

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 6

Москва 2022

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОИСК

УДК 025.4.03:004.822

Н.В. Максимов, О.Л. Голицына

От семантического к когнитивному информационному поиску. Основные положения и модели глубинного семантического поиска*

«Документальная ИПС должна быть организована таким образом, чтобы человек мог как бы исследовать поисковый массив, изменяя формулировку поискового предписания в зависимости от промежуточных результатов поиска»
[1, с. 285]

Рассматриваются особенности человеко-машинного документального поиска, ориентированного на информационную поддержку когнитивных процессов основной деятельности. Анализируются понятия «смысл» и «семантический информационный поиск». Вводятся понятия «глубинный семантический поиск», рассматриваемый как интерактивный, использующий онтографовое представление (процесс с поисковыми механизмами на графах знаний, подобными «механике» операций сознания/познания) и полнотекстовое индексирование в том числе и отношений, а также «когнитивный информационный поиск», который рассматривается как по-

* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект государственного задания № 0723-2020-0036).

строение «пути познания» – интерактивное итеративное и существенно зависящее от предыдущего результата формирование на хаотизированном множестве находимых фактов некоторого целевого факта. Результатом такого поиска будет (1) отбор фрагментов документов, отвечающих реальной информационной потребности (а не экземпляров документов, отвечающих выраженной потребности, как в традиционных документальных ИПС), и (2) интерактивно сформированный семантический граф – некоторый концептуальный образ решения задачи пользователя. Приводятся математические модели глубинного семантического поиска на графах знаний.

Ключевые слова: когнитивный информационный поиск, онтологии знаний, механизмы глубинного семантического поиска, обработка текста, семантика, графы знаний

DOI: 10.36535/0548-0027-2022-06-1

ВВЕДЕНИЕ

В условиях интегральной цифровизации научной, производственной, социальной сферы с сопутствующим ей «перемещением» данных, знаний и процессов их создания и использования в распределенную вычислительную среду информационный поиск следует рассматривать как один из инструментов познания¹, где задачами будут не только нахождение публикации по теме, но и анализ состояния предметной области, а также информационное моделирование синтезируемого результата и в какой-то степени самого процесса познания.

Такой поиск можно было бы назвать информационным познанием – взаимосогласованным поиском ситуативно релевантных фрагментов знания вне и внутри сознания субъекта. В работе [2] этот процесс «дополненного познания» (*complementary cognition*) представлен как последовательное чередование функций естественного (генетического) и информационного поиска, когда организм (сознание) рассматривает разнообразную информацию и выбирает конкретный вариант, который наилучшим образом соответствует решаемой задаче. В [3] отмечается, что такое информационно дополненное познание возникает как следствие индивидуальной нейрокогнитивной специализации, совмещенной с эволюцией языка.

Специальное понятие «когнитивный поиск» определяется в [4]. Это «инструменты и технологии для поддержки самостоятельного извлечения информации и новых идей из больших хранилищ неструктурированных и структурированных данных, находящихся в разных источниках, таких как файловые системы, базы данных, потоки, другие платформы и приложения». Следует отметить, что это определение нельзя считать конструктивным, поскольку оно неявно апеллирует к искусственному интеллекту, смыслом вообще и гетерогенности используемой информации при том, что каждое из этих понятий может определяться и использоваться по-разному.

¹ В отличие от построения логического вывода – нового знания (и, соответственно, увеличения информации), целью информационного поиска является отбор информации (данных, фактов и т.д.) для формирования множества альтернативных, возможно, гипотетических решений, т. е. расширение пространства выбора (и, соответственно, локальное увеличение энтропии).

Поэтому прежде, чем переходить к определению когнитивного поиска и связанных с ним моделей и технологий глубинного семантического поиска, рассмотрим представление семантики в рамках задач информационного поиска, а также базовое понятие – «смысл». При этом не будет применяться онтологический подход, хотя именно он лежит в основе когнитивного информационного поиска.

СЕМАНТИКА, СМЫСЛ, ЗНАЧЕНИЕ

Семантика, не в широком смысле слова, а в контексте информационного поиска, понимается достаточно специфично – как смысловое содержание текста, процесса и т.д. Смысл в таком понимании – нечто, содержащееся в сообщении (тексте, сигнале), то, по чему мы можем судить об обозначаемом («Что это», «Как устроено»). Смысл объекта – это *существо* (архетип), образ, построенный субъектом на основе этого объекта (точнее, взаимодействия с ним) в соответствии с некоторой схемой (точкой зрения, шаблоном, целью), отражающей интересы субъекта. Смысл может иметь как содержательный, так и идентифицирующий характер. В первом случае – это представление существа в некотором аспекте, во втором – обозначение, называние этого аспекта (например, «Координаты в смысле географии»).

Понятие «смысл» связано с понятием «значение», содержание которого достаточно конструктивно определено в [5] следующим образом: значение можно понимать как нечто, возникающее из *взаимодействий* организма с его нишей в окружающей среде, воспринимаемой как его субъективный мир. По сути, значение и смысл соотносятся как объект и функция, задающая этот объект, «сущностное свойство характеризующего с его помощью объекта» [6], т. е. смысл – это то, что формирует в информационном взаимодействии значение.

В семиотике (см. [7]) значением (предметным значением, денотатом) некоторого знака (и, в частности, имени) называется обозначаемый (называемый) им предмет или класс предметов (объем именуемого понятия – «Что»), а смыслом знака – содержание понятия (концепт денотата – «Как», «Какой»), т. е. то, понимание чего является условием адекватного восприятия данного знака. По Г. Фреге знак (как отдельный объект), во-первых, указывает на другой

объект (значение знака), а во-вторых, – на соответствующее означаемому объекту понятие (смысл знака).

Условием применимости знака служат признаки, образующие в совокупности его интенционал (или, в другой терминологии – сигнификат). Это не сам класс обозначаемых объектов, а те признаки (свойства), на основании которых эти объекты объединены в данный класс и противопоставлены членам других классов, т. е. знак отсылает к объекту (денотату) не непосредственно, а опосредованно, через понятие о данном классе объектов, имеющееся в сознании человека. Это позволяет выделять (различать) некоторый объект среди других не только по наличию «метки» (как еще одного дополнительного элемента, инородного по отношению к этому объекту), но и по некоторому «существу» этого объекта, представленному в соответствии с некоторым общим для данной предметной области порядком вещей и свойствами, выбираемыми сообразно цели деятельности. Что, собственно, и составляет понимание.

Подобно тому, как знаки (слова) именуют объекты (в широком смысле, т. е. включая вещи, понятия, свойства, соотношения, действия и т.д.), предложения именуют то, что можно назвать «ситуацией» объектов – взаимодействия, состояния, взаимосвязи, обстоятельства и т.д., которые могут быть как реально существующими, так и воображаемыми, в том числе реально не возможными и даже бессмысленными.

Здесь важно отметить, что смысловое содержание слова (его семантика) определяется обычно предопределенной ранее парадигматикой (вне или в начале текста) или контекстом². Семантика же предложения или полного текста определяется «ситуативно»: текст описывает некоторые, обычно нетривиальные результативные процессы или объекты, для которых характерна завершенность и, в частности, свойство новизны, т. е. для семантики текста характерна целостность, которая динамически и, в общем случае вариантно, формируется в процессе использования содержания текста субъектом при решении им практической задачи. В автоматизированных информационно-поисковых системах для этого допускается использовать прагматику ситуации – например, указанные пользователем категории, поисковую историю, спецификацию задачи.

Интенционалу знака в некотором смысле возможно поставить в соответствие понятие семантического поля³ – контекста, который собственно и определяет выбор конкретного значения (что можно отождествлять со смыслом) из множества существующих.

В общем случае, можно сказать, что поле⁴ – это набор функционально взаимосвязанных объектов,

т.е. между этими объектами есть определенного типа *взаимодействия* (например, силовые в физике, функциональные группы в лингвистике), которые, собственно, поля и реализуют. В этом определении, которое будем рассматривать применительно к семантике текста с ее нечеткими лингвистическими переменными, ключевыми являются два понятия: «набор» и «взаимодействие».

«Набор» предполагает существование механизма формирования – функции включения объекта в этот набор. Наиболее очевидным является критерий наличия у объекта характеристического свойства (в физике и математике – это функция), общего для всех объектов этого набора. Однако нет никакого общего правила, определяющего, что является первичным – свойство (дифференциальный признак) или набор. При этом необходимо учитывать, что, с одной стороны, такой набор мог бы быть сформирован и с использованием какого-либо другого признака, а с другой стороны, этот признак мог бы быть свойственен некоторому объекту другого набора. Кроме того, поскольку свойство само является производным значением (отображением объекта на предмет, например, результатом взаимодействия с измерительным инструментом), набор свойств, используемых в качестве классификационных признаков, тоже может быть разным. Отсюда следует возможная нечеткость набора.

Понятие «взаимодействие» также надо рассматривать шире – не как функцию, задающую поле, т. е. существует некоторая среда, которая создаёт поле, причем в ней есть взаимодействия и с такими объектами, которые не обладают дифференциальным признаком набора, но без взаимодействий не появится соответствующий объект поля. Более того, и само множество взаимодействий между объектами поля определяется некоторым правилом (тоже своего рода взаимодействием) более высокого порядка.

Для понятия «семантическое поле» более широким является понятие «ассоциативное поле» – набор объектов, связанных по какой-либо ассоциации, например, сходству, смежности, контрасту. Более узким можно считать понятие «контекстное поле», задающее, например, при документальном поиске семантику отбираемых документов через набор концептов, специфицирующих соответствующий смысл.

Таким образом, можно сказать, что смысловым содержанием сообщения (документа) будет такое содержание, которое соотносимо (сопрягаемо) с некоторым другим содержанием в заданном контекстном поле. Здесь уместно привести схему восприятия, приведенную в [6]: «Восприятие (узнавание) объекта активизирует концепт – сложную репрезентацию (ментальную структуру опыта в памяти). И в зависимости от того, какие элементы концепта и с какой степенью интенсивности активизируются при восприятии, итоговая конфигурация может включать в себя образ языкового объекта (например, слова, имени воспринимаемого объекта). Такой характер процесса восприятия, когда неязыковой объект вступает в знаковое отношение с языковым объектом, приводит к росту числа возможных интерпретаций знаковых отношений (семиотическое умножение мира), а потому особую зна-

² Контекст в [8] определяется как «... окружение события, которое предоставляет возможность (ресурсы) для его адекватной интерпретации».

³ Примеры семантических полей: поле времени, поле химии, поле имен, поле глаголов движения, поле предлогов, поле суффиксов и т.п., для каждого из которых характерны некоторый дифференциальный признак и функция.

⁴ Обобщенно можно считать, что поле задано на пространстве, которому принадлежат точки M , если задано правило, по которому каждой точке из M ставится в соответствие некоторая величина K .

чимось приобретает способность "извлечения" из знаков знания непротиворечивым образом.

Отсюда следует существенное уточнение и не только в терминологии: смысл *приписывается* знаку (т. е. реализуется некоторая функция поля) при его употреблении или формируется при восприятии, в результате чего знак «обретает» конкретное значение. Это – динамика, что противоположно статике и детерминированности, которые предполагает часто встречающаяся формулировка «знак имеет смысл».

О СЕМАНТИКЕ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА

Представление семантики в поисковых процессах

Принципиально любой поиск⁵ имеет информационную природу. Поиск как реальных вещей в окружающем нас мире («естественный» поиск), предположительно удовлетворяющих потребность, так и сообщений, возможно содержащих описание решения научной задачи, *всегда* осуществляется через соотнесение образов (а не самих объектов) – признаков, значений свойств, характерных составляющих и т.п., представляющих существенные свойства искомого с точки зрения потребности, в той или иной, но сопоставимой форме.

Информационный поиск вторичен по отношению к основной осуществляемой в физической среде целевой деятельности⁶ субъекта. Поэтому, говоря об информационной потребности и формах ее представления, необходимо понимать, что ей явно или неявно соответствует (точнее, предшествует) некоторая реальная потребность субъекта. Именно её наличие позволяет оценивать результаты поиска. В случае естественного поиска это происходит путем измерения того, насколько найденный объект «закрывает» соответствующую нишу деятельности (потребность – это объект, который необходим, но отсутствует в рамках конкретной деятельности); в случае информационного поиска – соотнесением найденных сведений с моделью деятельности, явно или неявно предполагающей конечный результат, что позволяет оценить его релевантность.

Результатом деятельности человека являются артефакты, которые можно подразделить на два класса: 1) первичный артефакт – вещь реальности (в том

числе мысль) как продукт, имеющий определенные физические свойства, – то, что *непосредственно* создается человеком; 2) вторичный артефакт, содержание которого косвенно (обычно описательно) представляет соответствующий объект действительности: реальные вещи, процессы, явления или некоторый артефакт. Причем вторичный артефакт содержит не только некоторый образ соответствующего первичного артефакта, но явно или неявно и косвенную информацию, которая и обеспечивает понимание того, каково, например, его предназначение, как он получен, какие принципиальные допущения, ограничения и принципы были положены в основу его создания и т.д.

Можно сказать, что процесс информационного поиска ориентирован на обеспечение субъекта знаниями для создания первичных артефактов на основе использования вторичных артефактов, причем, технологически, не самих артефактов, а их поисковых образов.

Поисковый образ документа, как вторичный артефакт для объекта, являющегося в свою очередь тоже вторичным артефактом, изначально создается не для задач анализа или синтеза знаний. Поисковый образ – это идентификационный эквивалент объекта (или его описания) в задачах выделения/отождествления его среди других объектов. Поисковый образ идентифицирует содержание описания (документа, записи), но с той степенью полноты и точности, которая позволяет выделить объект (или даже группу похожих на него объектов) среди всех других, обычно применительно и с учетом объема и разнородности конкретного поискового массива.

При этом необходимо понимать следующее.

1. Запрос на поиск информации по проблеме или теме принципиально не может быть сведен к форме вопроса (за исключением односложных), а результат – к форме ответа по существу вопроса: любая научная и практическая задача формулируется в виде «дано (множество) и надо получить (множество)» и, как следует из теории систем и теории познания, в основе процедур построения решения на нижнем уровне – комбинаторика и сравнение.

2. Существующие информационно-поисковые системы работают на уровне синтактики (лингвистический разбор текста), в какой-то части – семантики и в некоторых случаях – прагматики, что может обеспечить построение не более чем правдоподобной выборки. Но «правд» в области абстрактного мира науки по определению много, «точка зрения» системы может не совпадать с точкой зрения пользователя – решателя конкретной проблемы.

Таким образом, в процесс поиска необходимо «внедрять» прагматическую составляющую, которая должна определять точку зрения пользователя – условия и обстоятельства возможного решения. Это предполагает использование в процессе поиска более сложной, чем вербальное выражение структуры, связывающей реальные объекты предметной области (точнее, их описания), в том числе систему понятий (операционные объекты познания) и используемые для описания объектов знаковые системы с таксономией (деревом целей) задачи, определяющей струк-

⁵ Здесь надо различать поиск (*search*) и обнаружение (*find*). Поиск – это организованный целенаправленный процесс, предполагающий предварительное формирование прямого или косвенного образа искомого (потенциально полезного), который используется для сопоставления с образом (признаками) объекта, хранимого в некоторой среде. Обнаружение – это ненаправленный (не организованный специально для этого) процесс, когда потенциально полезный объект попадает в поле зрения субъекта и может быть им отобран.

⁶ Вторичность информационного поиска определяется тем, что именно в энерго-материальной сфере существуют и преобразуются те объекты и процессы, которые будут выступать, в том числе в качестве потребности и объекта деятельности в жизни субъекта (без продуктов питания прожить невозможно, без сведений о свойствах этих продуктов – вполне вероятно).

туру процесса поиска, а по существу – направления и условия процесса познания. Это означает, что информационно-поисковая система должна стать информационной средой – конкретной (персональной) рабочей информационной моделью процесса основной деятельности в распределенном массиве, систематизированном и представленном унифицированным способом. И такое представление может составить общую основу для коммуникационных процессов познания.

Соответственно, извлечение смысла при формировании поискового образа должно осуществляться путем связывания отдельных понятий, сущностей, фактов, представленных в тексте отдельными словами, словосочетаниями, фразами. И, очевидно, они будут восприниматься и пониматься пользователем не только в контексте употребления, но и в контексте конкретной задачи (точнее, знаний пользователя о предметной области и месте этой задачи). Кроме того, надо учитывать возможную инвариантность лингвистического выражения смысла: практически любая языковая система имеет возможность порождения не единственной формы представления отдельного объекта, явления. Отсюда следует, что для углубленного использования семантики поисковый образ должен представлять собой совокупность связанных фактов, где в качестве факта может быть использован триплет, назначение которого – идентифицировать характер отношения (связи) между парой сущностей. Тогда можно говорить о формировании поискового результата, позволяющего пользователю судить о существе описываемого решения.

Любые результаты поискового процесса представляют собой отражение состояния объектов предметной области, выделенных из универсума способом, предопределяемым целями субъекта⁷, и представляющих те свойства, которые могут быть инструментально использованы для целевой деятельности. Рассматривая результаты как данные, смысловое содержание которых определяется контекстом – другими данными, ассоциируемыми исходя из требований деятельности, можно утверждать, что в целом поиск принципиально не может быть *несемантическим*: именно действительность, включающая в том или ином виде реальную потребность, позволяет (или стимулирует) сформировать то, что называется *смыслом* – некоторый концептуальный образ, отражающий направление, состояние или предметность деятельности.

О типологии информационного поиска

В контексте типологии [9] информационных потребностей (ИП) обработка поискового образа запроса, представляющего *формальную* ИП, выполняемая механизмами *системы управления данными* по формальному условию сравнения двоичных последовательностей, может быть отнесена к классу *фактографического поиска* (в документальных базах – библиографического поиска). Информационно-поисковые системы в боль-

шинстве своем ориентированы преимущественно на *тематический* (или, иногда говорят, *семантический*) поиск, выполняя помимо отбора записей еще и адаптацию выражения запроса – т.е., операционным объектом является *выраженная* ИП. В системах этого класса для построения адекватного системе выражения запроса используются различные технологии и средства: от классической реформулировки запроса по обратной связи по релевантности [10] до лингвистических процессоров и искусственного интеллекта.

