

Семантические связи между дисциплинами и понятиями, относящимися к информатике и кибернетике

Semantic Links Between Disciplines and Concepts Related to Informatics and Cybernetics

Получено: 14.02.2025 / Одобрено: 22.02.2025 / Опубликовано: 25.06.2025

Майер Р.В.

ФГОУ ВО «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет им. В.Г. Короленко», Россия, 427621, Глазов, ул. Первомайская, д. 25, e-mail: robert_maier@mail.ru

Mayer R.V.

Glazov State University of Engineering and Pedagogy named after V.G. Korolenko, 25, Pervomaiskaya St., Glazov, 427621, Russia, e-mail: robert_maier@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме изучения семантического пространства научных концептов «информатика», «кибернетика», «робототехника», «информационно-кибернетическая картина мира», «алгоритмическое мышление» и т.д. Путем анализа ответов нейросети *ChatGPT* и текстов из Википедии для каждого концепта получен список терминов с указанием количества их использований. С помощью компьютерной программы найдены косинусная мера близости и семантическое расстояние между этими списками, получена матрица близости концептов и осуществлена кластеризация объектов. При этом наиболее близкие концепты (кластеры) объединялись в один кластер, вес которого вычислялся путем суммирования весов составляющих его кластеров. Аналогичными методами изучено семантическое пространство вокруг понятия «информационно-кибернетическое мышление», под которым понимается особый способ объяснения функционирования информационно-кибернетических систем, предполагающий выделение информационных потоков и цепей управления и использование основных идей информатики и кибернетики. Построен граф, вершины которого соответствуют изучаемым концептам, а ребра — связям между ними. Кроме того, выявлены облака понятий, семантически близких к концептам «информатика» и «кибернетика». Полученные результаты характеризуют объективные особенности семантического пространства, которые обусловлены содержанием и методикой преподавания основ информатики и кибернетики. Используемый метод позволяет исследовать семантические пространства других областей знаний.

Ключевые слова: дидактика, информатика, кибернетика, концепт, мышление, семантическое пространство, компьютерные методы, косинусная близость.

Введение

Важным условием формирования профессиональных компетенций будущих учителей физики, математики и информатики является наличие в их сознании единой научной картины мира (КМ), объединяющей в себе естественно-научную, технологическую и информационно-кибернетическую составляющие. Естественно-научная КМ представляет собой систему знаний об универсальных законах и принципах устройства Вселенной, базирующуюся на достижениях наук о природе (физика,

Abstract. The article is devoted to the problem of studying the semantic space of the scientific concepts "informatics", "cybernetics", "robotics", "information and cybernetic worldview", "algorithmic thinking", etc. By analyzing the responses of the ChatGPT neural network and texts from Wikipedia, a list of terms with an indication of their number is obtained for each concept. Using a computer program, the cosine measure of proximity and the semantic distance between these lists are found, a matrix of concept proximity is obtained, and clusterization of objects is carried out. At the same time, the closest concepts (clusters) are combined into one cluster, the weight of which is calculated by summing the weights of its constituent clusters. Similar methods have been used to study the semantic space around the concept of "information and cybernetic thinking", which is understood as a special way of explaining the functioning of information and cybernetic systems, involving the allocation of information flows and control chains and the use of basic ideas of informatics and cybernetics. A graph is constructed, the vertices of which correspond to the concepts being studied, and the edges correspond to the connections between them. In addition, clouds of concepts semantically close to "informatics" and "cybernetics" is identified. The results obtained characterize the objective features of the semantic space, which are determined by the content and methodology of teaching the basics of informatics and cybernetics. The method used allows us to explore the semantic spaces of other fields of knowledge.

Keywords: didactics, informatics, cybernetics, concept, thinking, semantic space, computer methods, cosine proximity.

химия, биология, астрономия и др.). Технологической КМ называется совокупность представлений о технических объектах, которые основаны на закономерностях развития техники и технологии, принципах работы технических систем. **Информационно-кибернетическая КМ** — это обобщенная модель окружающей действительности, включающая в себя знания об информации и методах ее измерения, общих принципах управления, объяснение информационных процессов и функционирования различных кибернетических систем [7].

