования предлагаемого подхода к заказу книжных изданий [7]. Выполнение данного принципа предусматривает то, что для каждой значимой ссылки будет установлена информационная ценность (информационный вес), в основе расчетов которой находятся величины индексов Хирша [11–13] авторов ссылающегося издания, применяемые для оценки потребности университета в ссылочном издании.

Показатели индексов цитирования авторов находятся в свободном доступе публичных баз данных, таких как e-library.ru, РИНЦ, ядро РИНЦ, Web of Science, Scopus, и, следовательно, необходимость их хранения в системе заказа отсутствует, поскольку существует возможность их получения с помощью синтаксического анализатора, реализованного в форме парсера на языке высокого уровня, например, Python.

В целях достижения объективности информационной ценности значимых ссылок предлагается учитывать следующие требования.

1. Информационная ценность ссылок, выполненных авторами, не являющимися сотрудниками вуза, приравнивается к нулевому значению (разграничение информативных потребностей).

2. Информационная ценность значимой ссылки, сделанной сотрудниками университета с нулевыми значениями индексов цитирования, принимает положительное значение (учет информативных потребностей начинающих авторов).

3. Применение индекса цитирования авторов без учета самоцитирований (исключение саморекламы при определении потребностей университета).

4. Увеличение информационной ценности каждой ссылки обусловлено повышением значений индексов цитирования любого автора цитирующего издания, трудоустроенного в университете (восприимчивость информативных потребностей университета к спросу на издания сотрудников).

5. Увеличение численности авторов университета, цитирующего издания, не приводит к повышению информативной ценности его цитирования (защита от искусственного завышения информационных потребностей посредством приписывания авторства).

Соблюдение изложенных требований полностью не может исключить фиктивного завышения индексов цитирования авторов, а следовательно, и не гарантирует того, что информативные потребности сотрудников университета по назначаемым таким образом информационным ценностям значимых ссылок будут определены объективно.

Однако применение наукометрических показателей предоставляет возможность получения более объективного решения задачи составления заказа на литературу для университета по каталогам издательств по сравнению с применением методов экспертных оценок [14, 15] или с привлечением сотрудников университета в роли экспертов на добровольной основе.

В соответствии с предлагаемым подходом такие показатели, как параметр литературной ссылки $\sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$, параметр локализации литературы по авторам $\alpha(\tilde{T}_\mu)$, а также параметр локализации автора ω издания $\tilde{T}_\mu - \gamma(\omega, \tilde{T}_\mu)$ не теряют своей актуальности.

Помимо этого, вводится функция информационной ценности литературной ссылки $\tilde{\sigma}(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$ согласно указанным требованиям, принимающая одно из трех потенциально-возможных значений:

– если издание \tilde{T}_μ ссылается на издание T_η (т. е. $\sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta) = 1$) и хотя бы один из индексов отличен от нуля, то информационная ценность литературной ссылки равна среднему арифметическому индексов цитирования $h(\omega, \tilde{T}_\mu)$ всех авторов ω издания \tilde{T}_μ , трудоустроенных в университете (для которых $\gamma(\omega, \tilde{T}_\mu) = 1$);

– если издание \tilde{T}_μ ссылается на издание T_η и индекс цитирования $h(\omega, \tilde{T}_\mu)$ всех авторов ω издания \tilde{T}_μ , являющихся сотрудниками университета, принимает нулевое значение, то информационная ценность литературной ссылки равна единице;

– во всех остальных случаях информационная ценность литературной ссылки равна нулю.

Вычислить значение информационной ценности литературной ссылки – $\tilde{\sigma}(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$ с учетом параметров литературной ссылки $\tilde{\sigma}(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$ и локализации литературы $\alpha(\tilde{T}_\mu)$ позволяет следующая формула:

$$\tilde{\sigma}(\tilde{T}_\mu, T_\eta) = \begin{cases} \frac{\sum_{\omega=1}^{k(\tilde{T}_\mu)} h(\omega, \tilde{T}_\mu) \cdot \gamma(\omega, \tilde{T}_\mu)}{\sum_{\omega=1}^{k(\tilde{T}_\mu)} \gamma(\omega, \tilde{T}_\mu)} \cdot \sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta), & \text{если } \exists \omega' (1 \leq \omega' \leq k(\tilde{T}_\mu)) \wedge \\ & \wedge (\gamma(\omega', \tilde{T}_\mu) = 1) \wedge (h(\omega', \tilde{T}_\mu) > 0); \\ \sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta), & \text{если } \forall \omega' ((1 \leq \omega' \leq k(\tilde{T}_\mu)) \wedge (\gamma(\omega', \tilde{T}_\mu) = 1) \Rightarrow (h(\omega', \tilde{T}_\mu) = 0)); \\ 0, & \text{если } \alpha(\tilde{T}_\mu) = 0. \end{cases}$$