Словосочетание «семантический поиск» используется в публикациях довольно часто, хотя авторы определяют его по-разному и вкладывают различное содержание (или некритично принимают чужие определения). Например, согласно [11] понятие «семантический поиск» означает «поиск со смыслом», который ассоциируется с пониманием различных составляющих поискового процесса: запроса, данных, знаний и т.п. Отметим, что это определение нельзя считать конструктивным, так как оно строится на таких еще более сложных понятиях, как «понимание», «знание» и т.д.

Другое, близкое по своему существу, понятие «контекстный поиск», в [12] определяется⁸ как процесс информационного поиска (в своей основе, очевидно, традиционного реферативно-библиографического), оптимизированный за счет использования контекста, обеспечиваемого пользователем и/или машиной (компьютером) при подготовке и обработке запроса или документов. Таким контекстом могут быть: лингвистическая информация или статистика совместного словоупотребления, автоматически извлекаемая при разборе текста и позволяющая уточнить парадигму термина; указанные пользователем категории; терминология, извлекаемая из документов, к которым обращался пользователь; ранее обработанные запросы; поисковая история и поведение пользователя; некоторая спецификация задачи, решаемой пользователем и т.д.

Отметим также, что семантическим поиском можно назвать и полнотекстовый⁹ поиск, при котором происходит нахождение в поисковом массиве таких записей, которые соответствуют не только основным признакам (обычно, ключевым словам), указанным в информационном запросе, но и косвенным признакам, полученным на основе предварительных стати-

⁸ Соответствующий обзор подходов и решений достаточно полно представлен в [13].

⁹ В данной работе не рассматриваются так называемые вопросно-ответные системы, обладающие способностью извлекать из массива все возможные сведения как следствия, выводимые посредством логики. Такие системы основаны на тезисе [14]: «Вопрос через свой субъект задает область альтернатив, а затем предпосылает имеющемуся списку инструкцию, в соответствии с которой предполагается построить прямой ответ». Но этот путь не тривиален, поскольку выбор «инструкции» обуславливается не только существом «субъекта вопроса», но и интенцией пользователя, а содержание ответа существенно зависит от предметной области и характера задачи, решаемой пользователем. Это предопределяет, что область эффективного применения таких систем крайне ограничена и никак не может распространяться на научный поиск.

⁷ Можно сказать, что когнитивное состояние субъекта, формируемое целями, возможными методами и т.д., и есть смысл: оно возникает *с-мыслями* о цели, путях ее достижения и т.п. и отражает их существо.

стических и лингвистических процедур обработки текстов документов, а также на основе анализа словарей и тезаурусов. Сходный результат (с точки зрения точности отбора) также может быть достигнут и технологиями реформулировки запроса по обратной связи по релевантности терминов и документов.

Таким образом «семантический поиск» – это, так или иначе, поиск с использованием контекста, основанный на понимании (рассматриваемом и как экспертный/автоматический процесс, и как его результат) и сопоставлении смысла документа со смыслом запроса, а точнее, их машинных образов (которые формируются, в том числе, и за счет контекстов). В частности, при обработке выражения запроса используются данные контекста для смысловой координации и/или квалификации слов запроса, что, собственно, и позволяет увеличить точность поиска. Процесс семантического поиска представляет собой параметризованный и, очевидно, неодноактный отбор, осуществляемый на основании наиболее «полного» представления о составе и структуре текста и смысле содержащейся в документе информации, отраженного через параметры слов и текста (что, в частности, предполагает обработку полных текстов документов). В качестве таких параметров выступают косвенные признаки, в том числе графематические, синтаксические и морфологические, частотные показатели словоупотребления, а также, возможно, лингвистические и другие отношения, выделяемые в тексте¹⁰.

Как видно из многочисленных публикаций «тематичность», «семантическая» и т.п. информационного поиска определяется по-разному, но общим для этих классов систем является то, что они ориентированы на *документ* как единицу выдачи. Соответственно, все разновидности поиска могут быть квалифицированы как класс документального поиска, а его разновидности по семантическому признаку вполне соответствуют и определяются природой использованного контекста: статистика словоупотреблений, тезаурус, лингвистические свойства, профиль пользователя.

Операционные объекты в документальных информационно-поисковых системах – это документ (запись) и термин (как имя некоторой сущности) как элемент смысла. Следующим уровнем грануляции информации может быть фрагмент текста, в той или иной степени целостно представляющий некоторую ситуацию, и факт как элемент смысла. Таким образом, семантика текста определяется не только сущностями, но и связями, которые ситуативно и потому

более адекватно представляют существо описываемого. Это предопределяет целесообразность введения понятия «*глубинный семантический*»¹¹ поиск», отличительным признаком или задачей которого будет не отбор экземпляров документов или ссылок на них, а поиск *фрагментов* документов, отвечающих в совокупности реальной информационной потребности, что уже предполагает содержательный анализ текста на уровне высказываний. Причем этот анализ в значительной степени определяется конкретикой семантики и прагматики решаемой пользователем задачи, а также его когнитивным состоянием. В сочетании (технологическом совмещении) с ментальными процессами выработки решения задачи и обычно неявными процессами использования и развития языка (как понятийной базы и инструмента моделирования) это приводит к появлению нового класса информационных систем – систем когнитивного¹² информационного поиска.

КОГНИТИВНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОИСК

Основные положения информационного поиска, ориентированного на процессы познания

Практика разработки и применения информационно-поисковых систем позволяет сформулировать следующие основные положения.

1. В совокупной человеко-машинной информационной системе «*источник информации – информационно-поисковая система – потребитель информации*» информационно-поисковая система по существу (а в итоге и физически) исполняет роль коммутатора. Источник (документ) будет передан потребителю, если его поисковый образ (ПОД) будет отвечать поисковому образу запроса (ПОЗ) согласно критерию формальной релевантности, используемому данной системой.

2. Понятие поиска информации всегда, так или иначе, связывается с процессом, имеющим неопределенность исхода, и, если это управляемый поисковый процесс, то с выбором, который, в свою очередь, строится на основе сопоставления данных, полученных извне, с наличным знанием. Неопределенность (неполнота, неточность, недостоверность) выбора обусловлена последовательными преобразованиями (понимание – выражение – формализация) в связанных посредством информационно-поисковой системы цепочках «*знания – информация – документ – поисковый образ документа*» и «*проблемная ситуация – задача –*

¹⁰ Столь широкие возможности, реализованные по-разному в разных системах, приводят к тому, что по запросу, выраженному разными способами (например, перестановкой слов) и направленному в разные информационные ресурсы, будут выданы разные результаты. Это несложно проверить, например, проведя поиски в Яндекс и Google по теме «калина для снижения холестерина». Причем, поскольку пользователь не может знать деталей технологии обработки запроса (факторов, влияющих на отбор и формирование выдачи, в частности, механики отбора и ранжирования), он не может объективно оценить информационную полноту результата и определить пути развития запроса.

¹¹ Прилагательное «семантический» здесь подчеркивает, что элементом обработки становится смысл, поскольку используются понятия во взаимосвязи.

¹² Когнитивность здесь рассматривается как метафора, как образ сверхзадачи и прообраз, информационно согласующий объекты и синхронизирующий процессы в совокупной системе «познание – информационный поиск», но не как интеллектуальная система вывода нового знания на основе найденных документов. А название «Когнитивный информационный поиск» вводится как обозначение класса ИПС, включающего, помимо глубинного поиска, также и механизмы семантического и контекстного поиска.

вопрос – поисковый образ запроса», каждая из которых привносит свою неопределенность.

3. Общей основой информационного документального поиска является координатное индексирование – способ выражения основного смыслового содержания документа или запроса в виде совокупности терминов (ключевых слов), причем изначально считается, что термины не связаны между собой, а отдельному термину и документу соответствует точка в n -мерном семантическом пространстве, что хорошо отвечает двоичной форме представления информации в вычислительной среде.

4. Вследствие принципов организации вычислительной среды поиск на физическом уровне сводится к операции (или последовательности операций для композиционного запроса) полного или частичного сравнения заданного термина (точнее, подстроки) с терминами (индексами) информационного ресурса (ИР).

5. Основное назначение информационно-поисковой системы в целом – это обеспечение взаимодействия сознания познающего субъекта с информационным ресурсом, содержащим накопленные знания, т. е. информационно-поисковая система является средой хранения, концентрации/рассеяния информации и, в той или иной степени, средой синтеза знания.

Вместе с тем, процессы познания, как основная составляющая совокупной системы воспроизводства знаний, определяющая информационное взаимодействие в этой системе, обуславливают необходимость учета следующих положений:

1) познание – это личностно-общественный процесс формирования знаний об объекте внимания. Результатом познания является знание, которое может быть (1) использовано субъектом познания в своей деятельности либо (2) передано другому субъекту с помощью материальных образов (формируемых посредством «языка сознания» – понятий, схем и обобщенных представлений, материализуемых в словах, математических символах, образах художественных произведений и т.д.), в том числе с использованием автоматизированных информационных систем, становясь таким образом *со-знанием* – совместным знанием;

2) познание представляется как процесс построения модели действительности, где объектами выступают отдельные элементы смысла и связи между ними, общность которых определяется принятой парадигмой и аксиоматикой. Причем для одного и того же объекта, процесса или явления в зависимости от аксиоматики может быть построено несколько моделей;

3) информационно-технологической основой процесса познания является следующее положение: получая элементы состоявшегося знания за счет его декомпозиции и упорядочения в соответствии с собственной методологической схемой, субъект формирует личное знание – новое, по крайней мере, для него самого, которое, в свою очередь, становится объектом проверки, исследования и использования;

4) процессы познания рассматриваются как самоорганизующиеся. Это означает, что имеется некоторое преимущественное (выделенное) направление

развития процесса, а элемент случайности обеспечивает возможность появления нового направления, которое приводит к нарушению устоявшейся системы, её достраиванию или выходу за собственные пределы, т. е. происходит генерация нового знания – процесс случайного или целенаправленного сочетания и оценки конструктивности (ценности) комбинации информационных объектов, в результате которого синтезируются комбинации, обладающие новыми свойствами;

5) само знание – это множество моделей действительности, с той или иной степенью соответствующих этой действительности, получаемых и используемых в различных обстоятельствах;

6) совокупности накопленных и зафиксированных на носителях знаний предметной области (ПрО) представляют знания дискретно, что позволяет достаточно адекватно идентифицировать их посредством иерархических структур – классификационных схем, рубрикаторов ПрО. Такой подход согласуется с «механикой» процесса познания: углубление знаний осуществляется по схеме специализации обычно путем деления текущего целого на части в соответствии со значениями выбранного признака деления. Хотя следует отметить, что такое деление будет корректно только для фиксированного, уже состоявшегося знания, а не для того, которое возможно в будущем – выделяя те или иные области исследования и, тем самым, определяя «главные направления», мы неявно имеем еще и «мнимую» область, остающуюся вне процесса познания. Этот процесс имеет фрактальную природу: он реализует практически безграничное (по объему и детальности) «соприкосновение» двух несмешивающихся пространств – абстрактных образных конструктов (описаний знания, идентификаторов и т.п.) и конструктов исследуемой ПрО (создаваемых или изучаемых естественных или искусственных объектов).

Таким образом, для информационного поиска, ориентированного на процессы познания, будут характерны следующие особенности:

- процесс поиска, будучи построен по простой схеме «запрос – ответ», включающей три основных технологических операции – формирование запроса пользователем, формирование выдачи системой, оценка релевантности выдачи пользователем – в целом, будет итеративным и не одноактным, причем при очередной адаптации выражения запроса должны быть семантически сопряжены объекты трех пространств: ментального, операционного (интерфейсного), машинного. Вместе с тем, для процессов познания характерна неопределенность, и не только результата, но и того, как и зачем его получать. Поэтому необходимо учитывать, что в процессе познания (и информационного поиска, который является неотъемлемой частью познания) может измениться и объект, и метод, и цель, что потребует «реформулировки» всей *иерархии* форм информационной потребности: выраженной, формализованной, осознанной, реальной, поскольку ни одну из них нельзя считать предопределенной и точно заданной. Такой поиск (а точнее построение) «пути познания» – это интерактивное с чередовани-

ем¹³ основной и информационной деятельности последовательное, зависящее от предыдущего результата¹⁴, формирование на хаотизированном множестве фактов некоторого целевого «выводимого» факта. Кроме того, в процессе такого совместного поиска (и человеком, и машиной), который уже уверенно можно называть когнитивным, изменяется не только состояние знаний о действительности, но изменяются и инструменты познания: понятийная система, процедурные схемы познания, формы представления знаний и т.п.;

- в процессе поискового взаимодействия (человека с машиной) пользователь осуществляет узнавание и распознавание объектов, имеющих отношение к решаемой задаче основной деятельности, в формируемом контекстном поле. Узнавание заключается в отождествлении находимых объектов с некоторым паттерном – наличным знанием «в целом», а распознавание – в выявлении отдельных «полезных» свойств;

- построение хорошо структурированных поисковых образов, идентифицирующих содержание, должно быть основано на семантическом анализе – своего рода «переводе» с естественного языка на «семантический», где в качестве «слов» выступают «элементарные смыслы». Элементарный смысл может быть выражен фактом, рассматриваемым в языке науки как особого рода предложение, фиксирующее знание, утверждение или условие, которое может быть верифицировано. С учетом того, что смысл факта может находиться за пределами самого факта, будем использовать следующую иерархию смысловых блоков: элементарный факт – образ, фиксирующий взаимодействие (соотношение) пары сущностей, где в роли сущности выступает понятие, объект, субъект, а взаимодействие представлено связью (отношением); ситуативный факт – элементарный факт, в котором обе сущности (или одна из них) доопределены обстоятельствами участия сущности во взаимодействии (конкретной ситуацией); завершённый факт (высказывание, утверждение, описание) – сеть элементарных и/или ситуативных фактов, образующая целостность, соотносимую с информационным запросом, и таким образом формирующая смысл.

С учетом приведенных особенностей в [15] предложено использовать онтологический подход для формирования поисковых образов, позволяющий представлять семантику как на уровне содержания конкретного текста, так и на уровне концептуальном (понятийном) – системой имен объектов (или понятий) и отношений.

¹³ Уже в тот момент, когда пользователь получает документ выдачи (т.е. воспринимает и понимает его смысл), он так или иначе использует его содержание для синтеза возможного решения прагматической задачи, т.е. переключается на когнитивные функции, прерывая процесс информационной деятельности.

¹⁴ Это принципиально отличается от «идеологии» классического поиска, построенного на запросно-ответной схеме, предполагающей, что выдача формируется по семантически завершённому выражению запроса.

Представление онтологии на даталогическом уровне в виде графов позволяет формализовать операции над онтологиями на основе теоретико-графовых аксиом, а когнитивный информационный поиск реализовать как построение на множестве разрозненных хаотизированных фактов пути от исходного факта к факту-результату на ориентированном мульти-мета-гиперграфе [16], отображающем знания как семиотическую систему (*объекты – понятийный базис – текст*).

Формируемый в процессе поиска граф онтологии (знаний) является рефлексивным образом решения/состояния проблемной ситуации. А поскольку рефлексия здесь – это отображение содержания текста на проблемную ситуацию субъекта, то такой граф представляет и некоторое видение будущего. И вследствие того, что в графической форме нивелируются различия между смыслом содержания и спецификой представляющих его лингвистических конструкций, интерактивно выполняемые операции над графами позволяют «соединить» логические (абстрактные) операции и конкретные схемы. Это облегчает восприятие, понимание и оценку содержания, в том числе и потому, что в фокусе внимания окажется компактная целостная картина. Кроме того, в контексте поискового процесса граф онтологии будет представлять технологическое пространство «точек входа» в информационный массив, обеспечивая возможность непосредственного перехода от вершин графа к фрагментам текста документа.

Исходя из вышеизложенного, обобщенно определим *когнитивный информационный поиск* как: 1) интегрированную технологию¹⁵, предназначенную для информационной поддержки интеллектуальной деятельности (когнитивных процессов¹⁶, включающих и собственно когнитивный поиск как функцию мозга); 2) технологии классического документального и глубокого семантического индексирования и поиска, в том числе с операндами/операциями и структурами/процессами, подобными когнитивным (таким как восприятие и понимание, категоризация и классифицирование, комбинирование и упорядочение и т.д.).

«Когнитивность» здесь указывает и на то, что конечной целью совокупной человеко-машинной системы «*познание – информационный поиск*» является не только поиск, упорядочение и синтез знаний, но и их хранение и обеспечение устойчивого во времени адекватного восприятия и понимания находимого. Основой такой устойчивости является общая понятийная система и другие средства, нормализующие информационные взаимодействия, т.е. система когнитивного информационного поиска должна иметь декларативные средства (словари, тезаурусы, онтологии и т.п.), семантически согласующие объекты и процессы в сознании и в вычислительной среде.

«Интегрированность» указывает на устойчивую тенденцию технологической и семантической интеграции в общей вычислительной среде процессов и объектов основной и информационной деятельности

¹⁵ Технологические функции также могут быть «интеллектуальными»: адаптивный выбор ресурса, гибкий критерий смыслового соответствия, адаптивные интерфейсы и т.д.

¹⁶ Включая язык как средство коммуникаций и познания.

в режиме «квантования»: чередования этих видов деятельности и уменьшения смыслового объема информационных блоков. Таким образом, складывается ситуация, когда запросы, возникающие в процессе решения некоторой практической задачи основной деятельности, будут относиться к минимальным, но значимым для принятия решения смысловым «блокам», а ответы – фрагменты документов, как смысловые элементы, так или иначе полезные для решения прагматической задачи, фрагментарно заполняют предметную область, попутно развивая в диалоге («запрос–ответ», «термин–документ», «знак–смысл») понятийную систему предметной области. Это принципиально отличается от «идеологии» классического поиска, построенного на запросно-ответной схеме, предполагающей, что формально полная выдача формируется по семантически завершеному выражению запроса (в так называемом «пакетном режиме»).

Такое усложнение простого и всем понятного поиска (как например, в Google или Яндекс) обусловлено тем, что задачей информационно-поискового взаимодействия будет не только нахождение формально релевантных документов и обоснование полноты и достоверности выдачи, но и понимание того, каким будет результат использования информации, каковы границы его применимости, какие знания для этого необходимы.