Перечисленным выше картинам мира соответствуют различные виды мышления: физическое, химическое, биологическое, техническое, инфокибернетическое и т.д. **Техническое мышление** заключается в способности решать практические проблемы и задачи, связанные с созданием, использованием и обслуживанием технических систем и устройств. Оно предусматривает понимание: 1) законов физики, математики, химии, биологии, позволяющих описать поведение технических систем в различных условиях; 2) принципов работы технических устройств (двигатели, генераторы, датчики, микросхемы и т.д.); 3) математических моделей, описывающих поведение технических систем и облегчающих их проектирование и оптимизацию; 4) технологических процессов, использующихся для изготовления, сборки, тестирования и обслуживания технических систем.

Инфокибернетическое мышление — это процесс анализа и понимания принципа действия информационных и кибернетических систем, предусматривающий [7] выделение основных блоков, информационных потоков и цепей управления, объяснение анализируемых процессов с помощью основных положений информатики и кибернетики, взаимодействие с информационными и кибернетическими системами с целью решения практических задач.

Информационные технологии, автоматизация промышленности, применение автоматизированных и робототехнических систем вносят свои корректиры в учебный процесс. Развитие у студентов **интегративного мышления** происходит более эффективно, если обучение опирается на теоретические межпредметные обобщения и связи технических дисциплин (электроники, приборостроения и т.д.) с информатикой, кибернетикой, робототехникой, а также на семантические связи между концептами «инфокибернетическое мышление», «алгоритмическое мышление», «инфокибернетическая картина мира» и т.д. Дальнейшее развитие методики преподавания информатики и кибернетики требует использования перечисленных выше понятий, а также внедрения методической системы формирования инфокибернетической КМ, предложенной в [7], в педагогическую практику.

Упомянутые выше логические, семантические и иные связи между научными понятиями отражают объективно существующие взаимосвязи между различными информационными, кибернетическими и техническими системами, технологическими процессами и описывающими их законами, а также

дидактическими понятиями, позволяющими проанализировать учебный процесс. Их учет — важное условие развития познавательной активности, средство реализации принципов систематичности и научности обучения [11]. Актуализация **межпредметных связей** позволяет расширить и углубить разнопредметные знания учащихся, увидеть взаимосвязи между различными теориями и явлениями, развить более глубокое понимание технических систем, сформировать критическое мышление, повысить интерес и мотивацию к обучению [12].

Цель статьи: 1) осуществить кластеризацию учебных дисциплин, связанных с информатикой и кибернетикой; 2) изучить семантическое пространство понятия «инфокибернетическое мышление»; 3) выявить понятия, семантически близкие к научным концептам «информатика» и «кибернетика». **Методологической основой** исследования являются работы ученых по следующим направлениям: 1) извлечение ключевых слов: А.С. Ванюшкин и Л.А. Гращенко [4], М.С. Каряева [6], С.О. Шереметьева и П.Г. Осминин [13]; 2) семантическое расстояние: Н.К. Андриевская [2], А.В. Анисимов, А.А. Марченко и В.К. Кисенко [3], Ю.И. Морозова [10]; 3) квантизативные методы при анализе текстов: Р.В. Майер [8], С.Д. Manning, P. Raghavan и H. Schütze [14], P.D. Turney и P. Pantel [15]; 4) теория меж- и внутрипредметных связей: Т.Н. Гнитецкая [5], О.М. Матвеева, И.С. Матвеева, Л.А. Матвеева и Д.А. Романов [9], А.П. Синяков [12]; 5) межпредметные связи информатики и робототехники: Х.Х. Абушкин и А.В. Дадонова [1], М.Г. Победоносцева и М.И. Шутикова [11].