Согласно представленной формуле, если из троих авторов, значения индексов Хирша без учета самоцитирования которых соответственно равны 4, 6 и 7, только первые два являются сотрудниками вуза, то для данного издания информационная ценность любой литературной ссылки будет равна 5.

Если каждый из троих авторов трудоустроен в университете и имеет нулевое значение индекса Хирша без учета самоцитирования, то информационная ценность любой литературной ссылки такого издания будет принимать значение параметра литературной ссылки.

И если ни один из авторов ссылающейся публикации не является сотрудником университета, то информационная ценность любой литературной ссылки такого издания будет равна нулю.

Следующим шагом является вычисление локального взвешенного индекса цитирования $\tilde{I}(T_\eta, m)$ для каждого источника T_η из базы значимых ссылок. Данный показатель предлагается вычислять, применяя формулу

$$\tilde{I}(T_\eta, m) = \sum_{\substack{\langle \tilde{T}_\mu \rangle \\ (\delta(\tilde{T}_\mu, m) = 1)}} \tilde{\sigma}(\tilde{T}_\mu, T_\eta).$$

Здесь $\delta(\tilde{T}_\mu, m)$ – параметр специализации литературы такой, что:

$$\delta(\tilde{T}_\mu, m) = \begin{cases} 1, & \text{если издание наименования } \tilde{T}_\mu \text{ относится} \\ & \text{к специальности / направлению подготовки } m; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

К примеру, если на какое-либо издание, представленное в базе значимых ссылок, было выполнено 4 ссылки, со значениями информационной ценности соответственно равными 2, 3, 4 и 7, то величина локального взвешенного индекса цитирования для рассматриваемого издания будет равна 16.

Значения взвешенных индексов цитирования могут изменяться по одной из двух причин как в связи с возникновением новых ссылок на издания, указанные в базе значимых ссылок, которые цитируют сотрудники университета в своих публикациях, так и в связи с изменением значений индексов Хирша авторов. Варьирование значений взвешенных индексов цитирования необходимо учитывать в процессе вновь формируемого варианта заказа литературы для университета.

Таким образом, если по всем изданиям T_η , указанным в списке литературы издания $T(i, j)$, предложенного издательством к приобретению, просуммировать локальные взвешенные индексы цитирования – $\tilde{I}(T_\eta, m)$, то можно определить значение локального взвешенного рейтинга – $\tilde{R}^*(i, j, m)$:

$$\tilde{R}^*(i, j, m) = \left[\sum_{\substack{\langle T_\eta \rangle \\ \sigma(T(i, j), T_\eta) = 1}} \tilde{I}(T_\eta, m) \right].$$

Совокупность локальных взвешенных рейтингов для каждого издания $\tilde{R}^*(i, j, m)$ по всем специальностям/направлениям подготовки m , реализуемым в университете, в свою очередь, позволяет рассчитать значение общего взвешенного рейтинга того же издания, т. е.

$$\tilde{R}(i, j) = \sum_{m=1}^O \tilde{R}^*(i, j, m).$$

Представленный показатель по аналогии с его невзвешенным аналогом является основным в математической модели, предназначенной для формирования заказа литературы, характеризующегося оптимальными показателями, соответствующими заданным критериям эффективности и набору ограничений.

Реализация рассмотренного принципа также предусматривает построение цифрового двойника, основанного на технологии искусственного интеллекта и представленного в виде узла нейронной сети.

4. Структура узла нейронной сети согласно принципу информационной неравноценности значимых ссылок

В соответствии с принципом информационной неравноценности значимых ссылок структура цифрового двойника, представленного в виде узла нейронной сети (рис. 2), также состоит из шести слоев.