Предлагаемый подход в какой-то мере соответствует определению, данному в [17], где когнитивный поиск определяется как «технология поиска связей между объектами с помощью когнитивных вычислений, которые распознают контекст, релевантность, намерение и интерес. Для когнитивного поиска используется как объективная, так и субъективная оценка предмета поиска». В этом смысле предложенный подход позволяет конкретизировать технологические особенности и свойства поиска этого типа.

Механизмы информационного поиска, ориентированного на познание

Информационный поиск, как часть информационной деятельности, – это обеспечивающая функция, задача которой – отбор из информационных ресурсов записей, содержание которых так или иначе заместит часть основной деятельности или будет способствовать достижению ее цели. Такой замещающей частью, очевидно, будут факты или их взаимосвязанные упорядоченные множества, представленные в тексте отдельными или взаимосвязанными высказываниями и примененные в основной деятельности. Выделение фактов и их сопряжение со структурой формируемого решения осуществляется субъектом и потому может быть вариантным, зависящим от его когнитивного состояния и особенностей восприятия. Обычно оно реализуется в два отдельных этапа: отбор документов (желательно, полных текстов) и анализ их содержания, к которому относится прочтение и отбор, обычно самим субъектом, фактов и взаимосвязей, отвечающих реальной, осознанной потребности.

В этом контексте информационный поиск, ориентированный на «встроенную» поддержку процессов познания, может быть сведен к поочередному (но не

обязательно строго периодическому и по зафиксированной схеме) выполнению: 1) отбора документов (классическая задача поиска по формальной релевантности – документальный поиск средствами информационно-поисковой системы), обеспечивающего формирование информационного поля для последующего восприятия и понимания смыслов; 2) *глубинного семантического поиска*¹⁷ – автоматизированного анализа содержания найденных документов, в том числе, с использованием графа онтологии документа(ов) в качестве инструмента построения возможных зависимостей и навигации по тексту, обеспечивающего возможность анализировать и извлекать смыслы. То есть традиционная технология информационного поиска дополняется интерактивным анализом и поиском в визуализируемом графе подграфов, отвечающих существу уже реальной и/или осознанной потребности, а не только выраженной¹⁸, а также оценкой результатов комбинирования релевантных фрагментов текста (соответствующих выбранным вершинам) как возможных элементов нового знания.

Отбор документов осуществляется с помощью классических механизмов поиска, в частности документальная информационно-аналитическая система¹⁹ реализует систему моделей механизмов поиска [18], полную с точки зрения множества операционных объектов и их состояний, рассматривающую в качестве запроса множество терминов и множество документов, а также логические выражения, построенные над этими множествами, и включающую механизмы:

- поиска по совпадению терминов;
- поиска по логическому выражению;
- поиска документов-аналогов;
- эвристического поиска с использованием «обратной связи по релевантности»;
- поиска с использованием «двойной обратной связи по релевантности»;
- количественного анализа, позволяющего искать сходные по поведению тематические направления на основе сопоставления характеристических свойств динамики документальных потоков.

При этом эффективность поиска достигается сочетанием как отрицательной обратной связи для обеспечения сходимости процесса уточнения лексики запроса и итеративного процесса, обеспечивающего полноту отбора, так и положительной обратной связи для развития запроса (расширения лексики) и нахождения новых композиций.

¹⁷ Надо отметить, что в качестве прообраза инструментов такого глубинного поиска можно рассматривать давно изобретенные суперпозиционные перфокарты (Taylor H. Selective device: patent 1,165,465. – US, 1915) в сочетании с давно забытыми пермутационными указателями KWIC (*key word in context index*). Хотя понятно, что такое совмещение объектов на бумажных носителях технологически неудобно и потому малоэффективно.

¹⁸ По терминологии Р.С. Тейлора [9].

¹⁹ Максимов Н.В., Голицына О.Л., Монанков К.В., Гаврилкина А.С. Документальная информационно-аналитическая система xIRBIS (редакция 6.0): программа для ЭВМ // Свидетельство о гос. регистрации №2020661683 от 29.09.2020.

Для глубинного поиска документы представляются в виде матриц инцидентий соответствующих графов и далее преобразуются в графовую структуру, включающую массив вершин и массив дуг (в одной структуре могут быть объединены результаты поиска по нескольким запросам). Это позволяет увеличить точность поиска за счет полнотекстового индексирования, причем не только сущностей, но и отношений между ними, а также обеспечить возможность оперативного анализа понятий с учетом локального контекста.

Глубинный семантический поиск будем рассматривать как поиск-исследование, которое, очевидно, проводится на материале, формируемом средствами классического поиска, основанного на использовании инвертированной формы представления информации, в том числе с возможностью привлечения всего массива информационного ресурса.

Глубинный поиск – это отбор²⁰ фактов, конкретных деталей/обстоятельств и «исследование» того, насколько они «вписываются» в видение задачи субъектом. Такой процесс (применительно к онтографовому подходу) включает следующие шаги:

1) отбор по формальным признакам фрагментов текстов – массива фактов для последующего анализа посредством как классических механизмов с использованием инвертированных форм, так и при сканировании, т. е. используя прямую организацию массива;

2) отбор по косвенным признакам (соответствие теме, значимость для передачи смысла) стартовых и/или опорных сущностей, для чего используются механизмы формирования и отображения графа в соответствии с когнитивным состоянием субъекта (метафоры), обеспечивающие «удобное» узнавание элементов графа, релевантных задаче;

3) отбор по *ситуативно* определяемым признакам (соответствия сущности конкретной части решения) сущностей и связей для построения пути/окрестности/текста, представляющего собой образ целевого смысла в виде графа конкретной ситуации.

Важная особенность поисковой ситуации глубинного семантического поиска состоит в том, что критерий отбора сущности или связи не может быть сведен к единому статичному односложному выражению порогового вида (как при классических механизмах поиска). В этом случае сопоставляются уже смыслы – плохо представимые в вербальной форме ментальные образы (что соответствует уровню осознанной потребности), а принятие решения о релевантности основывается не только на «схожести» этой пары образов, но и на том, насколько использование этих сущностей/связей приблизит к достижению цели (что соответствует уровню реальной потребности). Кроме того, и цель, и видимые пути ее достижения могут изменяться по мере получения в процессе поиска новой информации.

Отличительная черта понятия «глубинный семантический поиск» – это не только то, что смысл представлен всеми имеющимися в тексте взаимосвязан-

ными фактами²¹, которые достаточно точно представляют смысл, но и то, что смысл отдельного понятия (или некоторой семантически взаимосвязанной их совокупности) будет «видим» субъекту непосредственно в том же пространстве, где и производится поиск. При этом принимается, что конкретный смысл любого понятия доопределяется контекстом – той частью его окружения, которая соответствует, возможно и не полностью, предмету текущей информационной потребности, т. е. понимание – формирование смысла в сознании пользователя – это *конструирование* ментального образа как из элементов (понятий и связей), представленных в операционном (а в данном случае, визуальном) пространстве, так и из элементов наличного знания. Причем существенно то, что собственно «конструирование» упорядочено: явно или неявно оно следует некоторой схеме «сборки», корреспондирующей и с когнитивным состоянием, и с особенностями восприятия пользователя. Предполагается, что в результате поиска из фрагментов документов, найденных по запросу, может быть построена новая единица знания. В этом контексте элементарный факт, представленный триплетом, возможно рассматривать как некий маркер конкретного смысла, содержащегося в отдельном фрагменте текста, а сохраненная при индексировании связь триплета с соответствующим фрагментом дает возможность прямого перехода к изложению смысла.

Необходимо отметить, что обычное чтение текста (точнее, восприятие и понимание, модели которого представлены, например, в [19–22]) является в какой-то части процессом глубинного семантического поиска. Исследования поведения – действий человека при целенаправленном чтении текста [23, 24] – позволяют заключить, что это поведение можно охарактеризовать некоторым набором схем. Например, если пользователь не находит ответ в документе, то он может бросить чтение или еще раз перечитать часть текста. Если находит несколько возможных ответов, то обычно заново перечитывает их, а затем определяет окончательный ответ. Пользователи склонны уделять больше внимания чтению релевантных слов, в частности, существительных, а также заключительным предложениям.

В основе моделей понимания текста [19, 20, 25] лежит представление, что понимание происходит в несколько этапов (на нескольких уровнях). Сначала читатель воспринимает и декодирует текст, переводя его в иерархический набор пропозиций (ментальных знаков, соотносящихся с образами). Затем отсекаются те части, которые не соотносятся с контекстом и целями читателя, а оставшиеся фрагменты выстраиваются в соответствии с целями и имеющимися у читателя знаниями, т. е. пользователь проводит операции *различения* (при восприятии), *анализа*, *абстрагирования* (при создании пропозиций) и *синтеза* (при интеграции выделенных пропозиций в знания читателя).

Цель чтения обычно это не только понимание, но и целевая переработка текста применительно к конкретной задаче или направлению деятельности.

²⁰ Термин отбор (*seek*) здесь указывает на «несемантические» механизмы поиска, т. е. практически по условию полного или частичного совпадения.

²¹ В поисковом образе факт – это триплет – пара сущностей, связанных типизированным отношением.

Напомним также, что цель собственно поиска – это подготовка информационного массива для решения задачи с установкой на обеспечение его полноты: нахождение публикаций, которые будут считаться достоверными и могут быть использованы в разрабатываемом решении или относящихся к смежным направлениям.

Очевидно, что в случае реальных проектов временные затраты на поиск путем прочтения всего того, что будет отобрано из информационных ресурсов по лаконичным поисковым запросам, достаточно велики. Кроме того, увеличивается риск подмены цели достижения информационной полноты на какие-либо другие задачи. С другой стороны, человек часто использует технологию «поверхностного» чтения – сканирование текста с интенцией на предопределенный набор понятий (каждое из которых, в общем случае может быть выражено разными словами), который явно или неявно есть в сознании читателя-пользователя.

В этом контексте графовая форма может рассматриваться в качестве аналитико-синтетического представления семантики текста и использоваться как интерактивный инструмент навигации, т. е. основное назначение графа не столько в предоставлении готового ответа (точнее, его некоторой концептуальной схемы), сколько в обеспечении доступа к потенциально полезным понятиям и фрагментам текста, способствующим извлечению или синтезу знаний, отвечающих целям и задачам пользователя. Графовая форма представления текста позволяет осуществлять такой поиск путем «навигации» по вершинам графа, выбираемым пользователем «на лету», учитывая конкретность когнитивной ситуации.

Исходя из сущности поисковой задачи (точнее характера информационной потребности), можно выделить три вида информационного поиска:

- поиск-подтверждение факта (наличия имени факта, понятия, сущности либо величины и т.д.);
- поиск-расследование (расследование причины аварии на технологическом объекте, трассировка требований, информационный портрет финансового преступления и т.п.);
- поиск-исследование, т. е. поиск информации – фактов, методов, образующих в совокупности с личными знаниями пользователя новое знание (в том числе исследование заявки на патентную чистоту, научной теории на новизну и т.п.).

Эти виды поиска имеют разные степени «информационной определенности» и соответствуют разным поисковым схемам.

Задачам типа подтверждения наличия факта соответствует представление в виде процесса последовательного сопоставления заданного образца (представляющего искомое понятие, факт) с имеющимися в пространстве поиска (тексте, графе и т.п.).

Задачам типа нахождения решения отвечает представление в виде направленного процесса от исходных положений к «ответу». Для такого рода задач (расследования, какими путями можно получить предполагаемый заданный результат при заданных исходных положениях) подходит *метафора поиска пути*, предполагающая выстраивание последователь-

ности объектов и действий (точнее, цепочек элементарных фактов) от исходных понятий к понятиям, соответствующим гипотетическому решению.

Для задач информационно-аналитического характера может быть использована *метафора поиска окрестности*, предусматривающая построение и визуализацию окружения – контекста опорных понятий, что позволяет пользователю, «рассматривая» окрестность, углубляться в объект и предмет исследования.

Основное назначение поисковых средств с использованием графов – это нахождение (*retrieving*), а не случайное обнаружение (*finding*) семантических элементов, смысл которых может быть полезен для решения текущей задачи или разрешения когнитивной ситуации пользователя. Причем поиск реализуется путем исследования (*searching*) семантического поля, заданного графом, построенным по содержанию одного или нескольких релевантных документов, и, возможно, с привлечением для расширения семантического поля всего массива ресурса.

При этом восприятие графических форм зависит от когнитивного состояния и навыков пользователя. Например, согласно [26] восприятие может следовать восходящей схеме, при которой пользователи извлекают визуальные фрагменты, точно соответствующие их представлениям, а то, что отсутствует, не ожидалось, достраивается путем вывода или нисходящей схемы, при которой знание смыслового содержания влияет на интерпретацию извлекаемых фрагментов.

В начале процесса поиска можно, пусть и достаточно условно, выделить два «крайних» когнитивных состояния пользователя:

- 1) известна проблема и пользователь имеет некоторое представление об ожидаемом результате или путях его достижения. В этом случае проводится исследование на наличие ожидаемого образа или его элементов;
- 2) имеющиеся знания пользователя настолько неполны или противоречивы, что не позволяют сформировать сколько-нибудь целостный образ решения. В этом случае необходимо проводить аналитико-синтетические действия над содержанием с целью нахождения «отправных точек» или получения общего представления о проблеме, либо, по крайней мере, о составе, характере и распределении элементов смысла (тех или иных характеристических понятий, цепочек их использования в анализируемом тексте).

При наличии у пользователя представлений об объектах поиска (понятия и характер взаимосвязи) для локализации искомого смысла используются реализующие соответствующие метафоры – механизмы «*поиск пути*» и «*поиск окрестности*».

В случае неполноты знаний пользователь, применяя механизм «поиск окрестности», итеративно формирует представление о значимости элементов графа, последовательно обходя вершины, смежные начальной, которая может быть выбрана случайно или на основе потенциальной важности связанного с ней понятия.

Естественными для визуальной обработки графических форм являются механизмы, связанные с управлением фокусом внимания и с узнаванием, реализую-

шие упорядочение вершин в соответствии с некоторой схемой – ассоциированными представлениями пользователя о задаче (некоторой метафорой, шаблоном). Такие средства не являются инструментами отбора (сокращающими множество элементов для последующего просмотра), но, возможно, помогут сократить перебор за счет специфичности упорядочения и графического различия элементов операционного визуального пространства. В частности, исходя из предположения, что важность понятия пропорциональна частоте его употребления в тексте, геометрический размер вершин графа может быть установлен пропорционально частоте встречаемости. А для облегчения узнавания возможно использовать механизмы семантического масштабирования. Это помогает выбирать в качестве начальных или опорных вершины, наиболее соответствующие знаниям пользователя, либо применять понятия, наиболее часто использованные в тексте, в предположении, что они отражают основное содержание текста.

Для представления графа знаний в виде, наиболее подходящем когнитивному состоянию и типу решаемой задачи (некоторой схеме восприятия, обусловленной ожиданиям пользователя – метафоре), могут использоваться различные укладки вершин графа. Для метафоры процессов деятельности – это схема, аналогичная функциональной модели (например, IDEFO). Для метафоры значимости и связности – гравитационная модель. Для метафоры процесса решения (построения вывода) – упорядочение цепочек по длине пути, связывающем исходную и конечную сущности.

И, безусловно, при визуальной обработке эффективно использовать фильтры (имен вершин и/или классов отношений) и операции над графами (объединение, пересечение, проекция), обеспечивающие управляемое сокращение/расширение операционного пространства.

Таким образом, для глубинного семантического поиска можно выделить следующие типы механизмов:

- фильтрации (в соответствии с именем сущности или классом отношений, аспектной проекцией);
- формирования отображения²² графов в соответствии с поисковой метафорой и преобразования с помощью операций на графах, включая семантическое масштабирование;
 - поиска пути;
 - поиска окрестности.

В целом интерактивное использование графовых представлений позволяет выделять понятия, относящиеся к текущей задаче или ситуации, и, используя *осознанную* информационную потребность (а не только выраженную, как в случае традиционного поиска), *выстраивать* образ решения, а переход от элементов графа к соответствующим фрагментам текста – уточнять смысл, и в итоге формировать «ци-

татный» образ решения из соответствующих фрагментов найденных текстов, т. е. операции на графах в сочетании с инструментами визуализации становятся инструментами информационного поиска. Такой подход вполне соответствует экспликации Ч.С. Пирсом процесса познания [27]: «Эффективное рассуждение – живой процесс, обучение которому разрушает дисциплинарные барьеры. Логика имеет дело не с формами мысли или слова, а с общенаучными принципами, превращающими рассуждение в самоконтролируемый процесс, эффективный для достижения цели научного исследования. Рассуждение не может быть сведено к сугубо символическим преобразованиям, но включает наблюдение над диаграмматическими иконическими репрезентациями. Это наблюдение приводит нас к постановке эксперимента над графом. А именно сначала мы дублируем некоторые части графа, затем стираем некоторые его части, т. е. скрываем от наблюдения некоторую часть утверждения. Мы наблюдаем результат этого эксперимента – это и есть наше дедуктивное заключение».

МОДЕЛИ МЕХАНИЗМОВ ГЛУБИННОГО СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА

Модель механизма глубинного семантического поиска²³ на графах основывается на представлении массива текстовых документов в виде множества триплетов (элементарных фактов, включающих имена сущностей и отношений – имманентные, ситуативные и структурно-лингвистические), в состав которого, в том числе, могут включаться и триплеты понятийных систем (например, иерархических отношений тезауруса). В [28] приведены методы и средства выделения имен сущностей и связей на основе лексико-синтаксических шаблонов в рамках задачи семантического индексирования текстов документов. Для типизации ситуативных отношений используется таксономия отношений, в которой классы включают лингвистические конструкции. Имманентные отношения формируются на основе сети понятий (тезауруса). Для идентификации свойств сущностей применяется таксономия свойств и единиц измерения [29].

Теоретико-множественный образ триплета представлен совокупностью лексических единиц: имя левой сущности в нормализованном представлении, имя правой сущности в нормализованном представлении, имя отношения в нормализованном представлении, класс отношения.