1. Обсуждение проблемы исследования

В идеале выпускники педагогических вузов должны владеть информационно-кибернетическим подходом при объяснении функционирования сложных систем, уметь решать типовые задачи по информатике, разбираться в алгоритмах и программах, успешно взаимодействовать с различными электронными устройствами, ресурсами Интернета и т.д., а также объяснять школьникам основные положения информатики и кибернетики. Развитие инфокибернетической КМ и инфокибернетического мышления у будущих учителей информатики, физики и математики является важным условием формирования их профессиональных компетенций. Актуальность этой проблемы обусловлена тем, что в современной науке при анализе технических, биологических, социально-экономических и других систем применяется один и тот же **инфокибернетический подход**,

состоящий в разбиении системы на преобразователи информации, выявлении информационных потоков и цепей управления, использовании фундаментальных принципов управления, обработки, хранения и передачи информации. Все это требует формирования у школьников и студентов целостного взгляда на информационные и кибернетические процессы различной природы, выявления и установления **межпредметных связей** (МПС) с дисциплинами, относящимися к естественно-научной и технологической картинам мира.

Проблема обнаружения и использования МПС в образовательном процессе исследовалась различными учеными-методистами [1; 11; 12]. Для этого применяются различные методы, включая качественно-количественный анализ учебных текстов, выявление общих понятий и законов, а также математическое моделирование МПС. Например, в [5; 9] рассмотрены различные модели межпредметных связей, основанные на теории множеств, теории графов, теории вероятностей, предложена теория меж- и внутрипредметных связей, предусматривающая определение их силы и построение графа. Показано, что установление МПС и их актуализация способствуют повышению системности мышления и знаний студентов [1]. Исследуются методологические основы создания и реализации дидактической системы МПС при изучении информатики [11; 12], а также способы актуализации связей информатика — робототехника, информатика — физика, физика — робототехника при рассмотрении методологии научного познания, в проектной деятельности и с целью интеграции обучения.

Установление степени семантической связанности понятий P_A и P_B — непростая задача [2; 3], для решения которой используются методы **лексического, структурного и семантического анализа** [14; 15]. Последний метод предусматривает использование векторных представлений текстов, объясняющих понятия P_A , P_B , P_C ... вычисление косинусной меры близости и семантических расстояний между ними, а также изучение семантического пространства, построение графа и т.д.

Для оценки степени близости понятий P_A и P_B необходимо взять достаточно большие тексты T_A и T_B , объясняющие сущность этих понятий, содержащие их определения, а также другие понятия, связанные с P_A и P_B по смыслу. Сравниваемые тексты T_A и T_B заменяют списками ключевых слов A и B с указанием количества или частоты их употреблений (модель «мешок слов»). Будем считать, что два понятия связаны между собой, если в соответ-

ствующих им списках A и B встречаются одни и те же научные термины. Так как информация в анализируемых текстах излагается без каких-либо иносказаний, то для оценки их семантической близости достаточно установить степень совпадения научной лексики.

Объединение множеств ключевых слов образуют тезаурус объемом $N = N(A \cup B)$. Формально спискам A и B соответствуют вектора $\vec{a}(a_1, a_2, \dots, a_N)$ и $\vec{b}(b_1, b_2, \dots, b_N)$ в N -мерном пространстве, где a_i и b_i — частоты употребления ключевых слов (некоторые из них равны 0). Мера близости текстов T_A и T_B рассчитывается как косинус угла между соответствующими векторами; он равен 0 для ортогональных векторов (тексты абсолютно не похожи) и 1 для сонаправленных векторов, когда списки A и B очень близки по содержанию [1; 2]. Для вычисления **косинусной меры близости** применяется формула:

$$C(A, B) = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_N b_N}{\sqrt{a_1^2 + \dots + a_N^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + \dots + b_N^2}}.$$