Однако в отличие от нейронной сети, предложенной для реализации принципа информационной равноценности (см. рис. 1), функционирование данного узла основано на предиктивной аналитике, поскольку такие показатели, как индексы цитирования авторов предлагается получать из внешних баз данных через реализацию парсера, а в дальнейшем обрабатывать их нейронной сетью с целью достижения конечного результата.

Входами нейронной сети помимо литературных ссылок между цитирующими публикациями \tilde{T}_μ и ссылочными источниками $T_\eta - \sigma(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$, каждой из которых в роли веса поступает значение параметра локализации литературы по авторам $\alpha(\tilde{T}_\mu)$, в отличие от представленного ранее (см. рис. 1) являются индексы цитирования $h(\omega, \tilde{T}_\mu)$ каждого автора ω издания \tilde{T}_μ , в роли весов при этом выступают параметры локализации каждого автора ω издания $\tilde{T}_\mu - \gamma(\omega, \tilde{T}_\mu)$. По полученным показателям в первом слое нейрона вычисляются значения информационной ценности литературных ссылок $\tilde{\sigma}(\tilde{T}_\mu, T_\eta)$ между цитирующими публикациями и ссылочными источниками. Второй слой нейронной сети позволяет определять значения литературных ссылок в зависимости от параметров специализации литературы – $\delta(\tilde{T}_\mu, m)$, получаемых в качестве весовых показателей.