Линейное представление массива триплетов описывается матрицей T размерности $D \times N$, где D – мощность множества лексических единиц, N – количество триплетов:

$$T = (t_{ij}), t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я лексическая единица входит в } j - \text{й триплет} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

²² Визуализация в нашем случае рассматривается как поиск, осуществляемый путем ранжирования массива. При этом достигается уменьшение поисковых усилий за счет сокращения пространства восприятия, а также упорядочения и форматирования элементов графа в соответствии с семантикой документа и прагматикой задачи.

²³ Примеры и иллюстрации работы механизмов глубинного семантического поиска будут приведены в статье «Онтографовые механизмы глубинного семантического поиска».

Модель механизма поиска окрестности – рассмотрим фрагмент матрицы T , отобрав строки, соответствующие именам сущностей:

$$T_V = (t_{ij}), t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{е имя сущности входит в } j - \text{й триплет} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Матрица T_V имеет размерность $D_V \times N$, где D_V – мощность множества имен сущностей (далее – вершин), N – количество триплетов. Так как каждый триплет включает ровно одно отношение и пару имен сущностей, матрица T_V интерпретируется как матрица инцидентий мульти-мета-графа (свойство мульти-графа обусловлено возможностью существования одинаковых столбцов, а свойство мета-графа – тем, что строка матрицы может характеризовать мета-вершину, представленную на самом деле множеством контекстно определенных имен сущностей).

Запрос на поиск окрестности имени сущности задается номером строки соответствующей вершины (n) матрицы T_V и представляется вектором:

$$V_n = (v_1, v_2, \dots, v_{D_n}),$$

$$\text{где } v_i = \begin{cases} 0, & i \neq n \\ 1, & i = n \end{cases}$$

Окрестность заданной вершины определяется вектором триплетов:

$$t_{V_n} = V_n \times T_V,$$

а имена сущностей – вершин, входящих в окрестность, – вектором вершин

$$E_{V_n} = T_V \times t_{V_n}^T.$$

Матрицу инцидентий графа окрестности формируют строки и столбцы матрицы T_V , соответствующие ненулевым компонентам векторов E_{V_n} и t_{V_n} .

Для поиска окрестностей сразу нескольких вершин в векторе запроса необходимо присвоить значение, равное 1, тем компонентам, номера которых соответствуют заданным вершинам.

Модель механизма поиска пути – (минимального) между парой имен сущностей основана на последовательном применении модели-механизма поиска окрестности (начиная с вершины – начала пути) до тех пор, пока в векторе вершин окрестности компонент с номером, соответствующим вершине конца пути, будет равен 0. Поиск пути начинается с формирования вектора V_b :

$$V_b = (v_1, v_2, \dots, v_{D_n}),$$

$$\text{где } v_i = \begin{cases} 0, & i \neq b \\ 1, & i = b \end{cases}$$

где b – номер строки матрицы T_V , соответствующей начальной вершине;

e – номер строки матрицы T_V , соответствующей конечной вершине.

Далее вычисляется вектор вершин, входящих в окрестность:

$$\begin{aligned} t_{V_b} &= V_b \times T_V \\ E_{V_b} &= T_V \times t_{V_b}^T. \end{aligned}$$

Если компонент с номером e вектора E_{V_b} равен 0, то всем ненулевым компонентам вектора E_{V_b} присваивается значение 1 и формируется вектор вершин E'_{V_b} окрестности вектора E_{V_b} :

$$\begin{aligned} t'_{V_b} &= E_{V_b} \times T_V \\ E'_{V_b} &= T_V \times (t'_{V_b})^T. \end{aligned}$$

Процесс формирования окрестности завершается, если на очередном шаге компонент с номером e вектора вершин окрестности отличен от 0 (путь найден), или вектор триплетов совпадает с вектором триплетов предыдущего шага (путь не найден).

Если путь найден, то происходит формирование матрицы инцидентий для визуализации пути по следующему алгоритму:

(1) вектор вершин окрестности, полученный на последнем шаге

$$(EE_{V_b} = (ee_1, ee_2, \dots, ee_{D_n})),$$

преобразуется в вектор S_{V_b} по следующему правилу:

$$S_{V_b} = (s_1, s_2, \dots, s_{D_n}),$$

$$\text{где } s_i = \begin{cases} 0, & (i \neq b) \wedge (i \neq e) \wedge (ee_i = 1) \\ 1, & (ee_i > 1) \vee (i = b) \vee (i = e) \end{cases};$$

(2) вычисляется вектор триплетов:

$$t_s = S_{V_b} \times T_V;$$

(3) в векторе t_s обнуляются компоненты со значением 1, а компоненты со значением, большим 1, становятся равными 1;

(4) вычисляется вектор вершин V_{t_s} триплетов t_s ;

(5) если вектор вершин V_{t_s} включает компоненты, равные 1, на позициях, отличных от b и e , то проводится его преобразование по правилу (1) и выполняются вычисления (2) – (4). Преобразование вектора вершин проводится до тех пор, пока выполняется условие (5).

Матрицу инцидентий визуализации пути (или, возможно, нескольких путей) формируют строки и столбцы матрицы T_V , соответствующие ненулевым компонентам векторов V_{t_s} и t_s .

Для поиска следующего пути в матрице T_V необходимо обнулить столбцы, соответствующие триплетам матрицы инцидентий визуализации пути, включающим вершину e .

Модель механизма фильтрации (проекция) – рассмотрим фрагмент матрицы T , отобрав строки, соответствующие классам сущностей:

$$T_R = (t_{ij}), t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если отношение } i - \text{го класса входит в } j - \text{й триплет,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Матрица T_R имеет размерность $D_R \times N$, где D_R – мощность множества имен классов отношений, N – количество триплетов.

Сформируем матрицу фильтрации F_R – матрицу инцидентий гиперграфа фильтрации:

$$F_R = T_V \times T_R^T.$$

Вектор фильтрации V_F вычисляется как покомпонентная логическая сумма строк матрицы F_R , соответствующих классам отношений проекции, классу структурно-лингвистических отношений и классу иерархических отношений тезауруса.

Вектор триплетов – это результат фильтрации:

$$t_{V_F} = V_F \times T_V.$$

Матрицу инцидентий графа – результата фильтрации формируют строки и столбцы матрицы T_V , соответствующие ненулевым компонентам векторов V_F и t_{V_F} .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Когнитивный информационный поиск – это отбор и упорядочение фрагментов текстов документов, соответствующих модели решаемой задачи. При этом используются механизмы и представления как традиционного документального поиска, так и глубинного семантического поиска. «Глубинность» обеспечивается использованием онтографовых представлений содержания, где единицей поиска²⁴ является факт, фиксирующий *отношение* между парой сущностей и связанный с другими фактами, а также интерактивными процедурами на графах, что обеспечивает возможность применения пользователем непосредственно *осознанной* потребности, не выражая ее словами, т.е. производя мысленное сопоставление фактов графа с

²⁴ Единица поиска (результат) в традиционных документальных информационно-поисковых системах – это документ, выдаваемый системой по *предварительно* сформулированному и, предпочтительно, *семантически завершеному* запросу. Важно отметить, что при этом принципиально невозможно достичь исчерпывающей полноты и точности вследствие существования системы неопределенностей, принципиально свойственных информационным системам, а также необходимости основываться на понятийно-лексической общности, обеспечивающей «взаимопонимание» пользователя и системы.

ментальным образом реальной потребности. Причем кванты информации (информационные гранулы, как единицы смысла) для переключения поисковых и когнитивных функций (чередование информационной и основной деятельности) могут сводиться к минимуму: отдельное слово в найденном документе может изменить ход мысли и, аналогично, в процессе построения вывода бывает необходимо уточнить значение того или иного термина. А действия «выборки» и «сборки» информационных блоков практически сливаются, поскольку не требуют отдельных технологий. И такой подход действительно позволяет не только реализовать требование, приведенное в эпиграфе: «...документальная информационно-поисковая система должна быть организована таким образом, чтобы человек мог как бы исследовать поисковый массив, изменяя формулировку поискового предписания в зависимости от промежуточных результатов поиска», но и приблизить поисковые процессы и результаты к процессам познания, и что существенно – увеличить оперативность и адекватность отбора информации за счет перехода на уровень осознанной информационной потребности.

С даталогической точки зрения когнитивный информационный поиск – это поиск пути и построение соответствующего контекста (фактов-триплетов, представляющих условия и обстоятельства), реализуемый через семантический отбор и упорядочение/связывание фактов в контексте целостности и непротиворечивости полученной сети. Такой поиск, а точнее, построение «пути познания» – это интерактивное итеративное и существенно зависящее от предыдущего результата формирование некоторого целевого «выводимого» факта на хаотизированном множестве отобранных фактов. Можно считать, что происходит «выращивание» концептуального каркаса решения задачи – онтологической модели существующей или гипотетической действительности.

Интерактивность такого рода предопределяет, что для обеспечения целостности результата (нарушаемой, например, вследствие забывания и неявной подмены цели) и контролируемости процесса необходимо не только фиксировать, но и систематизировать результаты и траектории их построения. Это обеспечивает иерархичность и мультимодальность представления. И можно отметить, что таким образом формируется процедурная, ассоциативная и в какой-то части семантическая составляющие памяти системы.

В процессе когнитивного информационного поиска происходит **познание** – обнаружение на множестве найденных фактов и наличного знания нового: понятий, фактов, связей. В совокупной системе происходит увеличение информации (или ее плотности, например, свертки информации в случае открытия закона природы или зависимости и т.п.) за счет локального увеличения энтропии (вследствие декомпозиции текстов, терминов на слова, увеличения объема для отбора и т.п.) на стадиях поиска информации в информационных ресурсах, где информационно-поисковая система выполняет роль перемешивающего слоя [30]. При этом на стадиях сбора документов есть и процесс **обучения**, когда выполняется дина-

мическое согласование лексики и/или критерия отбора, что в итоге обеспечивает максимизацию информации взаимодействия.

В процессе такого *поиска-решения* изменяется как состояние знаний о действительности, так и инструменты познания: понятийная система, процедурные схемы познания, формы представления знаний и т.п. При этом семантически сопрягаются объекты трех пространств: (1) деятельности, (2) инструментально-предметно-понятийного и (3) знакового, обеспечивающего общность представления и возможность моделирования. Таким образом мы имеем когнитивную информационную систему (рассматриваемую и как абстрактная, и как конкретная), в которой в процессы познания информационно и технологически встроены не только процессы поиска, но и объекты, представляющие связанные с деятельностью декларативные знания (в частности, система онтологий деятельности [29]), а также процессы и технологии их «встроенного» создания и использования, т. е. построение графа знаний с использованием функций глубинного поиска и сопутствующих лингвистических процессов можно рассматривать как проявление «когнитивности» – способности формировать модель²⁵ объекта внимания и актуализировать язык – средство описания и инструмент познания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов А.М., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. – Москва: Наука, 1968. – 756 с.
2. Todd P.M., Hills T.T., Robbins T.W. Search, Goals, and the Brain // *Cognitive Search: Evolution, Algorithms, and the Brain*. – Massachusetts: MIT Press, 2012. – P. 125-156.
3. Taylor H., Fernandes B., Wraight S. The Evolution of Complementary Cognition: Humans Cooperatively Adapt and Evolve through a System of Collective Cognitive Search // *Cambridge Archaeological Journal*. – 2022. – Vol. 32, № 1. – P. 61-77.
4. Gualtieri M. The Forrester Wave: Cognitive Search and Knowledge Discovery Solution. – URL: https://www.forrester.com/blogs/17-06-12-cognitive_search_is_the_ai_version_of_enterprise_search (дата обращения: 02.04.2022).
5. Zlatev J. Meaning = Life (+ Culture): An outline of a unified biocultural theory of meaning // *Evolution of Communication*. – 2000. – Vol. 4, № 2. – P. 253-296.
6. Кравченко А. В. Методологические основания когнитивного анализа значения // *Когнитивный анализ слова*. – Иркутск: Изд-во ИГЭА. – 2000. – С. 8-32.
7. Философский энциклопедический словарь: Советская энциклопедия / Л.Ф. Ильичёв, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалёв, В.Г. Панов. – Москва: Советская энциклопедия, 1983. – 840 с.

8. Goodwin C., Duranti A. Rethinking context: Language as an interactive phenomenon. – Cambridge: Cambridge University Press, 1992. – Vol. 11. – P. 1-42.
9. Taylor R.S. Question-Negotiation and Information Seeking in Libraries // *College & Research Libraries*. – 1968. – Vol. 29, № 3. – P. 178-194.
10. Солтон Дж. Динамические библиотечно-информационные системы / пер. В.П. Хисамутдинов – Москва: Мир, 1979. – 557 с.
11. Bast H., Buchhold B., Haussmann E. Semantic Search on Text and Knowledge Bases // *Foundations and Trends in Information Retrieval*. – 2016. – Vol. 10, № 2-3. – P. 119-271.
12. Leake D.B., Scherle R. Towards Context-Based Search Engine Selection // *Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent User Interfaces: IUI '01*. – New York: Association for Computing Machinery, 2001. – P. 109–112.
13. Bennett P.N., Collins-Thompson K., Kelly D., White R. W., Zhang Y. Overview of the Special Issue on Contextual Search and Recommendation // *ACM Transactions on Information Systems*. – 2015. – Vol. 33, № 1. – P. 1-7.
14. Белнап Н., Стил Г.Е. Логика вопросов и ответов / пер. Т. Крейдлина. – Москва: Прогресс, 1981. – 288 с.
15. Голицына О.Л., Максимов Н.В., Окропишина О.В., Строгонов В.И. Онтологический подход к идентификации информации в задачах документального поиска // *Научно-техническая информация. Сер. 2*. – 2012. – № 5. – С. 1-9; Golitsyna O.L., Maksimov N.V., Okropishina O.V., Strogonov V.I. The Ontological Approach to the Identification of Information in Tasks of Document Retrieval // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. – 2012. – Vol. 46, № 3. – P. 125-132.
16. Максимов Н.В., Голицына О.Л., Монанков К.В., Гаврилкина А.С. Методы визуального графоаналитического представления и поиска научно-технических текстов // *Научная визуализация*. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 138-161.
17. Когнитивный поиск. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D0%B8%D1%81%D0%BA (дата обращения: 02.04.2022).
18. Голицына О.Л., Максимов Н.В. Модели информационного поиска в контексте поисковых задач // *Научно-техническая информация. Сер. 2*. – 2011. – № 2. – С. 1-12; Golitsyna O.L., Maksimov N.V. Information Retrieval Models in the Context of Retrieval Tasks // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. – 2011. – Vol. 45, № 1. – P. 20-32.
19. Van Dijk T.A. et al. On macrostructures, mental models, and other inventions: A brief personal history of the Kintsch-van Dijk theory // *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch*. – 1995. – P. 383-410.

²⁵ «Модель» понимается как описание, позволяющее воспроизвести объект в той или иной специфицированной форме и объеме.

20. Van Dijk T.A., Kintsch W. Strategies of discourse comprehension. – New York: Academic Press, 1983. – 390 p.
21. Zhang X., Yang A., Li S., Wang Y. Machine Reading Comprehension: A Literature Review // CoRR. – 2019. – Vol. abs/1907.0.
22. Chen S., Wang Y., Liu J., Wang Y. Bidirectional Machine Reading Comprehension for Aspect Sentiment Triplet Extraction // CoRR. – 2021. – Vol. abs/2103.0.
23. Zheng Y., Mao J., Liu Y., Ye Z., Zhang M., Ma S. Human behavior inspired machine reading comprehension // SIGIR 2019 – Proceedings of the 42nd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. – ACM: Association for Computing Machinery. – 2019. – P. 425-434. DOI: 10.1145/3331184.
24. Hyönä J., Lorch R.F., Kaakinen J.K. Individual differences in reading to summarize expository text: Evidence from eye fixation patterns // Journal of Educational Psychology. – 2002. – Vol. 94, № 1. – P. 44-55.
25. Kintsch W., Van Dijk T. A. Toward a model of text comprehension and production. // Psychological review. – 1978. – Vol. 85, № 5. – P. 363-394.
26. Shah P. A model of the cognitive and perceptual processes in graphical display comprehension // Reasoning with diagrammatic representations. – 1997. – P. 94-101.
27. Peirce C.S. Existential Graphs. – URL: <http://www.jfsowa.com/peirce/ms514.htm> (дата обращения: 02.10.2021).
28. Голицына О.Л., Гаврилкина А.С. Об одном подходе к выделению имен сущностей и связей в задаче построения семантического поискового образа // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2021. – № 3. – С. 18–26; Golitsina O.L., Gavrilkina A.S. On One Approach to the Extraction of Entity and Relationships Names in the Task of Building a Semantic Search Image // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2021. – Vol. 55, № 2. – P. 54-62.
29. Максимов Н.В., Лебедев А.А. Онтологическая система «знания–деятельность» // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11. – № 2(40). – С. 185-211.
30. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.

Материал поступил в редакцию 11.04.22.

Сведения об авторах

ГОЛИЦЫНА Ольга Леонидовна – доцент, кандидат технических наук, доцент Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (НИЯУ МИФИ), Москва
e-mail: OLGolitsina@yandex.ru

МАКСИМОВ Николай Вениаминович – профессор, доктор технических наук, профессор Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (НИЯУ МИФИ), Москва
e-mail: NV-MAKS@yandex.ru

Д.В. Виноградов

Оценка степени переобучения алгебраического машинного обучения для случая булевой алгебры

Предлагается оценка вероятности переобучения для ВКФ-метода алгебраического машинного обучения в простейшем случае булевой алгебры без учета контр-примеров. Модель использует идеи В.Н. Вапника и А.Я. Червоненкиса о минимизации эмпирического риска. Асимптотически вероятность переобучения в фиксированной доле тестовых примеров при стремлении длины описания (и объема затребованного числа гипотез) к бесконечности стремится к нулю быстрее, чем экспонента.