2. Результаты исследования

Перечислим интересующие нас учебные дисциплины (и соответствующие им науки), силу связей между которыми необходимо определить: бионика, биофизика, инженерная механика, информатика, кибернетика, космонавтика, математика, материаловедение, приборостроение, робототехника, физика, электроника. Для получения списков слов, которые семантически связаны с этими понятиями, использовалась нейросеть *ChatGPT*. Это чат-бот с искусственным интеллектом, способный работать в диалоговом режиме. Ему были заданы вопросы типа: 1) «Что называется кибернетикой?»; 2) «Перечисли научные понятия, семантически связанные с понятием кибернетика». Из ответов нейросети на эти вопросы были сформированы текстовые файлы объемом около 300 слов на английском языке. В результате их обработки ресурсом advego.com были получены списки объемом 100–120 слов с указанием частот их употребления. Например, для понятия «робототехника» получился файл, содержащий список терминов с указанием их количества: *robot* — 18, *system* — 8, *design* — 5, *development* — 5, *automation* — 3, *industrial* — 3, *machine* — 3, *operate* — 3, *software* — 3, *algorithm* — 2, *computer* — 2, *control* — 2, *sensor* — 2, *simulation* — 2 и т.д. После упорядочивания по алфавиту из этих списков были выделены часто используемые концепты, имеющие общие корни, и вычислены суммарные количества их употреблений.

Для установления **силы семантической связи** между списками терминов использовалась специальная компьютерная программа, написанная на *ABC Pascal*, которая для каждой пары понятий вычисляла косинусную меру близости $K(A, B)$ и **семантическое расстояние** $L(A, B) = 1 / K(A, B) - 1$. При этом программа сопоставляла два файла 1.txt и 2.txt, выявляя совпадения научных терминов и учитывая количества их использований. Слова, не являющиеся научными терминами (типа *each, use, new* и т.д.) были внесены в файл iskl.txt для исключений и не учитывались при нахождении меры близости.

В табл. 1 представлены результаты вычисления косинусной меры близости (под диагональю) и семантического расстояния (над диагональю) между сравниваемыми дисциплинами. На ее основе осуществлена кластеризация рассматриваемой совокупности понятий (рис. 1.1 и 1.2). При этом использовался следующий алгоритм:

- 1) сначала считают, что каждый i -ый объект (понятие) является отдельным кластером с весом $m_i = 1$;
- 2) находят два наиболее близких кластера K_i и K_j , у которых $L_{ij} = \min$;
- 3) объединяют их в один кластер K_{ij} с весом $m_{ij} = m_i + m_j$;
- 4) вычисляют расстояние от образовавшегося кластера K_{ij} до остальных кластеров, учитывая их веса:

$$L(K_{ij}, K_r) = \frac{m_i L(K_i, K_r) + m_j L(K_j, K_r)}{m_i + m_j}, \quad r = 1 \dots N,$$

кроме i и j ; $L(K_{ij}, K_{ij}) = 0$.

- 5) если число кластеров больше 1, то возвращаются к операции 2, а иначе — заканчивают кластеризацию.

На рис. 1 представлены результаты кластеризации учебных дисциплин, тесно связанных с информатикой и кибернетикой; они имеют вид иерархической структуры. Видно, что на первом шаге объединились

Таблица 1

 $K(A, B)$ и $L(A, B)$ между понятиями

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Робототехника	1	5,37	3,72	16,04	5,81	8,55	4,74	10,98	6,23	34,97	55,18	5,97
2	Электроника	0,157	1	4,03	16,24	9,53	2,97	2,65	3,63	8,56	19,58	49,00	3,03
3	Информатика	0,212	0,199	1	11,21	1,72	5,50	3,51	4,31	18,84	10,15	4,47	5,75
4	Физика	0,059	0,058	0,082	1	4,35	7,48	2,82	3,10	8,43	3,50	2,29	15,18
5	Кибернетика	0,147	0,095	0,367	0,187	1	5,03	6,17	5,63	22,75	6,14	3,77	5,35
6	Приборостроен.	0,105	0,252	0,154	0,118	0,166	1	6,30	7,30	11,32	15,08	5,44	2,93
7	Инжен. механ.	0,174	0,274	0,222	0,262	0,140	0,137	1	2,76	5,85	5,61	4,51	8,99
8	Материаловед.	0,084	0,216	0,188	0,244	0,151	0,121	0,266	1	17,48	7,20	4,39	14,92
9	Космонавтика	0,135	0,105	0,050	0,106	0,042	0,081	0,146	0,054	1	85,96	9,31	51,08
10	Биофизика	0,028	0,049	0,090	0,222	0,140	0,062	0,151	0,122	0,012	1	2,82	2,12
11	Математика	0,018	0,020	0,183	0,304	0,210	0,155	0,181	0,186	0,097	0,262	1	12,33
12	Бионика	0,143	0,248	0,148	0,062	0,157	0,255	0,100	0,063	0,019	0,320	0,075	1