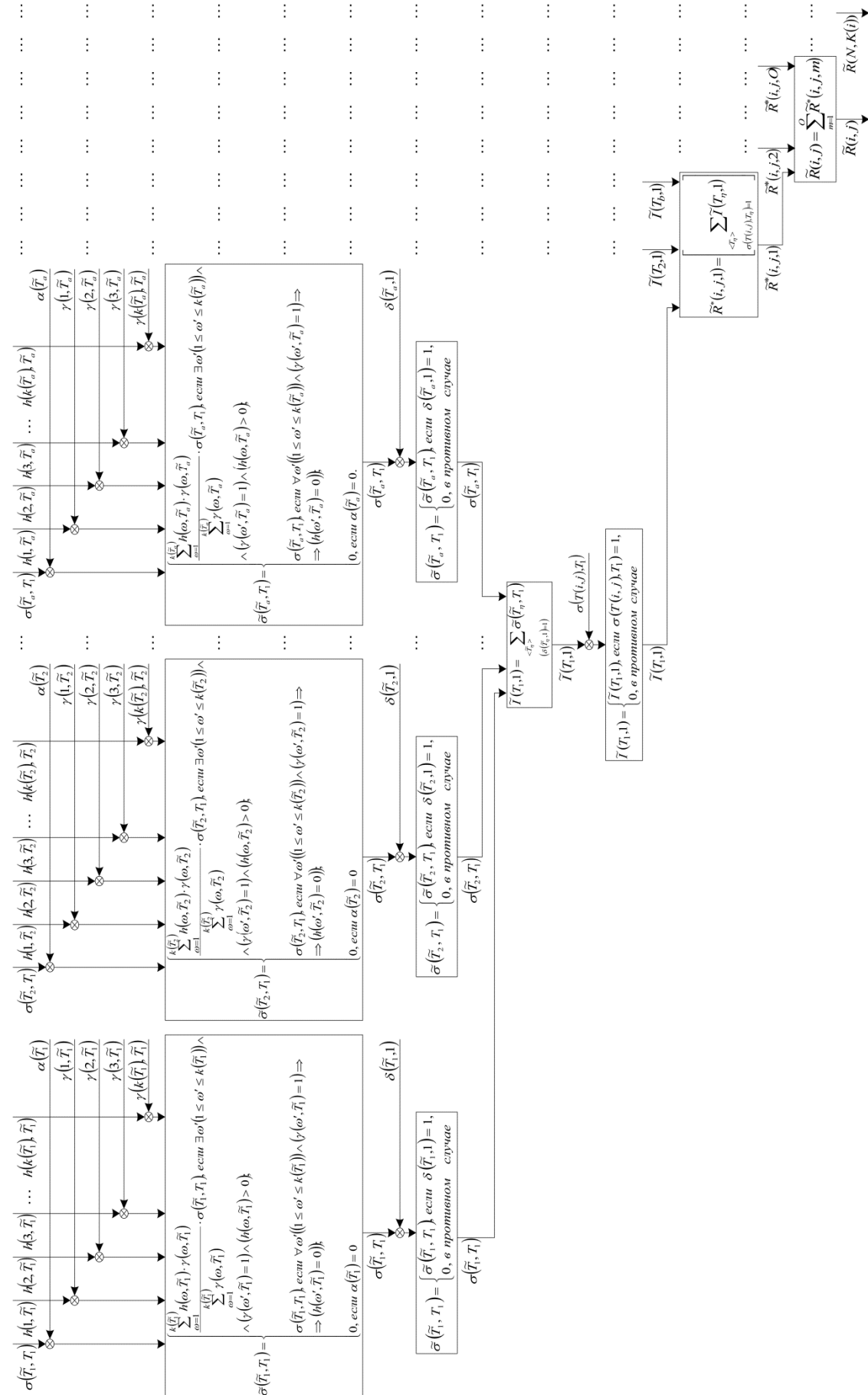


Рис. 2. Схема узла нейронной сети согласно принципу информационной неравноценности значимых ссылок
Fig. 2. Neural network node diagram according to the principle of information inequality of significant links

Третий слой, в свою очередь, предназначен для вычисления локальных взвешенных индексов цитирования для каждой публикации из базы значимых ссылок – $\tilde{I}(T_{\eta}, m)$. Полученные значения при наличии литературных ссылок изданий наименования T_{η} , на которые ссылается издание с наименованием $T(i, j) - \sigma(T(i, j), T_{\eta})$, указываемых в роли весов, переопределяются в четвертом слое нейрона, а в пятом слое применяются для определения локальных взвешенных рейтингов изданий, предложенных к приобретению – $\tilde{R}^*(i, j, m)$.

Шестой слой призван выполнять вычисление значений общих взвешенных рейтингов для каждого издания, предлагаемого к покупке – $\tilde{R}(i, j)$. Полученные значения поступают на выход узла нейронной сети.

В результате работы нейронной сети формируется сообщение, содержащее значения общих взвешенных рейтингов каждого издания из каталогов, вычисление которых, согласно принципу информационной неравноценности, подробно представлено ранее [7].

Взаимодействие цифрового двойника, изображенного в виде узла нейронной сети, рассмотренной в двух версиях, с конечными пользователями выполняется по следующей схеме (рис. 3).

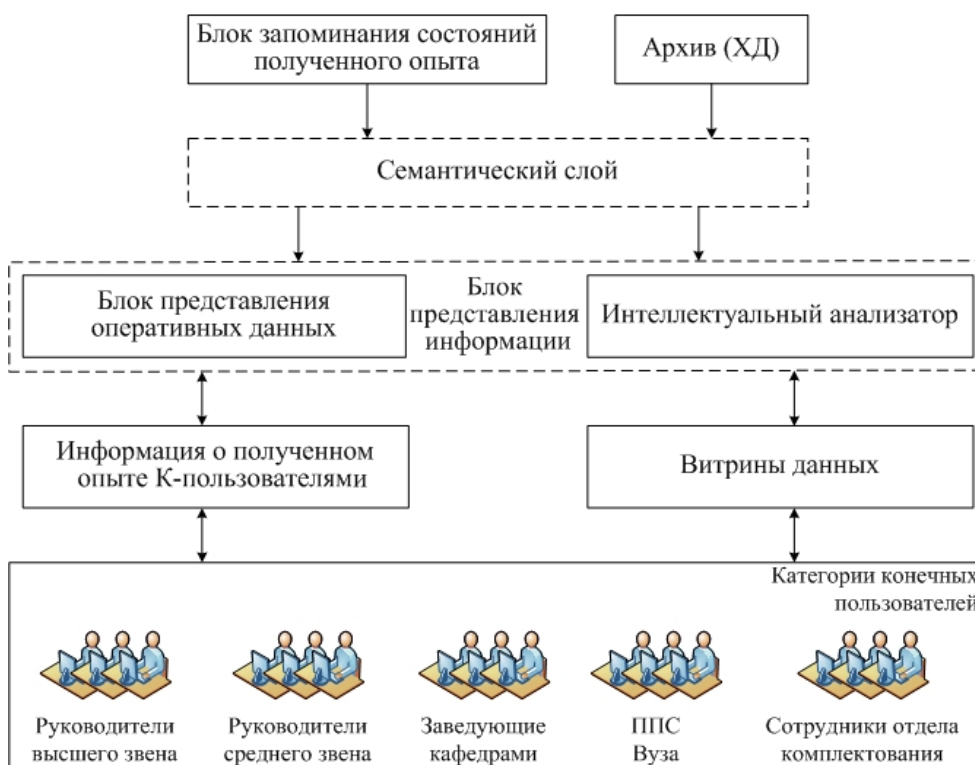


Рис. 3. Схема взаимодействия цифрового двойника с конечным пользователем
Fig. 3. Scheme of interaction of the digital twin with end user