Ключевые слова: эмпирический риск, переобучение, ВКФ-метод, булева алгебра

DOI: 10.36535/0548-0027-2022-06-2

ВВЕДЕНИЕ

Вероятностно-комбинаторный формальный метод алгебраического машинного обучения (ВКФ-метод) был нами предложен и исследован ранее [1]. Современная программная реализация использует спаривающую цепь Маркова для вычисления индуктивного обобщения (сходств) обучающих примеров в гипотезы о причинах их целевого свойства. Семейство спаривающих цепей Маркова обеспечивает останавливаемость процесса вычислений с вероятностью единица. Однако имеется монотонный вариант алгоритма поиска сходств (гипотез), который в случае булевой алгебры совпадает с классическим ленивым случайным блужданием на соответствующем гиперкубе. Для случая булевой алгебры получены точные оценки скорости перемешивания (см., например, [2]) порядка $\frac{1}{2}n \cdot \log n$. В этом случае предельное распределение будет равномерным. Для спаривающей цепи Маркова в работе [2] для булевой алгебры были доказаны теоремы о сильной концентрации длин траекторий около среднего значения, которое имеет порядок $n \cdot \log n$. Так как нижняя компонента спаренной цепи Маркова движется по траектории монотонной цепи Маркова, то эти результаты в совокупности приводят к тому, что результаты выдачи спаривающей цепи Маркова можно считать приближенно равномерно распределенными. Впрочем, если требуется достичь большей равномерности, то можно сделать дополнительные шаги. Поэтому мы в дальнейшем будем предполагать, что гипотезы имеют равномерное распределение на булевом гиперкубе.

Используя вероятностную модель семейств Бернулли для порождения обучающих примеров и контр-примеров, мы доказали [3] неизбежность по-

рождения фантомных (случайных) гипотез, которые могут приводить к переобучению – неправильному предсказанию целевого свойства у тестовых примеров, предъявленных для прогнозирования. Однако такая вероятностная модель требует обоснования и, как продемонстрировала в ходе эмпирических исследований аспирантка ФИЦ ИУ РАН Л.А. Якимова, нуждается в существенном усложнении для получения более точных оценок.

На возможность прямой оценки переобучения с помощью так называемой слабой вероятностной аксиоматики обратил внимание К.В. Воронцов [4]. Ключевая идея – метод минимизации эмпирического риска, восходящий к классической работе В.Н. Вапника и А.Я. Червоненкиса [5]. Цель настоящей работы – получение оценки такого переобучения для ВКФ-метода в особенно простом случае, когда обучающие и тестовые примеры представляют собой коатомы в булевой алгебре, а контр-примеры не учитываются. При этом мы будем считать, что гипотезы имеют равномерное распределение. К сожалению, общие результаты К.В. Воронцова [4] выражаются через кратные суммы гипергеометрических коэффициентов и в интересующем нас случае не могут быть хорошо оценены. Поэтому мы сведем нашу ситуацию к сериям испытаний Бернулли и применим прямой подсчет.

В Первом разделе настоящей статьи мы представим необходимые определения. Второй раздел содержит вывод асимптотической верхней оценки переобучения в фиксированной доле тестовых примеров. Этот вывод опирается на формулу Стирлинга (см., например, [6]). В Заключении мы обсудим некоторые возможные проявления этого факта.

МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ ЭМПИРИЧЕСКОГО РИСКА

Любую совокупность гипотез о причинах наличия целевого свойства можно рассматривать как алгоритм классификации: если тестовый пример включает в себя хотя бы одну гипотезу, то алгоритм предскажет наличие целевого свойства; если ни одна из гипотетических причин не вкладывается в тестовый пример, то он классифицируется отрицательно.

Метод минимизации эмпирического риска, предложенный В.Н. Вапником и А.Я. Червоненкисом [5], состоит в выборе таких алгоритмов, для которых классификация обучающих примеров содержит минимальное число ошибок (эмпирический, или наблюдаемый, риск). В нашем случае всегда будут алгоритмы (совокупности гипотез), эмпирический риск которых равен нулю. Ими мы и будем ограничиваться в дальнейшем. С другой стороны, имеется риск совершить ошибку на предсказании тестовых примеров.

Мы будем случайным образом разбивать, следуя К.В. Воронцову, объекты на две группы: обучающие и тестовые примеры. Для простоты допустим, что число объектов четно, а разбиение производится пополам. Это допущение не снижает общности, так как средний биномиальный коэффициент является наибольшим.

Наши алгоритмы (совокупности гипотез) будут порождаться с помощью траекторий спаривающей цепи Маркова [1]. Каждая гипотеза (компонента алгоритма) порождается одной траекторией цепи. Состоянием спаривающей цепи Маркова является упорядоченная пара кандидатов в гипотезы. Траектория обрывается, когда оба кандидата первый раз совпадают. Можно заметить, что меньший (нижний) кандидат в гипотезы движется по траектории монотонной цепи Маркова.

В случае булевой алгебры, которым мы и ограничимся, монотонная цепь Маркова обладает свойством быстрого перемешивания, причем, стационарное распределение будет равномерным. Этот факт составляет вариант известного результата П. Дьякониса для случайных блужданий на булевом гиперкубе. В нашем случае, возникает ленивое случайное блуждание, для которого точная оценка (с удвоенным по сравнению с классическим случайным блужданием коэффициентом) доказана в работе [2].

Для $2n$ -мерной булевой алгебры нам потребуется обучающая выборка, содержащая все коатомы. Пусть $O = \{o_1, o_2, \dots, o_{2n}\}$ будет множеством коатомов (обучающих и тестовых примеров), каждый из которых описывается признаками из списка $F = \{f_1, f_2, \dots, f_{2n}\}$, и $o_i I f_j \leftrightarrow j \neq i$ (матрица 1).

Матрица 1

$O \setminus F$	f_1	f_2	...	f_{2n}
o_1	0	1	...	1
o_2	1	0	...	1
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
o_{2n}	1	1	...	0

Ясно, что $o_{j_1} \cap o_{j_2} \cap \dots \cap o_{j_s} = F \setminus \{f_{j_1}, f_{j_2}, \dots, f_{j_s}\}$, так как добавление в сходство примера o_k с номером k удаляет из фрагмента признак f_k с тем же самым

номером k . Более того, пример o_k будет предсказан положительно (правильно), если и только если признак f_k отсутствует хотя бы в одном из порожденных сходств.

Обозначим эмпирический риск через η и введем риск прогнозирования как долю $\theta = r/n$ неправильно предсказанных тестовых примеров. Нас интересует вероятность $P[\eta = 0, \theta = \delta]$ при равномерном разбиении объектов на обучающую и тестовую выборки пополам. Ясно, что для различных разбиений вероятность будет одинакова.

АСИМПТОТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НА ПЕРЕОБУЧЕНИЕ

Можем считать, что первые n объектов попали в обучающую выборку, а последние n объектов образуют тесты, так как вероятности одинаковы для каждого разбиения.

Пусть по обучающей выборке для булевой алгебры было порождено m ВКФ-гипотез с помощью монотонной цепи Маркова. Если траектории выбрать достаточно длинными, то распределение гипотез будет равномерным и независимым. Равномерность следует из свойства быстрой перемешиваемости к равномерному стационарному распределению, а независимость – из независимости траекторий цепи Маркова, порождающих ВКФ-гипотезы.

Обозначим эти гипотезы через $H = \{h_1, h_2, \dots, h_m\}$ и составим соответствующую матрицу 2.

Матрица 2

$O \setminus H$	h_1	h_2	...	h_m
o_1	0	0	...	1
o_2	1	0	...	0
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
o_n	0	1	...	0
o_{n+1}	0	0	...	0
\vdots	\vdots	\vdots	0	\vdots
$o_{(1+\delta)n}$	0	0	...	0
$o_{(1+\delta)n+1}$	1	0	...	1
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
o_{2n}	0	1	...	1

Здесь единица соответствует тому, что гипотеза вкладывается в пример, т. е. предсказывает его правильно (положительно). Тогда для $\eta = 0$ требуется, чтобы в каждой из первых n строк встречалась хотя бы одна единица. Для $\theta = \delta$ нужно выбрать $\delta \cdot n$ строк из нижней половины (это можно сделать $n! / ((\delta \cdot n)! \cdot ((1 - \delta) \cdot n)!)$ способами), в которых должны стоять одни нули, а в остальных опять где-то должны встречаться единицы. Пример в матрице 2 соответствует такой ситуации с выбором строк $o_{n+1}, \dots, o_{(1+\delta)n}$.

Из-за равномерной распределенности и независимости гипотез соответствующие ячейки образуют серию испытаний Бернулли с вероятностью успеха $1/2$.

Лемма 1. Для условия $\lim P[\eta = 0] = 1$ при $n \rightarrow \infty$ достаточно потребовать, чтобы число гипотез $m \geq (1 + \sigma) \cdot \log_2 n$ для некоторого $\sigma > 0$.

Доказательство.

$$1 \geq \lim_{n \rightarrow \infty} (1 - 2^{-m})^n = \lim_{n \rightarrow \infty} [(1 - 2^{-m})^{2^m}]^{n/2^m} = \\ = \lim_{n \rightarrow \infty} [e^{-1}]^{n/2^m} \geq \lim_{n \rightarrow \infty} e^{-1/n^\sigma} = 1.$$

Утверждение леммы 1 можно усилить до, например, $m \geq \log_2 n + \log_2(\sigma \cdot \log_2 n)$, но это ослабит окончательную оценку.

Воспроизведем оценку Стирлинга (см., например, [6])

$$\text{Лемма 2. } n! \sim \sqrt{2\pi n} \cdot n^n \cdot e^{-n}.$$

Теорема 1. При $n \rightarrow \infty$ и $m \geq (1+\sigma) \cdot \log_2 n$ для вероятности переобучения P [$\eta = 0, \theta = \delta$] имеем:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \leq \\ \leq \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta(1-\delta)}} \exp\left\{-(1+\sigma)\delta \cdot n \cdot \ln n + \ln 2 \cdot n - \frac{\ln n}{2}\right\}.$$

Доказательство. Из свойств серий Бернулли следует, что $P = \binom{n}{\delta \cdot n} \cdot (1 - 2^{-m})^{(2-\delta)n} \cdot 2^{-\delta \cdot n \cdot m}$. Второй множитель не превосходит единицы (и асимптотически равен единице по лемме 1). Третий множитель оценивается так:

$$2^{-\delta \cdot n \cdot m} \leq n^{-(1+\sigma) \cdot \delta \cdot n} = \exp\{-(1+\sigma) \cdot \delta \cdot n \cdot \ln n\}.$$

Применим формулу Стирлинга к первому множителю $n! / (\delta \cdot n)! ((1 - \delta) \cdot n)!$. Она после сокращения дает асимптотическую оценку

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\delta(1-\delta)n}} \exp\{-\delta \cdot \ln \delta \cdot n - (1 - \delta) \cdot \ln(1 - \delta) \cdot n\}.$$

Как в теории информации легко доказать, что $-\delta \cdot \ln \delta - (1-\delta) \cdot \ln(1-\delta) \leq \ln 2$, последнее неравенство завершает доказательство теоремы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе доказана суперэкспоненциальная верхняя оценка на вероятность переобучения в частном случае булевой алгебры. Аспирантка ФИЦ ИУ РАН Л.А. Якимова проводила эмпирические исследования переобучения для программной ВКФ-системы. На массиве *Mushrooms* из репозитория данных для тестирования алгоритмов машинного обучения Университета Калифорнии в г. Ирвайн при обучении, когда эмпирический риск был равен нулю, ошибки на тестовой выборке не наблюдались. Это дает надежду на то, что подобный феномен — экспоненциально малое число ошибок предсказания — будет верен и для общего случая произвольной обучающей выборки, когда эмпирический риск равен нулю. Эти результаты резко контрастируют с более ранними эмпирическими исследованиями Л.А. Якимовой и А.С. Опарышевой (выпускницами РГГУ), которые обнаружили возникновение переобучения на

основе фантомных гипотез в ДСМ-экспериментах (в которых порождаются все возможные сходства) на реальных данных. Например, на том же самом массиве *Mushroom* часть поганок была предсказана съедобными, что ставит крест на применении ДСМ-метода автоматического порождения гипотез [7] в критически важных областях.

* * *

Автор благодарит своих коллег по ВЦ им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН за поддержку и полезные дискуссии. Особенная благодарность Л.А. Якимовой за совместную работу, обсуждения и поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vinogradov D.V. Machine Learning Based on Similarity Operation // Communication in Computer and Information Science. – 2018. – Vol. 934. – P. 46–59.
2. Виноградов Д.В. Вероятностно-комбинаторный формальный метод обучения, основанный на теории решеток: дис. ... д-ра физ.-мат. наук 05.13.17. – Москва: ФИЦ ИУ РАН, 2018. – 131 с.
3. Виноградов Д.В. Скорость сходимости к пределу вероятности порождения случайного сходства при наличии контр-примеров // Научная и техническая информация. Сер. 2. – 2018. – № 2. – С. 21–24; Vinogradov D.V. The Rate of Convergence to the Limit of the Probability of Encountering an Accidental Similarity in the Presence of Counter Examples // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2018. – Vol. 52, № 1. – P. 35–37.
4. Воронцов К.В. Комбинаторный подход к оценке качества обучаемых алгоритмов // Математические вопросы кибернетики. – Москва: Физматлит, 2004. – Т. 13. – С. 5–36
5. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. – Москва: Наука, 1974. – 416 с.
6. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. Т. 1 / пер. с англ. – Москва: Мир, 1984. – 528 с.
7. ДСМ-метод автоматического порождения гипотез: логические и эпистемологические основания / ред. О.М. Аншаков – Москва: URSS, 2009. – 430 с.

*Материал поступил в редакцию 25.04.22,
исправленная версия – 13.05.22*

Сведения об авторе

ВИНОГРАДОВ Дмитрий Вячеславович – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Москва
e-mail: vinogradov.d.w@gmail.com

Невзаимозаменяемые токены (NFT) как средство и объект обеспечения информационной безопасности

Показано использование невзаимозаменяемых токенов как криптографических активов с поддержкой блокчейна, которые представляют собой доказательства владения цифровыми объектами. Обоснован их большой потенциал как средства защиты разных видов информации, способного гарантировать ее конфиденциальность, целостность и доступность. Выделены проблемы обеспечения безопасности невзаимозаменяемых токенов и предложены пути их решения.

Ключевые слова: блокчейн, кибербезопасность, криптобезопасность, криптовалюта, невзаимозаменяемые токены (NFT), информационная безопасность, защита информации, конфиденциальность, целостность, доступность, персональные данные, врачебная тайна

DOI: 10.36535/0548-0027-2022-06-3

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время невзаимозаменяемые токены (*Non-Fungible Tokens – NFT*) приобрели широкое распространение как уникальные токены, работающие на блокчейне [1] и представляющие собой доказательства владения цифровыми объектами [2]. Каждый из них содержит определенное количество данных, которые уникальны для данного токена. *NFT* были созданы в 2010 г., а первые проекты с их использованием вышли в 2017 г. на платформе *Ethereum*. Основную же популярность эта технология получила в 2021 г., когда в форме *NFT* начали массово продавать цифровые файлы [3]. Блокчейн – это разновидность распределенного реестра (*Distributed Ledger Technology – DLT*), технология которого позволяет вести учет на нескольких узлах [4]. Благодаря данной технологии и получили свое развитие невзаимозаменяемые токены.

Согласно аналитическим данным центра *DappRadar*, сегодня популярность *NFT* резко возросла, что сопровождалось повышением объемов торговли ими, достигшей \$22 млрд в 2021 г. по сравнению с \$100 млн в 2020 г. [5]. По данным аналитической группы *Chainalysis*, на конец 2021 г. объем мирового *NFT*-рынка составлял \$40,9 млрд. Несколько крупных исследователей рынка, в их числе *Morgan Stanley*, прогнозируют к 2030 г. рост *NFT*-рынка до \$240 млрд и более. В этом случае российская доля может составить около \$10 млрд [6].

Стремительное развитие *NFT*, их внедрение в разные сферы деятельности актуализируют их рассмотрение в контексте информационной безопасности. Цель настоящей статьи – показать перспективы *NFT* как средства обеспечения безопасности защищаемой информации и обосновать пути защиты этой технологии.

НЕВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫЕ ТОКЕНЫ КАК СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Защита информации представляет собой ряд правовых, организационных и технических мер, направленных на: 1) обеспечение защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий; 2) соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа; 3) реализацию права на доступ к информации¹. Технология *NFT* открывает возможности для реализации всех названных целей: целостности, конфиденциальности и доступности информации.

В обеспечении целостности информации. На данный момент технология *NFT* нашла применение преимущественно в сфере искусства. Сегодня уже реализуются возможности галерей, музеев, вернисажей,

¹ Федеральный закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 30.12.2021) "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (дата обращения: 30.04.2022).

создающих *NFT*-объекты. Так, Государственный Эрмитаж уже продал *NFT* картин в виде цифровых копий на общую сумму свыше 32 млн рублей [7]. Однако потенциал этих технологий значительно шире. *NFT* порождают новые способы организации, потребления, перемещения, программирования и хранения цифровой информации, определяют быстрый рост различных адаптаций в сфере искусства, спорта, вещания, создания контента и технологического криптобизнеса, а также они способны разрушить определенные сложившиеся системные элементы на существующих рынках, таких как недвижимость, юридическая отрасль и др. Эксперты ожидают, что *NFT* будут продолжать расширяться как инновационная сила во многих технологических и бизнес-предприятиях и пользоваться большой популярностью у создателей и потребителей [8].

Невзаимозаменяемые токены способны защитить URL-адреса пользователей сайтов. URL-адрес может существенно повлиять на маркетинг сайта и его товаров. В связи с ограниченным количеством доступных расширений адресов определенные доменные имена стали очень дорогими. Поэтому некоторые пользователи занимаются «перехватом доменов»: ждут, пока истечет срок регистрации популярных доменных имен, затем торопятся перекупить адрес, прежде чем владелец узнает, что произошло. По словам генерального директора компании *UnstoppableDomains*, теперь можно купить или зарегистрировать доменное имя в качестве *NFT* на блокчейне и хранить его в своем криптокошельке вместо того, чтобы получать его у регистратора, такого как *NetworkSolutions* или *GoDaddy* [9].