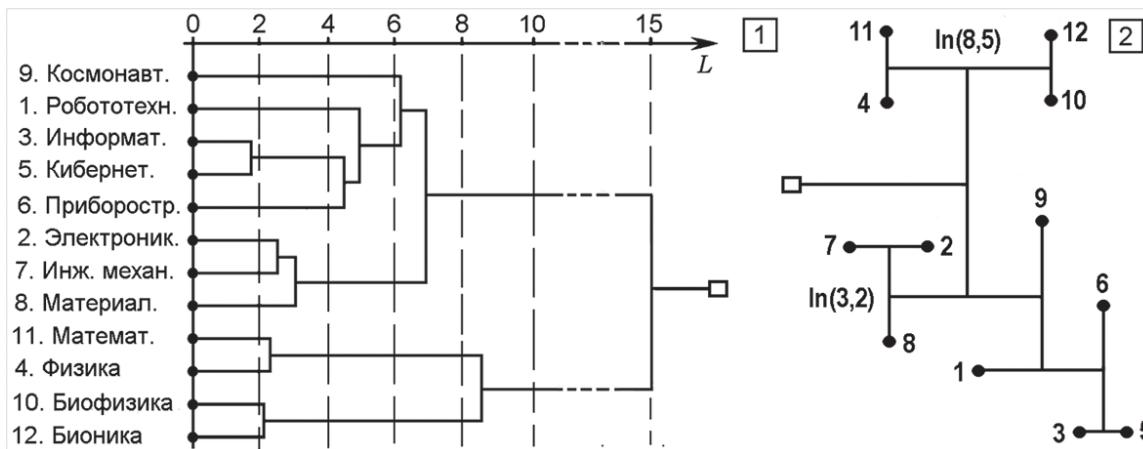


Рис. 1. Результаты кластеризации объектов

понятия 3 и 5, затем 10 и 12, далее 11 и 4 и т.д. Хорошо различимы кластеры: 1) информатика, кибернетика, приборостроение, робототехника и космонавтика; 2) инженерная механика, материаловедение и электроника; 3) математика и физика; 4) бионика и биофизика. На рис. 2 изображен граф, показывающий связи между этими объектами; длины отрезков пропорциональны логарифму от семантического расстояния между ними.

На наш взгляд, при обсуждении вопросов, связанных с изучением информатики и кибернетики, следует использовать понятие «инфокибернетическое мышление». Под ним понимается совокупность познавательных процессов и методов, позволяющих [7]: 1) объяснять функционирование информационных и кибернетических систем, таких как спутниковое телевидение, интернет, компьютеры, роботы, опираясь на фундаментальные принципы информатики и кибернетики; 2) разрабатывать алгоритмы путем декомпозиции сложных операций на элементарные действия, выполнение которых приведет к решению поставленной задачи; 3) программировать различные кибернетические устройства; 4) взаимодействовать с электронными девайсами для удовлетворения информационных потребностей и решения практических задач.