Значения рейтингов, вычисленные в результате работы нейрона, поступают в блок запоминания состояний полученного опыта, из которого вместе с полученными ранее данными, хранящимися в архиве данных, переходят в блок представления информации через семантический слой. Блок представления информации предназначен для анализа полученных данных и формирования ранжированного списка рейтингов изданий, предлагаемых издательствами к покупке, которые, проходя через витрины данных, предоставляются пользователям.

Таким образом, схема нейронной сети, представленная в двух вариантах, позволяет реалистично продемонстрировать вычисление общих и общих взвешенных рейтингов изданий, представленных в каталогах издательств. Эти показатели применяются при определении целевых функций задачи оптимизации заказа литературы, которые требуют достижения наиболее полного соответствия объективным информационным потребностям сотрудников университета, получе-

ния рекордно возможной номенклатуры, а также приобретения предельного количества экземпляров заказываемых изданий.

Заключение

Построенные модели нейронных сетей, реализующие цифровой двойник и позволяющие определять значимость литературы, предлагаемой к приобретению, планируется рассматривать в качестве основных в процессе реализации интеллектуальной системы формирования заказа литературы, обладающего оптимальными характеристиками.

При этом предусматривается применение алгоритма обучения с помощью преподавателя, где входной информацией является обучающий спектр данных, на базе которых нейронная сеть распознает зависимости и правильно реагирует на поступающий тестовый набор данных.

Так, в процессе обучения знания учителя будут передаваться в сеть в максимально полном объеме. Как только сеть будет обучена, учителя можно отключить, что позволит нейронной сети работать самостоятельно.

Функциональные возможности разработанных абстрактных моделей нейронных сетей могут быть расширены с целью учета рейтинговых, качественных (по тематике публикаций), количественных (по наименованиям и видам изданий, стоимости заказа с доставкой и др.) показателей, а также определения количества экземпляров заказываемых изданий [2–6].

Список литературы

1. Абильдина А.Д., Амиров А.Ж., Баймульдин М.К. Концепция автоматизации управления в отраслях образования: проблемы, особенности // Молодой ученый. 2016. № 10 (114). С. 29–31.
2. Головкин Ю.Б., Кромина Л.А., Ярцев Р.А. Автоматизация заказа литературы для вуза по показателям содержательной значимости изданий // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 2. С. 125–131. DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-2-125-131
3. Кромина Л.А., Ярцев Р.А. Об использовании рейтингов изданий при заказе литературы для вуза // Информатизация образования и науки. 2018. № 4 (40). С. 177–185.
4. Кромина Л.А., Ярцев Р.А. Разработка системы заказа литературы для вуза на основе показателей содержательной значимости и подтверждение эффективности ее применения // Вестник СибГУТИ. 2018. № 2. С. 22–31.
5. Кромина Л.А., Ярцев Р.А. Формирование заказа литературы для библиотеки вуза на основе локальных рейтингов изданий как задача исследования операций // Вестник УГАТУ. 2010. Т. 14, № 5 (40). С. 176–187.
6. Миронов В.В., Ярцев Р.А., Кромина Л.А. Применение общих рейтингов заказываемых изданий при формировании оптимального варианта заказа литературы для вуза // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2012. Т. 10, № 4. С. 5–12.
7. Кромина Л.А., Ярцев Р.А. Об учете авторской значимости литературных ссылок при оптимизации заказа книжных изданий для библиотеки вуза // Информационные технологии. 2019. Т. 25, № 6. С. 373–380. DOI: 10.17587/it.25.373-380
8. Кромина Л.А., Ярцев Р.А. Автоматизированная информационная система поддержки принятия решений при заказе литературы для вуза на основе ранжирования изданий по уровню потребности. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2015. 126 с.
9. Воронов И.В., Политов Е.А., Ефременко В.М. Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2007. № 3 (61). С. 38–42.
10. Фаустова К.И. Нейронные сети: применение сегодня и перспективы развития // Территория науки. 2017. № 4. С. 83–87.
11. Осипов А.Н., Эттингер А.П. Индекс Хирша: определение, расчет, использование // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2013. № 1. С. 75–77.
12. Цыганов А.В. Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости // Управление большими системами. 2013. Вып. 44. С. 248–261.
13. Штовба С.Д., Штовба Е.В. Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности ученого // Управление большими системами. 2013. Вып. 44. С. 262–278.