В обеспечении конфиденциальности информации. Несмотря на то, что в мире накоплен большой опыт защиты персональных данных, именно они по-прежнему являются доминирующим типом утечек информации. Если в 2018 г. утечки персональных данных составляли 70,9% от общего числа утечек, то в 2021 г. эта цифра выросла до 83,1% [10]. В России этот процесс регулируется Федеральным законом "О персональных данных" от 27.07.2006 N 152-ФЗ². Однако утечек персональных данных не становится меньше – их доля составляет более 86% [11]. Поэтому неслучайно на рассмотрении в Госдуме сегодня находится законопроект № 101234-8 «О внесении изменений в Федеральный закон "О персональных данных" и иные законодательные акты Российской Федерации по вопросам защиты прав субъектов персональных данных»³. Эксперты обращают внимание на то, что это будет крупнейшая реформа законодательства о персональных данных за последние 10 лет, согласно которой все операторы персональных данных обязаны будут подключиться к Государственной системе обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак (ГосСОПКА) и со-

общать в Федеральную службу по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) в течение 24-х часов о каждой утечке информации [12], поэтому и техническая защита персональных данных также должна будет усиливаться.

В последние годы в тройку «лидеров» по утечкам информации в мире стабильно входят организации сфер здравоохранения [11], традиционно связанные с проблемами защиты персональных данных и врачебной тайны [13]. Поэтому и ученые, и специалисты-практики все больше внимания обращают на использование в этой отрасли технологий *NFT* и высоко оценивают перспективы использования невзаимозаменяемых токенов (*NFT*) в качестве актива безопасности для пациента [14]. По их мнению, если не принять участие в цифровой революции, то практика скоро устареет. В этом процессе крайне важно огромным объемом цифровых данных (сведения о пациентах, хирургические видеоматериалы и т. д.) управлять с максимальным вниманием к безопасности и цифровой конфиденциальности, что Организация Объединенных Наций считает правом человека [15, 16]. В США внедрение технологии невзаимозаменяемых токенов в здравоохранение уже началось с личных электронных медицинских записей, которые будут безопасно храниться, передаваться и проверяться на предмет безопасности. По мнению экспертов, эта технология может оказаться неопределимой для сообщества трансплантатов стволовых клеток. Продвижение продуктов гемопоэтических стволовых клеток, включая костный мозг, стволовые клетки периферической крови, продукты пуповинной крови и продукты клеточной терапии, от вены донора до конечного пункта назначения, представляет собой сложную серию регуляторных, логистических и медицинских процессов. Чтобы обеспечить безопасность этой сложной жизненно важной цепочки трансплантации стволовых клеток, в систему вводятся многочисленные входные данные, начиная от набора доноров и заканчивая постинфузионным мониторингом. Все это происходит в различных медицинских лабораториях, а вся цепочка трансплантации стволовых клеток требует огромного количества разнообразных дискретно разрозненных исходных и выходных данных. Сейчас это не дает возможности специалистам в области здравоохранения оперативно отслеживать и исследовать безопасность и эффективность медицинских операций. Использование *NFT* позволит просматривать данные о донорстве стволовых клеток в режиме реального времени, выявляя неэффективность в цепочке трансплантации [17].

Еще одним вариантом использования *NFT* в здравоохранении является токенизация крови – от идентификации донора, температуры донорской крови в пути, точек местоположения *GPS* из лаборатории в больницу и, наконец, сохранения в медицинской карте пациента, получающего переливание. Кровь токенизируется с помощью штрих-кода, который сканируется в течение всего процесса, создавая обновления в режиме реального времени, доступные для просмотра необходимым сторонам. Путем токенизации крови в блокчейне можно точно отслеживать инвентариза-

² КонсультантПлюс – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 30.04.2022)

³ О внесении изменений в Федеральный закон "О персональных данных" и иные законодательные акты Российской Федерации по вопросам защиты прав субъектов персональных данных. – URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/101234-8> (дата обращения: 30.04.2022).

цию донорской крови, выявлять нехватку конкретных групп крови в регионах, а также предотвращать человеческие ошибки [18]. Зарубежные эксперты весьма оптимистично оценивают перспективы технологии невзаимозаменяемых токенов для трансплантации стволовых клеток и переливания крови. Это подтверждают и прогнозы развития рынка блокчейнов для здравоохранения: к 2025 г. он составит 3,4 млрд долл. [19].

В обеспечении реализации права на доступ к информации. Технологии невзаимозаменяемых токенов применяются и в защите иных логистических решений, и операций, позволяющих обеспечить реализацию права на доступ к информации. Так, в Италии производят высококачественную обувь элитного бренда с присвоенным ей *NFT*, который производитель предлагает отсканировать на упаковке. Покупатель с помощью этого токена сможет узнать, где и когда была создана данная пара обуви. По мере перемещения посылки до пункта доставки токен сканируется для добавления новой информации о её статусе: местоположении склада, времени отправления и прибытия. Как только посылка будет доставлена в пункт назначения, магазин должен отсканировать ее и отметить доставку [20]. В результате покупатель получает подтверждение подлинности товара, а также подробную информацию о его доставке.

Имеется множество гипотетических возможностей введения технологии *NFT* в процесс доставки товаров, но для любого из них необходимо использовать одну и ту же систему на всех этапах цепочки поставок. Вследствие большого количества участников процесса реализовать эту идею в реальной жизни бывает достаточно сложно. В связи с этим сейчас использование *NFT* в подобных сферах распространяется медленно. Два примера крупных логистических решений с использованием блокчейна – это системы *TradeLens* от *MAERSK* и *FootTrust* от *IBM*. Они уже используют *HyperledgerFabric* – блокчейн *IBM* с поддержкой *NFT* [21].

NFT КАК ОБЪЕКТ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Стремительное развитие технологии невзаимозаменяемых токенов и перспективы ее использования для защиты информации актуализируют вопрос рисков кибербезопасности и криптобезопасности этой технологии. Угрозы безопасности *NFT* во многом идентичны рискам, присущим криптовалюте. *NFT* могут представлять собой объект кражи так же, как и взаимозаменяемые монеты. Новизна данной технологии обуславливает необходимость выявления проблем безопасности *NFT* и выработки предложений по их решению. На это обращают внимание эксперты, высказывая опасения по поводу законного владения активами *NFT* и распространения мошенничества, связанного с торговлей ими [2].

Злоумышленники являются частью любой системы или решения, блокчейн ничем не отличается. Они могут угрожать безопасности *NFT*-платформ и самим пользователям. Ландшафт *NFT*-угроз включает в себя «классические» проблемы, связанные не только с фишингом, но и с безопасностью на стороне посредника — торговой площадки или биржи.

Проанализировав проблемы безопасности, связанные с невзаимозаменяемыми токенами, мы сгруппировали их по причинам угроз: правовой статус (юридическая неопределенность регулирования технологии), человеческий фактор (угрозы, связанные с низкой технической и финансовой грамотностью пользователей) и хакерские угрозы (угрозы, связанные с внешними атаками). Рассмотрим их подробнее.

Неопределенность правового статуса. Осложняет вопрос безопасности невзаимозаменяемых токенов их юридическая неопределенность, что представляет собой угрозу правового характера. В России с точки зрения права они никак не подкреплены, их нельзя отнести к цифровой валюте, которая регламентируется ФЗ № 259⁴. В настоящий момент к *NFT* в России предлагается применять положения, касающиеся цифровых прав согласно ст. 128 и 141.1 ГК [22, 23]. Эти положения регламентируют гражданские права, но помимо них необходимо руководствоваться правом на интеллектуальную собственность и правом на оборот вещей. Эксперты [24] обосновывают необходимость использования возможностей *NFT* для токенизации объектов авторского права, для предотвращения мошенничества и плагиата, а также для контроля за исполнением финансовых операций.

В США и Европе вопрос применения токенов также остается открытым, несмотря на более раннее их появление в этих странах. Законодательство в этой сфере не проработано, единого подхода к решению проблемы нет. Если невзаимозаменяемый токен создаётся и в последующем продаётся с целью извлечения выгоды, т. е. для предпринимательской деятельности, то к таким правоотношениям применим Закон США «О ценных бумагах», а если он продаётся без цели извлечения прибыли, то этот закон не применим [8]. Поэтому если возникнет конфликт и регуляторы сочтут *NFT* незарегистрированной ценной бумагой, то владельцы токенов будут вынуждены платить высокие штрафы.

Человеческий фактор. Анализ форумов и отчетов показал, что одной из наиболее распространенных проблем безопасности токенов является фишинг. Постоянно в соцсетях и иных платформах из-за фишинга теряют свои сбережения тысячи пользователей, а суммы исчисляются миллионами долларов. Например, нью-йоркский поклонник цифрового искусства потерял 15 токенов на общую сумму \$2,2 млн [25]. В результате фишинга преступники получают доступ к кошельку жертвы, они могут перевести хранящиеся в нём токены себе. Учитывая односторонний и децентрализованный характер блокчейн-транзакций, вернуть украденное будет весьма тяжело.

Немаловажная проблема – это подделка самого токена, т. е. приобретение его цифровой копии. Многие пользователи с этим столкнулись. Например, некий хакер подделал *NFT* от *Beeple*, проданный за \$69,3 млн [26].

⁴ Федеральный закон "О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 31.07.2020 N 259-ФЗ // КонсультантПлюс – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358753/ (дата обращения: 04.05.2022).

Серьезным вызовом безопасности для платформ и пользователей стало использование идентичных URL-адресов изображений. Некоторые фальшивые *NFT* указывают на существующие активы, т. е. они копируют *mage_url* настоящих *NFT*. Если покупатель посмотрит на внешний вид лотов и не проверит их подлинность, то он может ошибочно принять их за оригиналы.

Фактор, связанный с внешними атаками. Дополнительный риск сопряжен с самим процессом торговли невзаимозаменяемыми токенами. Зачастую маркетплейс требует перевода *NFT* в свой собственный кошелек для условного депонирования [27]. Подобные операции осуществляются вне цепочки блокчейна и непрозрачны для владельца актива. Нарушение принципа децентрализации создаёт угрозы как для продавца, так и для покупателя, которые должны безусловно доверять торговой платформе, исполняющей посреднические операции. Если программное обеспечение биржи будет скомпрометировано, то злоумышленники получат возможность вмешаться в операции с токенами.

Проблема хакерства включает в себя атаки на блокчейн, используемый в основе *NFT*. Так, в 2021 г. хакер атаковал сайдчейн *Ronin*, который используется в игре *Axie Infinity* и похитил 5 тыс. единиц *Ethereum* [28].

Помимо этого, токены сами по себе могут нести угрозу. По данным *ESET*, взаимозаменяемые токены в 2021 г. стали одним из основных механизмов распространения вредоносных программ для нелегального майнинга или кражи криптовалюты [29]. Немаловажно, что Россия по итогам этого года стала лидером по числу пострадавших от атак, связанных с криптовалютой. На страну пришлось 11,2% мирового количества пострадавших от краж.

В целом невзаимозаменяемые токены имеют такое же количество и разновидности угроз, как и любая информационная инфраструктура, и так же, как и во многих системах, от них самих могут исходить угрозы. Опасность могут таить кошельки и маркетплейсы для управления своими активами, почты и прочие сайты с вредоносным ПО и ссылками. Однако от разного рода проблем можно себя частично обезопасить.

Базовой рекомендацией безопасности активов невзаимозаменяемых токенов является надежность пароля. Предпочтительнее всего использовать длинный пароль, состоящий из случайных символов, такие генерации могут автоматически составлять Яндекс или *GoogleChrome*. Помимо обычного пароля необходимо применять многофакторную аутентификацию. Как показывает статистика различных платформ, 99,9% взломанных пользователей не используют многофакторную аутентификацию (*MFA*) [30].

Немаловажна и надежность сохранности кодового слова. Его не нужно хранить в облачных хранилищах или на иных электронных устройствах из-за соображений безопасности. Лучше всего для этого использовать бумажный носитель, который предполагает чередование слов.

Необходима установка безопасного подключения к сети. Это связано с тем, что использование общедо-

ступного *Wi-Fi* упрощает злоумышленникам кражу данных. Помимо безопасных сетей желательно, чтобы пользователи в целях безопасности *NFT* использовали проверенные *VPN*-сервисы и прочие приложения для шифрования своего интернет-трафика и скрытия *IP*-адресов для защиты всех действий, связанных с покупкой, продажей и управлением несменяемыми токенами [31].

Регулярное обновление программного обеспечения способствует повышению безопасности. Актуально своевременно обновлять ПО или поставить автообновление, так как зачастую это включает в себя исправление существующих ошибок безопасности.

Во избежание кражи самого токена при взломе учетной записи рекомендуется использовать улучшенную архитектуру нулевого доверия. Такой способ адекватен решением проблемы до ее возникновения из-за использования структур нулевого доверия, основанных на подтверждении личности. Существует возможность ограничивать количество привилегированных пользователей, имеющих доступ к токенам, тем самым снижая риск потери активов.

Целесообразно также применять инструменты мониторинга сети, которые помогут выявлять возможные проблемы с утечкой до того, как произойдет доступ к блокчейну [32]. Помимо простых инструментов аутентификации к решениям для активного поведенческого мониторинга и анализа пользователь имеет возможность завершать потенциально проблемные сеансы, не давая злоумышленникам добраться до токенов. Введение единых стандартов на *NFT*-токены [33] позволило бы повысить уровень безопасности этой перспективной технологии.

Проверка *NFT* на подлинность различными методами перед покупкой – еще один способ обеспечения безопасности. Это связано с тем, что существует вероятность цифровой подделки. Вернуть потраченные средства будет достаточно сложно из-за блокчейн-технологий и юридической неопределенности невзаимозаменяемых токенов. Отсюда вытекает необходимость ускорения законодательного решения данного вопроса, а также повышения финансовой грамотности и культуры кибербезопасности пользователей в процессе работы с *NFT*.

ВЫВОД

Резкий скачок популярности технологии невзаимозаменяемых токенов, прогнозы экспоненциального роста мирового и российского рынков этой технологии, ее стремительное проникновение во все сферы деятельности человека – все это позволяет констатировать большой потенциал *NFT* для защиты информации: обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности персональных данных, а также всех видов профессиональной (врачебной, страховой и др.), служебной и коммерческой тайн. Уже вполне осязаемые черты приобрели технологии использования *NFT* для защиты персональных данных и врачебной тайны в зарубежном здравоохранении, для реализации права на доступ к информации.

С точки зрения информационной безопасности невзаимозаменяемые токены должны рассматриваться не только как средства, но и как объект защиты.

Рынок *NFT* – весьма перспективный и быстро развивающийся, но и достаточно рискованный. Новизна данной технологии в России и за рубежом делает ее более уязвимой для атак. Проблемы безопасности *NFT* целесообразно дифференцировать по признаку источников угроз их информационной безопасности и выделить правовые проблемы, а также проблемы, связанные с человеческим фактором и злоумышленными внешними воздействиями. Обоснованные в настоящей статье рекомендации по решению проблем безопасности *NFT* включают в себя классические средства защиты информации: правовые, организационные и технические. Они направлены на обеспечение всех целей защиты информации: конфиденциальности, целостности и доступности. Только комплексный подход позволит гарантировать сохранность *NFT*, надежность используемых маркетплейсов и кошельков, их недоступность для злоумышленников. При условии реализации этих технологий существует возможность существенно обезопасить активы от ошибок потребителей, внешних нарушителей, а также технических сбоев рабочих программ. Повышение культуры кибербезопасности населения – ключевое условие безопасного использования технологии невзаимозаменяемых токенов как физическими, так и юридическими лицами. Для его реализации требуются активные междисциплинарные научные исследования, а также правовые, организационные и технические мероприятия государственных регуляторов. Особое внимание целесообразно обратить на развитие соответствующих компетенций будущих специалистов по защите информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Селезнев М. Определение *NFT*. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/604f3f139a794797b44b7a70> (дата обращения: 30.04.2022).
- Chalmers D., Fisch C., Matthews R., Quinn W., Recker J. Beyond the bubble: Will *NFTs* and digital proof of ownership empower creative industry entrepreneurs? // *Journal of Business Venturing Insights*. – 2022. – Vol. 17. – e00309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2022.e00309>. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352673422000075> (дата обращения: 04.05.2022).
- Что такое *NFT* и как они работают. – URL: <https://postium.ru/chto-takoe-nft/> (дата обращения: 30.04.2022).
- Анисимов М. Определение блокчейна. – URL: <https://bytwork.com/articles/blockchain> (дата обращения: 30.04.2022).
- NFTs* market hits \$22bn as craze turns digital images into assets. – URL: <https://www.theguardian.com/technology/2021/dec/16/nfts-market-hits-22bn-as-craze-turns-digital-images-into-assets>
- Уваров С. Арт-подготовка: рынку *NFT* в России спрогнозировали рост до \$10 млрд. – URL: <https://www.comnews.ru/content/218786/2022-02-11/2022-w06/art-podgotovka-rynku-nft-rossii-sprognozirovali-rost-do-10-mlrd> (дата обращения: 30.04.2022).
- Жибуртович Е. *NFT*: Правовые вопросы современного тренда. – URL: <https://vc.ru/crypto/343524-nft-pravovye-voprosy-sovremennogo-trenda>. (дата обращения: 30.04.2022).
- Wilson K.B., Karg A., Ghaderi H. Prospecting non-fungible tokens in the digital economy: Stakeholders and ecosystem, risk and opportunity, *Business Horizons*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2021.10.007>. – URL: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681321002019>) (дата обращения: 30.04.2022).
- Лиханова Е. Не только цифровое искусство: 5 практических способов использовать *NFT*. – URL: <https://rb.ru/story/new-uses-nfts/> (дата обращения: 30.04.2022).
- Отчёт об исследовании утечек информации ограниченного доступа в 2021 году / Экспертно-аналитический центр InfoWatch. – 2022. – 32 с. – URL: <https://www.infowatch.ru/analytics/analitika/v-2021-stalo-bolshe-umyshlennykh-utechek> (дата обращения: 12.04.2022).
- Россия: утечки информации ограниченного доступа, 2020 год / Экспертно-аналитический центр InfoWatch. – 2021. – 30 с. – URL: <https://www.infowatch.ru/analytics/analitika/rossiya-utechki-informatsii-ogranichenogo-dostupa-2020-god> (дата обращения: 30.04.2022).
- Лукацкий А.В. Крупнейшая реформа законодательства о персональных данных за последние 10 лет. – URL: <https://lukatsky.ru/legislation/krupneyshaya-reforma-zakonodatelstva-o-personalnyh-dannyh-za-poslednie-10-let.html> (дата обращения: 30.04.2022).
- Эртель Л.А., Хапай С.Х. Персональные данные пациента, персонифицированный учет, врачебная тайна: правовые пробелы // *Медицинское право: теория и практика*. – 2019. – Т. 5, № 1(9). – С. 51-55.
- Skalidis I., Muller O., Fournier S. The Metaverse in Cardiovascular Medicine: Applications, Challenges and the role of Non-Fungible Tokens // *Canadian Journal of Cardiology*. – 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2022.04.006>. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0828282X22002227> (дата обращения: 04.05.2022).
- Carrano F.M., Sileri P., Batt S. et al. Blockchain in surgery: are we ready for the digital revolution? // *Updates in Surgery* volume. – 2022. – № 74. – P. 3–6. – URL: <https://doi.org/10.1007/s13304-021-01232-y> (дата обращения: 04.05.2022).
- Otto C. What Does an *NFT* Have to Do With Art, Darknet and Law? // *RechtInnovativ*. – 2021. – № 5. – P. 1–17. – URL: <https://doi.org/10.1007/s43442-021-0076-y> (дата обращения: 04.05.2022).
- Booth G.S., Gehrie E.A. Non-fungible tokens: Stem cell transplantation in the blockchain // *Transfusion and Apheresis Science*. – 2021. – Vol. 60, Iss. 5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.transci.2021.103196>. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473050221001701> (дата обращения: 04.05.2022).
- Blockchain in healthcare: how blockchain can revolutionize the medical industry (2021). – URL:

- <https://academy.ivanontech.com/blog/blockchain-in-healthcare-how-blockchain-can-revolutionize-the-medical-industry> (дата обращения: 04.05.2022).
19. Blockchain market in healthcare – growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2022-2026). – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/blockchain-market-in-healthcare> (дата обращения: 04.05.2022).
 20. Топ-7 способов применения NFT. Binance Academy. – URL: <https://academy.binance.com/ru/articles/top-7-nft-use-cases> (дата обращения: 04.05.2022).
 21. TradeLens(блокчейн-платформа). – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:TradeLens_%28%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D1%87%D0%B5%D0%B9%D0%BD-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%29 (дата обращения: 05.05.2022).
 22. Емельянов Д. С., Емельянов И.С. Невзаимозаменяемые токены (NFT) как самостоятельный объект правового регулирования // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2021. – № 10(241). – С. 71-76. DOI 10.24412/2072-4098-2021-10-71-76. – EDN QERCWG
 23. Давыдов-Громадин Д. Как правильно использовать NFT в России и не нарушить закон. – URL: <https://www.rbc.ru/crypto/news/60e2f4609a794732c30fc130> (дата обращения: 04.05.2022).
 24. Умаров Х.С. Реализация возможностей невзаимозаменяемых токенов (NFT) на современном рынке интеллектуальной собственности // Финансы и кредит. – 2022. – Т. 28, № 3(819). – С. 699-728. DOI 10.24891/fc.28.3.699.
 25. Коллекционер потерял NFT на \$2,2 млн. – URL: <https://letknow.news/news/kollekcioner-poteryal-nft-na-22-mln-42181.html> (дата обращения: 04.05.2022).
 26. Хакер подделал NFT от Beeple, проданный за \$69,3 млн. – URL: <https://forklog.com/haker-poddelal-nft-ot-beeple-prodannij-za-69-3-mln/> (дата обращения: 04.05.2022).
 27. Сарычев Д. Безопасность невзаимозаменяемых токенов. – URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/How-secure-is-NFT#part5 (дата обращения: 04.05.2022).
 28. Омолоев А. Хакер атаковал блокчейн, используемый в основе NFT-игры AxieInfinity, и украл криптовалюту на 625 миллионов долларов. – URL: <https://dtf.ru/life/1136965-haker-atakoval-blokcheyn-ispolzuemu-y-v-osnove-nft-igry-axie-infinity-i-ukral-kriptovalyutu-na-625-millionov-dollarov?ysclid=11x5m0zspc> (дата обращения: 04.05.2022).
 29. Токены подключают к майнингу. Мошенники стали использовать NFT для кражи криптокошельков // Коммерсантъ. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5216108> (дата обращения: 14.02.2022).
 30. Microsoft: 99.9% of compromised accounts did not use multi-factor authentication. – URL: <https://www.zdnet.com/article/microsoft-99-9-of-compromised-accounts-did-not-use-multi-factor-authentication/> (дата обращения: 04.05.2022).
 31. NFT cybersecurity: How to Secure NFTs from Hackers and Scammers. – URL: <https://hacken.io/researches-and-investigations/are-nfts-safe-how-to-ensure-security-of-your-nfts/> (дата обращения: 04.05.2022).
 32. Описание инструментов мониторинга сети. – URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/520817.php> (дата обращения: 04.05.2022).
 33. Фомин Д.А. Перспективные направления внедрения блокчейн-технологии NFT в российскую экономику // Экономические науки. – 2021. – № 199. – С. 7-10. DOI: 10.14451/1.199.7.

Материал поступил в редакцию 05.05.22.

Сведения об авторах

АСТАХОВА Людмила Викторовна – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры защиты информации Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск
e-mail: astakhovalv@susu.ru

КАЛЯЗИН Никита Васильевич – студент кафедры защиты информации Южно-Уральского государственного университета
e-mail: deskanik@yandex.ru

Верификация структуры иерархических классификаций: предназначение, принципы и цели (на материале УДК)

*«Не в совокупности ищи единство,
но более – в единообразии разделения.»*
Козьма Прутков

Представлен новый подход к исследованию структуры универсальных классификаций на основе анализа соподчинённости иерархических уровней. Предлагаемый метод позволяет выявлять нарушения иерархической соподчинённости с целью исключения возможных ошибок, возникающих при их редактировании и дополнении действующих классификаций. Решение этих задач гармонизирует структуру классификации, приводя в соответствие вертикальные и горизонтальные внутренние связи.

Ключевые слова: объективное знание, верификация классификационного универсума, иерархическая соподчинённость, иерархический уровень, информационная значимость

DOI: 10.36535/0548-0027-2022-06-4

ВВЕДЕНИЕ

Философские основания необходимости верификации иерархических структур действующих классификаций опираются на представления об объективном знании, которое является объектом изучения эволюционной эпистемологии. По К. Попперу [1], приближенным к объективному знанию служит знание, выдержавшее проверку методами фальсификации и верификации. Именно объективное знание составляет основу, на которой строятся современные классификации ГРНТИ, УДК, ДКД, ББК и другие, распространённые в библиотечном деле [2]. Цель библиотечно-библиографических классификаций – создание «карты знаний» через систематизацию объективного знания. Однако эволюция науки вносит в эту картину свои коррективы, и со временем это знание утрачивает свою объективность и актуальность в научном сообществе. Можно, по мере «старения» накопленного знания, каждый раз создавать новую классификацию, теряя историзм, не видя преемственности и повторяя собственные заблуждения. А можно вносить изменения в действующие классификации, но тогда остаётся открытым вопрос об их правильности. Сверхзадача верификации классификаций видится в выявлении несоответствий классификационной схемы заявленным принципам деления и нарушений законов иерархического соподчинения понятий.

Всякое внесение изменений и дополнений в классификационную схему сеет зёрна сомнения, по сути, представляет собой попытку её фальсификации, подобную методологическому фальсификационизму

К. Поппера. Это касается в равной степени и ситуации, когда добавляются новые понятия и когда исследователь, меняя оттенки смысла в содержательной части классификации, стремится устранить «неполноту» или «избыточность» иерархической структуры.

Исходными данными для верификации служит последовательный анализ горизонтальных и вертикальных связей между понятиями, вовлеченными в классификацию (рис. 1). Если соподчинение классов – это выражение вертикальной связи, то понятия, расположенные на одном уровне, служат выражением горизонтальных связей и представлены классами одинаковой информационной значимости. Эта значимость определяется их положением в логическом дедуктивном ряду, отображающем иерархическую ветвь: **Объект классификации** ↔ **Свойства классифицируемого объекта** ↔ **Предметы, факты, явления**. В начале этого логического ряда на отдельном уровне находится описание объекта классификации. Следующий уровень содержит описание свойств классифицируемого объекта и нацелен на раскрытие внутренней структуры объекта (понятия).

Каждое понятие детализируется на основе классификационных принципов деления, которые задаются с неперемным условием охвата всех известных элементов классифицируемого объекта. Попытка исследователя совместить на одном уровне сразу несколько принципов деления объекта классификации при практическом использовании вызывает логический конфликт, превращая выбор в задачу «Бурданаова осла».



Рис. 1. Соподчинённость и уровневая структура иерархической классификации как система вертикальных и горизонтальных внутренних связей

Информационная значимость – это ценность или истинность какой-либо допустимой идеи, представленная суммой составляющих её элементов и понятий. Одинаковую информационную значимость в классификациях имеет группа понятий, расположенных на одном иерархическом уровне как структурном элементе иерархии. Управляющий класс, под которым эти понятия собираются, находится на вышестоящем уровне, а они, как его элементы, занимают подчинённое положение и сами могут быть в дальнейшем детализированы.

Поскольку универсальные библиотечно-библиографические классификации, как правило, нацелены на служение международной коммуникации, то особое место занимают проблемы, связанные с переводом терминов-реалий и смысловой адаптацией иноязычных понятий к национальной научной среде. Не следует забывать, что классификация научного знания – это прежде всего классификация научных понятий, распределённых в иерархической структуре, а исходной точкой рассуждений при их систематизации является адекватный перевод. Совершенствование переводов международных классификаций также удобнее осуществлять в координатах соподчинённости, тогда и смысловая нагрузка, заключённая в понятиях, приобретает упорядоченный вид, улучшающий понимание. Не меньшая проблема – расширение содержания классов в национальных эталонах: их надо расширять адекватно понятиям, существующим в соответственных областях знания за рубежом. На этом пути каждый класс, расширенный синонимическими понятиями и терминологией, приобретает свойства онтологического описания.

МЕТОДОЛОГИЯ И ПРИНЦИПЫ ВЕРИФИКАЦИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Системность научной информации подразумевает потенциальную возможность исследования разнообразных взаимосвязей классов и уровней информационной значимости [3]. Выражением такой информа-

ции становится организация научных данных в иерархические структуры. Подобными структурами являются иерархические, а в нашем случае – библиотечно-библиографические классификации. Сложность их верификации заключается в необходимости анализа колоссальных объёмов сопоставительного материала, что объяснимо многообразием их внутренних логических связей, как вертикальных, так и горизонтальных. Решением, позволяющим преодолеть отмеченную сложность, может служить использование тех же оценок доверия, которые предъявлялись к классификациям при их создании [4, 5]. При анализе мы смещаем наши оценки в область горизонтальных связей, где «прокрустово ложе» иерархических законов и требований позволяет ограничивать желание исследователей огрубить или, наоборот, излишне детализировать структуру классификации при внесении изменений и дополнений. Если вертикальные связи иерархической структуры контролируются требованием соподчинения, то горизонтальные связи выявляются методами уровневого анализа, где главным оценочным параметром является принадлежность к определённому иерархическому уровню.

Иерархический уровень – это фундаментальное понятие теории классификации, на основе которого строится процесс верификации. Этот структурный элемент объединяет одноранговые по информационной значимости понятия классификационной схемы в пределах произвольного среза иерархического дерева и обеспечивает сквозные горизонтальные связи внутри классификации. Обозначим некоторые свойства иерархического уровня:

- отсчёт начинается с нулевого уровня;
- понятия одного ранга соподчинения располагаются на одном уровне;
- понятия одного иерархического уровня характеризуются близкой информационной значимостью.

Анализ иерархических уровней с целью верификации представляет собой процедуру последовательной оценки содержания уровней какого-либо класса

сверху донизу для выявления логических несоответствий, возможных ошибок в структуре соподчинённости и семантической целостности описаний. Необходимо помнить, что верификация осуществляется на уровне описания классов, в результате приобретающих вид гармоничной согласованной соподчинением иерархической структуры, тогда как предназначение индексов лишь закреплять позицию класса в этой структуре. Поэтому оптимальным следует считать условие, когда классификационные индексы отвечают виду индексов основного ряда и не используют фасетных окончаний, так как фасетная классификация не является иерархической.

Процесс анализа при верификации имеет сходство с известной логической игрой, когда на картинке или в списке предлагается найти «лишнее», например одинокий фрукт среди овощей. Что-то подобное исследователь может *de visu* наблюдать на каждом иерархическом уровне классификации и, соответственно, выявлять нарушения логических связей среди анализируемых понятий. Располагая понятия в ряду соподчинённости, мы восстанавливаем дедуктивную логику иерархии и, на заключительном этапе, в случае внесения изменений, закрепляем их позицию новыми классификационными индексами.

Представление необходимых для верификации релевантных данных обеспечивается выборкой понятий одного уровня в табличном виде (табл. 1) и снабжается описанием класса, которому эти понятия подчинены. Такая таблица, охватывая всю совокупность анализируемых признаков в объёме как вертикальных (соподчинение), так и горизонтальных (уровни) связей, для международных классификаций, должна обязательно содержать понятия на принятом языке международного эталона (семантическое соответствие).

Процесс верификации оставляет в стороне стремление дать «разумное» обоснование сложившемуся делению объектов на отдельные дисциплины и предполагает, что это деление отражает опыт и историческую логику развития всякой области знания или поля практической деятельности. Иерархическая структура классификации рассматривается именно с методологической позиции и оценивается как возможная при «идеальном» её развитии. Эта структура – не более чем набор понятий, собранных в соподчинении на условиях, продиктованных применяемым основанием классификации: центральным (ГРНТИ, РВИНИТИ), децимальным (ДКД, УДК, ББК) или каким-либо иным. Таким образом, действующие классификации отстраняются от приписываемых им «тайных» целей и «сакральных» предназначений, и можно утверждать, что классификация – это всего лишь инструмент, функционирующий по законам иерархии и логики [6]. Опираясь на знание этих законов, классификацию можно расширять или сокращать, а всякую неточность или ошибку можно поправить.

Для решения прикладных задач инструмент, подобный классификации, должно настраивать с использованием принципов иерархического соподчинения. Для этих целей структуру классификации сопрягают с релевантными источниками информации. При нацеленности на индексирование входящих изданий иерархическая структура принимает в со-

подчинение электронный каталог, для информационного поиска использует словари, тезаурусы и онтологии, при решении задачи сопоставления – другие действующие классификации. Процесс верификации, использующий, в качестве главного критерия, законы соподчинения и понятие информационной значимости иерархического уровня, служит ключом к оценке качества классификационной схемы.

Рассмотрим особенности верификации на отдельных примерах из Универсальной Десятичной Классификации (УДК). Так, в картине взаимоотношения понятий в табл. 1 показана успешная на сегодня иерархическая классификация, где в ряду соподчинения под классом УДК *Общественные науки* уровня 0 собраны детализирующие его классы уровня 1. Вопрос разделения этой области знания решён путём простого перечисления дисциплин, выступающих под флагом *Общественные науки*. Эти классы составляют «дерево знаний» и представляют собой совокупность дисциплин, которые по широте охвата вовлекают все возможные сегодня научные и научно-практические направления.

В действующей классификации УДК выделяемые классы занимают сегодня девять позиций из возможных десяти, что и вызывает озабоченность. Бурное развитие общественных наук, порождающее рост числа составляющих дисциплин, может переполнить уровень, исчерпав ресурс применяемого принципа деления. Чтобы этого избежать, специалистам уже сегодня необходимо оценить возможности группировки выделяемых наук в категории, способные обобщить в себе интересы известных дисциплин. Этот шаг, безусловно, вызовет изменение иерархической структуры класса, поскольку потребует добавления нового уровня.

Интересным примером служит материал в табл. 2, где показана верификация класса УДК *Общая геология*, расположенного на уровне 2, и его детализация на уровне 3. Здесь мы наблюдаем попытку совместить два принципа разделения этого понятия как объекта классификации: дисциплинарный и геодинамический, построенный на характеристике действующих геологических процессов.

Попытки анализа структуры геологии как науки о Земле предпринимались неоднократно [6], но мы не обсуждаем сложившееся деление геологии на отдельные дисциплины, а рассматриваем лишь методологическую правильность использования этого деления в действующей классификации. Заметим, что, как и все естественнонаучные направления, общая геология стремится строить свою иерархию на основании наблюдений за окружающими материальными объектами, собирая их под классами определённых общегеологических дисциплин. Казалось бы, разумно начинать деление с перечисления этих дисциплин, чтобы получить закономерную схему соподчинённости. Однако количество дисциплин, в силу нечёткости их границ даже в рамках одной области знания, неминуемо будет расти и вызывать потребность в выделении новых и новых оттенков толкования дисциплинарного знания. Очевидно, что на этой основе можно получить в лучшем случае лишь общие контуры классификации. Но поскольку дисциплины об-

шей геологии возникли как отражение наблюдений над процессами, создавшими исследуемые объекты, правильнее было бы исходную посылку классификации ориентировать на процессы. Такое деление однозначно позволяет охватить все многообразие общегеологических объектов и разбить их на обозримые классы с большим успехом. Первый шаг в этом направлении сделан уже на третьем уровне классификации *Общей геологии*, где в качестве главного принципа разделения выступают понятия: *Внутренняя геодинамика Земли (эндогенные геологические процессы)*; *Внешняя геодинамика Земли (экзогенные*

геологические процессы). Вместе с тем, присутствие этих классов не обеспечивает полноты охвата общегеологических проблем, поскольку геодинамика обуславливает также и комплексные геодинамические процессы. Например, рельеф как объект исследований геоморфологии является результатом взаимодействия эндогенных+экзогенных+антропогенных процессов, а объекты исследований исторической геологии, палеогеографии и метеорологии нередко представляют собой результаты взаимодействия существенно большего числа процессов и даже космических факторов.