Для изучения семантического пространства понятия «инфокибернетическое мышление» были определены меры близости и семантические расстояния между ним и терминами «алгоритмическое мышление», «инфокибернетическая картина мира», «инфологическое мышление», «кибернетическое мышление», «синергетическое мышление», «информатика», «кибернетика», «математика», «робототехника», «электроника», «физика». Для получения списков терминов, семантически связанных с перечисленными понятиями, использоваласьней-

росеть *ChatGPT*. Результаты обрабатывались с помощью ресурса advego.com. В результате получена матрица близости, что позволило построить граф (понятийный кластер), показывающий наиболее сильные смысловые связи (рис. 2). Видно, что ядро рассматриваемой совокупности объектов состоит из понятий «инфокибернетическое мышление», «инфокибернетическая КМ», «инфологическое мышление». Недалеко от них расположены «информатика», «кибернетика» и «кибернетическое мышление». Остальные понятия находятся на большем удалении от ядра.

Чтобы выявить научные понятия, семантически связанные с концептами «информатика» и «кибернетика», были проанализированы: 1) ответы нейросети ChatGPT на запрос: «Перечисли понятия, семантически близкие к понятию информатика (кибернетика)»; 2) статьи Википедии [16] по темам «Информатика» и «Кибернетика». В результате были получены два текстовых файла объёмом 3182 и 1612 слов, которые анализировались с помощью интернет-ресурса advego.com. Это позволило сформировать список терминов с указанием числа их использований. Исключение ненаучных терминов и редко используемых слов позволило получить два облака понятий, относящихся к информатике и кибернетике.

«Информационная» составляющая инфокибернетической КМ охватывает теорию информации, теорию кодирования, теорию алгоритмов, теорию автоматов, методы программирования, искусственный интеллект, информационно-коммуникационные технологии. Концепту «информатика» соответствует следующее облако понятий: компьютер (-ный) — 72, вычислять (-ение) — 46, программа (-ный) — 42, информация (-ионный) — 40, данные — 32, система — 32, алгоритм — 18, программирование — 15, искусственный интеллект — 10, сеть — 10, база

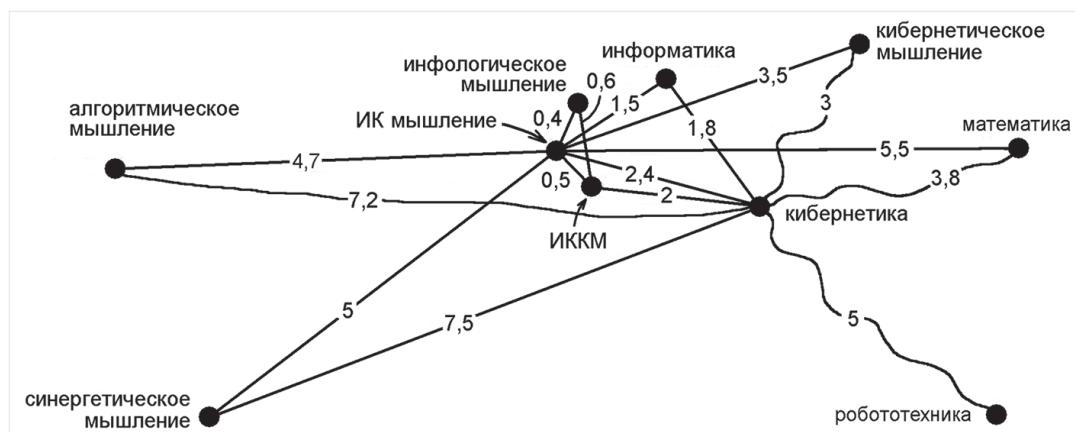


Рис. 2. Понятия, семантически близкие к понятию «информационно-кибернетическое мышление»

данных — 9, калькулятор — 8, математический — 8, моделирование — 7, криптография — 6, логика — 6, структура — 6, управление — 6 и т.д.

«Кибернетическая» составляющая инфокибернетической КМ включает в себя теоретическую кибернетику, техническую кибернетику (системы автоматического управления, робототехника), биологическую, социальную, педагогическую и экономическую кибернетики. Концепту «кибернетика» соответствует следующее облако понятий: система — 82, управление — 32, информация — 20, кибернетический — 20, поведение — 13, связь — 11, среда — 11, живой — 10, технический — 7, биологический — 6, математический — 6, организм — 6, биология — 5, машина — 5, общество — 5, объект — 5, психология — 5, цель — 5, анализ — 4, вычислительный — 4, инженерия — 4, модель — 4, сеть — 4, сигнал — 4, адаптивный — 3, искусственный интеллект — 3 и т.д.