14. Беляева Л.Н., Шубина Н.Л. Научная статья как объект экспертной оценки // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2014. № 172. С. 5–12.
15. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2015. № 1. С. 183–187.

References

1. Abildina A.D., Amirov A.J., Baymuldin M.K. [The concept of automation of management in the education sector: problems, peculiarities]. *Young Scientist*. 2016;10(114):29–31. (In Russ.)
2. Golovkin Yu.B., Kromina L.A., Yartsev R.A. Automated ordering of academic books for higher education institute on indicators of importance of publication content. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie = Journal of Instrument engineering*. 2017;60(2):125–132. (In Russ.) DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-2-125-131
3. Kromina L.A., Yartsev R.A. About the use of ratings publications at the order of the literature for the university. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki*. 2018;4(40):177–185. (In Russ.)
4. Kromina L.A., Yartsev R.A. Development of a book order system for Universities on the basis of content significance indicators and its application effectiveness conformation. *The Herald of the Siberian State University of Telecommunications and Information Science*. 2018;(2):22–31. (In Russ.)
5. Kromina L.A., Yartsev R.A. [Formation of literature order for university library on the basis of local ratings of editions as a task of operations research]. *Vestnik UGATU*. 2010;14(5(40)):176–187. (In Russ.)
6. Mironov V.V., Yartsev R.A., Kromina L.A. Application of the general ratings of the ordered publications in the formation of an optimum variant of the order of literature for high school. *Vestnik Novosibirsk state university. Series: Information technologies*. 2012;10(4):5–12. (In Russ.)
7. Kromina L.A., Yartsev R.A. On the account of the author's significance of literary references by optimization of the order of book editions for the university library. *Information technologies = Informacionnye tehnologii*. 2019;25(6):373–380. (In Russ.) DOI: 10.17587/it.25.373-380
8. Kromina L.A., Yartsev R.A. *Avtomatizirovannaya informatsionnaya sistema podderzhki prinyatiya resheniy pri zakaze literatury dlya vuzov na osnove ranzhirovaniya izdaniy po urovnyu potrebnosti* [Automated information system of decision support for ordering literature for higher education institution based on ranking of publications by level of need: monograph]. Ufa: Ufa St. Aviation Technical Univ. Publ.; 2015. 126 p. (In Russ.)
9. Voronov I.V., Politov E.A., Efremenko V.M. [Review of types of artificial neural networks and methods of their training]. *Bulletin of the Kuzbass state technical university*. 2007;3(61):38–42. (In Russ.)
10. Faustova K.I. [Neural networks: application today and prospects for development]. *Territoriya nauki*. 2017;(4):83–87. (In Russ.)
11. Osipov A.N., Oettinger A.P. H-index: definition, calculation, use. *Bulletin of Russian state medical university*. 2013;(1):75–77. (In Russ.)
12. Tsiganov A.V. Brief review of main scientometric indices based on citations. *Large-Scale Systems Control*. 2013;44:248–261. (In Russ.)
13. Shtovba S.D., Shtovba E.V. A survey on scientometric indicators for assessment of researcher's publication activity. *Large-Scale Systems Control*. 2013;44:262–278. (In Russ.)
14. Beliaeva L.N., Shubina N.L. Scientific paper as a peer review matter. *Izvestia: Herzen university journal of humanities & sciences*. 2014;(172):5–12. (In Russ.)
15. Danelyan T.Ya. Formal methods of expert estimations. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO*. 2015;(1):183–187. (In Russ.)

Информация об авторе

Кромина Людмила Александровна, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия; luyda-kr@yandex.ru.

Information about the author

Lyudmila A. Kromina, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Ass. Prof. of the Department of Automated Control Systems, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia; luyda-kr@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 22.03.2023

The article was submitted 22.03.2023