Заключение

В результате анализа ответов нейросети выявлены множества научных понятий, связанных с ин-

форматикой, кибернетикой, математикой, робототехникой, физикой, электроникой и т.д. Для каждого такого концепта был сформирован список научных терминов с указанием числа их использований («мешок слов»). С помощью компьютерной программы рассчитаны косинусная мера близости и семантическое расстояние между концептами, получена матрица близости; это позволило осуществить кластеризацию объектов.

Аналогичными методами исследовано семантическое пространство вокруг понятия «информационно-кибернетическое мышление», а также выявлены облака понятий, которые связаны с концептами «информатика» и «кибернетика» смысловыми связями. Полученные результаты характеризуют объективные особенности семантического пространства, обусловленные содержанием этих наук, связями между их разделами и методикой преподавания соответствующих учебных дисциплин. Используемый метод может быть применен для исследования семантических пространств других областей знания.

Литература

1. Абушкин Х.Х. Межпредметные связи в робототехнике как средство формирования ключевых компетенций учащихся [Текст] / Х.Х. Абушкин, А.В. Дадонова // Учебный эксперимент в образовании. — 2014. — № 3. — С. 32–35.
2. Андреевская Н.К. Гибридная интеллектуальная мера оценки семантической близости [Текст] / Н.К. Андреевская // Проблемы искусственного интеллекта. — 2021. — № 1. — С. 4–17.
3. Анисимов А.В. Метод вычисления семантической близости-связности между словами естественного языка [Текст] / А.В. Анисимов, А.А. Марченко, В.К. Кисенко // Кибернетика и системный анализ. — 2011. — № 4. — С. 18–27.
4. Ванюшкин А.С. Методы и алгоритмы извлечения ключевых слов [Текст] / А.С. Ванюшкин, Л.А. Гращенко // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2016. — № 19. — С. 85–93.
5. Гнитецкая Т.Н. Основы теории внутрипредметных связей [Текст] / Т.Н. Гнитецкая // Физическое образование в вузах. — 1999. — № 2. — С. 23–39.
6. Каряева М.С. Лингвостатистический анализ терминологии для построения тезауруса предметной области [Текст] / М.С. Каряева // Моделирование и анализ информационных систем. — 2015. — Т. 22. — № 6. — С. 834–851.
7. Майер Р.В. Информационно-кибернетическая картина мира и ее формирование у студентов педагогических специальностей [Текст]: монография / Р.В. Майер. — Глазов: Изд-во Глазовского гос. пед. ин-та, 2022. — 202 с.
8. Майер Р.В. Сложность учебных понятий и текстов [Текст]: монография / Р.В. Майер. — Глазов: Изд-во ГИПУ, 2024. — 132 с.
9. Матвеева О.М. Современные модели межпредметных связей [Текст] / О.М. Матвеева, И.С. Матвеева, Л.А. Матвеева, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгатфа. — 2018. — С. 203–207.
10. Морозова Ю.И. Построение семантических векторных пространств различных предметных областей [Текст] / Ю.И. Морозова // Информатика и ее применения. — 2013. — Т. 7. — Вып. 1. — С. 90–93.
11. Победоносцева М.Г. Межпредметные связи информатики [Текст] / М.Г. Победоносцева, М.И. Шутикова // Вестник ТГУ. — 2007. — Т. 12. — Вып. 5. — С. 621–622.
12. Синяков А.П. Дидактические подходы к определению понятия «межпредметные связи» [Текст] / А.П. Синяков // Известия Российской государственной педагогической университета им. А.И. Герцена. — 2009. — Вып. 113. — С. 197–202.
13. Шереметьева С.О. Методы и модели автоматического извлечения ключевых слов [Текст] / С.О. Шереметьева, П.Г. Осминин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Лингвистика». — 2015. — Т. 12. — № 1. — С. 76–81.
14. Manning C.D. An Introduction to Information Retrieval / C.D. Manning, P. Raghavan, H. Schütze. Cambridge University Press. 2008. 528 p.
15. Turney P.D. From frequency to meaning: Vector space models of semantics / P.D. Turney, P. Pantel // J. Artificial Intelligence Research. Menlo Park, California: AAAI Press, 2010, no. 37, pp. 141–188.
16. Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

References

1. Abushkin KH.KH., Dadonova A.V. Mezhpredmetnye svjazi v robototekhnike kak sredstvo formirovaniya kljuchevykh kompeten-
- tsij uchashchikhsja // Uchebnyj eksperiment v obrazovanii. 2014. № 3, pp. 32–35.
2. Andrievskaja N.K. Gibridnaja intellektual'naja mera otsenki semanticheskoy blizosti // Problemy iskusstvennogo intellekta. 2021. № 1, pp. 4–17.

3. Anisimov A.V. Metod vychislenija semanticeskoy blizost-svjaznosti mezhdu slovami estestvennogo jazyka / A.V. Anisimov, A.A. Marchenko, V.K. Kisenko // Kibernetika i sistemnyj analiz. 2011. № 4, pp. 18–27.
4. Vanjushkin A.S. Metody i algoritmy izvlechenija kljuchevyh slov / A.S. Vanjushkin, L.A. Grashchenko // Novye informatsionnye tekhnologii v avtomatizirovannyh sistemah. 2016. № 19, pp. 85–93.
5. Gnitetskaja T.N. Osnovy teorii vnutripredmetnykh svjazej // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 1999. № 2, pp. 23–39.
6. Karjaeva M.S. Lingvostaticeskij analiz terminologii dlja postroenija tezaurusa predmetnoj oblasti // Modelirovanie i analiz informatsionnykh sistem. 2015. T. 22. № 6, pp. 834–851.
7. Mayer R.V. Informatsionno-kiberneticheskaja kartina mira i ee formirovanie u studentov pedagogicheskikh spetsial'nostej: monografija. Glazov: Glazovskij gosudarstvennyj pedagogicheskij institut, 2022. 202 p.
8. Mayer R.V. Slozhnost' uchebnykh ponjatij i tekstov: monografiya. Glazov: GIPU, 2024. 132 p.
9. Matveeva O.M. Sovremennye modeli mezhpredmetnykh svjazej / O.M. Matveeva, I.S. Matveeva, L.A. Matveeva, D.A. Romanov // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. 2018, pp. 203–207.
10. Morozova Ju.I. Postroenie semanticeskikh vektornykh protostanov razlichnykh predmetnykh oblastej // Informatika i ee primenenija. 2013. T. 7. Vyp. 1, pp. 90–93.
11. Pobedonosceva M.G., Shutikova M.I. Mezhpredmetnye svjazi informatiki // Vestnik TGU. 2007. T. 12. Vyp. 5, pp. 621–622.
12. Sinjakov A.P. Didakticheskie podkhody k opredeleniju ponjatija «mezhpredmetnye svjazi». Izvestija Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena. 2009. Vyp. 113, pp. 197–202.
13. Sheremet'eva S.O. Metody i modeli avtomaticheskogo izvlechenija kljuchevyh slov / S.O. Sheremet'eva, P.G. Osminin // Vestnik JuUrGU. Serija: Lingvistika. 2015. T. 12. № 1, pp. 76–81.
14. Manning C.D. An Introduction to Information Retrieval / C.D. Manning, P. Raghavan, H. Schütze. Cambridge University Press. 2008. 528 p.
15. Turney P.D. From frequency to meaning: Vector space models of semantics / P.D. Turney, P. Pantel // J. Artificial Intelligence Research. Menlo Park, California: AAAI Press, 2010, no. 37, pp. 141–188.
16. Vikkipedia: <https://ru.wikipedia.org>