Таблица 1

Соподчинение понятий, составляющих «дерево знаний» иерархической классификации УДК класса *Общественные науки* при дисциплинарном разделении*

УРОВЕНЬ	КЛАСС	ПЕРЕВОД	ИНДЕКС
0-	SOCIAL SCIENCES	ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	3
1-	Theories, methodology and methods in social sciences in general. Sociography	Методология и научные основы общественных наук. Социологические теории. Социография	30
1-	Statistics. Demography. Sociology	Социология. Демография. Статистика	31
1-	Politics	Политика	32
1-	Economics. Economic science	Экономические науки. Экономика. Народное хозяйство	33
1-	Law. Jurisprudence	Юридические науки. Право	34
1-	Public administration. Government. Military affairs	Государство. Военное дело	35
1-	Safeguarding the mental and material necessities of life	Социальное обеспечение. Страхование	36
1-	Education	Образование. Обучение. Воспитание	37
1-	Cultural anthropology. Ethnography. Customs. Manners. Traditions. Way of life	Этнография. Нравы. Традиции. Образ жизни	39

* Показаны нулевой и первый уровни иерархической значимости. Здесь и далее в таблицах используются знаки: – класс остается без изменения; → класс, требующий переноса на другой уровень; x класс исключается; + класс добавленный

Таблица 2

Соподчинённость понятий «дерева знаний» иерархической классификации УДК класса *Общая геология* *

УРОВЕНЬ	КЛАСС	ПЕРЕВОД	ИНДЕКС
2-	GENERAL GEOLOGY. Meteorology. Climatology. Historical geology. Stratigraphy. Palaeogeography	ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ	551
3-	General structure of the Earth	Общая структура Земли и глобальные геологические процессы	551.1
3-	Internal geodynamics (endogenous geological processes)	Внутренняя геодинамика Земли. Эндогенные геологические процессы	551.2
3-	External geodynamics (exogenous geological processes)	Внешняя геодинамика Земли. Экзогенные геологические процессы	551.3
3+	Complex Earth geodynamics (complex geological processes)	Комплексная геодинамика Земли. Комплексные геологические процессы	
3→4	Geomorphology. Study of the Earth's physical forms	Геоморфология	551.4
3→4	Meteorology	Метеорология	551.5
3→4	Historical geology. Stratigraphy	Историческая геология. Стратиграфия	551.7
3→4	Palaeogeography	Палеогеография	551.8

* Показаны второй и третий уровни иерархической значимости

С добавлением подкласса *Комплексная геодинамика Земли*, охватывающего совокупность сложных и многофакторных геологических процессов, мы достигаем необходимой полноты представления понятий при разделении процессов в классе *Общая геология*.

Применение сразу двух принципов деления на одном иерархическом уровне невозможно, поскольку ведёт к логическому конфликту. С этой позиции перечисление на рассматриваемом уровне отдельных геологических дисциплин, таких как геоморфология, метеорология, историческая геология и палеогеография, нарушает иерархическую соподчинённость. Эти понятия должны занять своё место на нижеследующих уровнях иерархии.

Опираясь на изложенную теоретическую основу, рассмотрим практическую реализацию процесса верификации на основании анализа соподчинённости иерархических уровней одного из классов действующей УДК [7-9], открытой сегодня Консорциумом УДК (UDCC) до третьего уровня включительно. Выбор объекта верификации не был случайным. В конце 2021 г. редакторы УДК от ВИНТИ РАН, представляющие Россию, получили от Консорциума УДК материалы к разработке пакета предложений по совершенствованию класса *Настольные игры* и созданию класса *Компьютерные игры*, необходимость в котором велика как на Западе, так и в России. Для решения задачи потребовалась верификация класса *Настольные игры*.

Необходимо заметить, что задача верификации классификации естественных наук, построенной на основании «дерева знаний», в некотором смысле проще, поскольку существует предопределённость обоснования соподчинённости понятий. Эта предопределённость приобретает в ходе эволюции дисциплинарного знания и носит характер «традиционного» соподчинения естественнонаучных дисциплин. Другое дело фактографические классификации, например жанров в искусстве, для которых главный принцип классификационного деления всегда загадка, а финальная структура всегда открытие.

В действующей классификации УДК класс *Настольные игры* занимает место со второго по пятый уровень иерархии и составлен 28 индексами основного ряда без учёта индексов, использующих специальные определители, и составных индексов методических решений систематизации. Для своего развития класс использует принцип деления, в основе которого лежит зависимость результата действий игрока от факторов случайности и удачи. Выбор принципа в своей посылке, безусловно, удачен, поскольку охватывает всю совокупность известных настольных игр, что позволяет с самого начала разделить её на три большие группы. Для того чтобы проследить детализацию класса *Настольные игры*, рассмотрим иерархические уровни классификационного «дерева». Начнём с выборки третьего уровня (табл. 3), в которую, кроме трёх классов, отражающих сам принцип деления, попадают ещё четыре класса: *Игры в шахматы*, *Игры в карты*, *Игры с моделями и пазлами*, *требующие терпения и знаний*, *Настольные обучающие и целевые игры*. Очевидно, что эти четыре класса следует переместить на нижестоящий уровень и расположить в соответствии с их принадлежностью заявленным принципам деления, отвечающим их информационной значимости.

В своем соседстве на одном уровне эти классы нарушают картину соподчинённости, и требуется переместить их в новое положение. В класс *Настольные игры, не зависящие от случая и удачи*, необходимо переместить *Игры в шахматы* и *Игры с моделями и пазлами...*; в класс *Настольные игры и игры на досках, включающие элементы зависимости от случая и удачи*, необходимо переместить класс *Игры обучающие и целевые*. Тогда как *Игры в карты* должны занять подчинённое положение в классе *Настольные игры, целиком зависящие от случая и удачи*. После перестановки нам придётся переместить и соподчинённые им классы. Продвигаясь по уровням и выполняя перестановки, мы получим в итоге новую иерархическую схему класса *Настольные игры* (табл. 4).

Таблица 3

Данные к анализу соподчинённости третьего иерархического уровня класса *Настольные игры*

УРОВЕНЬ	КЛАСС	ПЕРЕВОД	ИНДЕКС
2-	Board and table games (of thought, skill and chance)	Настольные игры и игры на досках (на смекалку, умение и удачу)	794
3→4	Chess	Игры в шахматы	794.1
3-	Minor board games not dependent on chance	Настольные игры и игры на досках, не зависящие от случая и удачи	794.2
3-	Table games with pieces or counters and an element of chance	Настольные игры и игры на досках, включающие элементы зависимости от случая и удачи	794.3
3→4	Card games	Игры в карты	794.4
3→4	Pattern games or puzzles requiring patience or dexterity	Игры с моделями и пазлами. Игры логические. Головоломки	794.5
3→4	Minor aiming games. Children's miniature games	Игры обучающие и целевые	794.8
3-	Games of pure chance	Настольные игры, целиком зависящие от случая и удачи	794.9

Класс УДК *Настольные игры после верификации*

УРОВЕНЬ	КЛАСС	ПЕРЕВОД	ИНДЕКСЫ	
			старые	новые
2	Board and table games (of thought, skill and chance)	Настольные игры и игры на досках (на знания, умения, случай и удачу)	794	794
3	Minor board games not dependent on chance	Настольные игры и игры на досках не зависящие от случая и удачи	794.2	794.2
4	Draughts. Checkers	Игры в шашки	794.242	794.24
4	Games played on a checkered board	Настольные игры на клеточных досках	794.24	X
5	Other games on a 64-square board	Прочие игры на 64-клеточных досках	794.244	X
5	Games on a board with more than 64-squares	Игры на досках с числом клеток больше 64	794.246	X
5	English checkers	Английские шашки	+	794.241
5	Russian draughts	Русские шашки	+	794.242
5	International draughts. Polish draughts. International checkers	Международные шашки. Стоклеточные шашки. Польские шашки	+	794.243
5	Giveaway checkers. Suicide checkers. Anti-checkers. Losing draughts. Poddavki	Обратные шашки. Поддавки	+	794.244
5	Renju	Рэндзю	+	794.245
5	Draughts compositions	Шашечные композиции. Шашечные этюды	+	794.246
4	Chess	Игры в шахматы	794.1	794.25
5	Chess games as a whole. Phases	Фазы шахматной игры	794.12	794.251
6	Opening	Шахматный дебют	794.122	794.251.1
6	Middle game	Шахматный миттельшпиль	794.125	794.251.2
6	End game	Шахматный эндшпиль	794.127	794.251.3
5	Chess compositions	Шахматные композиции. Шахматные этюды	794.14	794.252
4	Pattern games or puzzles requiring patience or dexterity	Игры с моделями и пазлами. Головоломки. Игры логические	794.54	794.26
4	Minor aiming games. Children's miniature games	Игры обучающие и целевые	794.8	794.27
3	Table games with pieces or counters and an element of chance	Настольные игры и игры на досках, с элементами случая и удачи	794.3	794.3
4	Games with pieces and boards of special design	Игры фишками на досках со специальным оформлением	794.25	794.31
4	Table games imitating sports	Игры имитирующие отдельные виды спорта	794.83	794.33
4	Pin-table games. Pinball	Игры механические. Пинбол	794.85	794.35
3	Games of pure chance	Настольные игры целиком зависящие от случая и удачи	794.9	794.9
4	Dice	Игры в кости	794.91	794.91
4	Roulette	Игры в рулетку	794.92	794.92
4	Lotto (housey-housey, bingo) and similar random choice games. Tombola	Игры в лото	794.93	794.93
4	Card games	Игры карточные	794.4	794.94
5	Partner card games	Карточные игры партнерские	794.41	794.941
5	Card-combination games	Карточные игры комбинированные	794.42	794.942
5	Card-pattern, sequence and matching games	Карточные пасьянсы	794.43	794.943
5	Card games with specially designed or illustrated cards	Карточные игры требующие колоды с особым оформлением	794.45	794.945

В результате класс расширился и теперь занимает место со 2-го по 6-й уровень, а составляющие его понятия обрели соподчинённость. *Игры в шахматы* и *Игры в шашки* заняли свое место, тогда как неудачно заявленный класс *Игры на клеточных досках*, отражающий принцип деления по числу клеток на досках, был удален. Кроме того, обрёл логическую стройность

класс *Настольные игры и игры на досках, включающие элементы зависимости от случая и удачи*, куда вошли *Игры фишками...*, *Игры, имитирующие спорт...* и *Игры механические...*

На заключительном этапе верификации мы закрепляем положение классов соответствующими новыми классификационными индексами. В ходе этой

процедуры решается задача минимизации вносимых изменений. Это представляется важным, потому что старые индексы могли получить отражение в электронных каталогах библиотек при каталогизации, и тогда их изменение – трудоёмкая операция. Главной задачей завершающего этапа верификации является минимизация вносимых изменений. Так, после принятия оптимальных решений из полученных 33 классов, из них: 3 класса исключено, 6 – добавлено, 7 – остались без изменений, 17 – приобрели новые классификационные индексы (см. табл. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая рассуждения о возможностях верификации, отметим, что изменение структуры классификационного универсума происходит через изменение количества понятий (классов) на отдельных уровнях иерархической схемы. Таким образом мы обеспечиваем горизонтальные связи в иерархии. Закрепляя

положение понятий (классов) в полученной структуре классификационными индексами, мы формируем вертикальную связь в масштабе «дерева знаний». Эти изменения отражаются морфологией функции распределения классификационного универсума (рис. 2).

Эта морфология является устойчивой для любой выборки из универсума УДК, и она обсуждалась ранее [3]. Было показано, что морфология общей (канонической) функции распределения может использоваться как эталон для оценки качества отдельных классов применяемой классификации, указывая на случайные ошибки, вкравшиеся в иерархическую структуру при её составлении. Каноническая форма функции распределения, составленная на основании уровняго распределения совокупности данных классификационного универсума УДК, характеризуется асимметрией: с крутым левым и пологим правым крыльями.

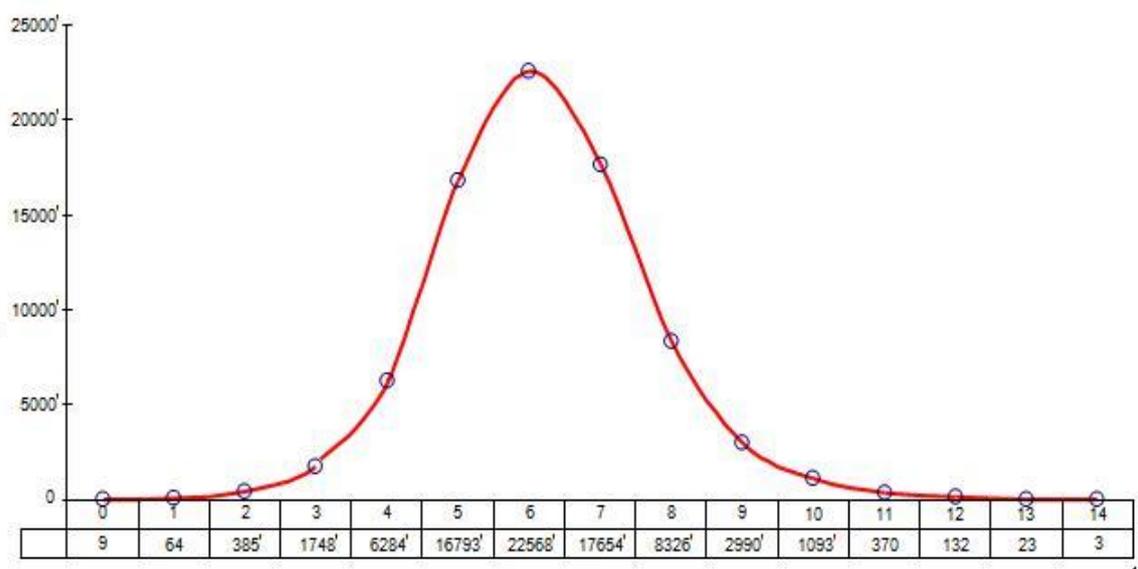


Рис.2. Функция распределения индексов универсума УДК по иерархическим уровням (каноническая): по оси абсцисс – уровни, по оси ординат – количество индексов в абсолютном выражении

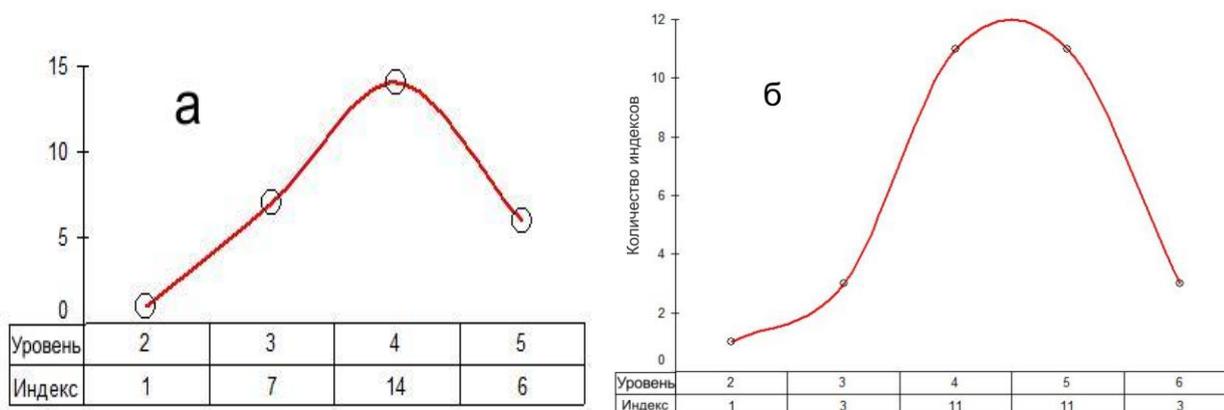


Рис. 3. Функция распределения индексов УДК класса *Настольные игры* по иерархическим уровням: а) – до верификации; б) – после верификации

Сравнение распределений классификационных индексов по уровням до и после верификации на рис. 3 показывает, что кривая распределения приобрела вид, приближенный к канонической морфологии. До верификации вид функции распределения свидетельствовал о возможном присутствии ошибок, допущенных при составлении классификации (рис. 3а). Морфология функции до верификации демонстрирует асимметрию с пологим левым и крутым правым крыльями, что противоположно морфологии канонической функции. После верификации морфология изменилась (рис. 3б), и мы наблюдаем очевидное подобие с канонической функцией.

На практике метод верификации позволяет существенно улучшить иерархическую структуру действующих классификаций и служит иллюстрацией возможности применения методологического подхода к совершенствованию иерархической классификационной схемы. Очевидно, что в отдельных случаях такой подход может быть осуществлён даже без привлечения специалистов-предметников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Popper Karl R. Objective Knowledge. An Evolutionary Approach. – Oxford: Clarendon Press, 1979. – 384 p.
2. Губанов Н.И., Губанов Н.Н., Волков А.Э. Критерии истинности и научности знания // Философия и общество. – 2016 – №3(80). – С. 78–95.
3. Сысоев А.Н., Астахова Т.С., Метлова А.В. Свойства классификаций: информационная значимость иерархических уровней // Научно-техническая информация. Сер. 1. – № 9. – 2021. – С. 1-11; Sysoev A.N., Astakhova T.S., Metlova A.V. Classification Properties: The Information Significance of Hierarchical Levels // Scientific and Technical Information Processing. – 2021. – Vol. 48, № 3. – P. 200-208.
4. Атаева О.М., Каленов Н.Е., Серебряков В.А. Онтологический подход к описанию Единого цифрового пространства научных знаний // Электронные библиотеки. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 3-18.
5. Розова С.С. Классификационная проблема в современной науке. – Новосибирск: Наука, 1986 – 224 с.
6. Забродин В.Ю., Соловьев В.А. Структура геологического мира и ее отражение в классификации геологических наук // Вопросы философии. – 1983. – № 4. – С. 68–75.
7. Universal Decimal Classification Master Reference File (UDC MRF) // UDC Consortium, PO Box 90407 2509 LK The Hague. – URL: <http://www.udcc.org>. – UDCC MRF-01/2018. December 2018.
8. Extension and corrections to the UDC // UDC Consortium / editor-in-chief A. Slavic. – 2012-2013. – № 34-35. – 267 p., ISSN 0014-5424. – URL: <http://www.udcc.org>.
9. Extension and corrections to the UDC // UDC Consortium / editor-in-chief A. Slavic. – 2014-2015. – № 36-37. – 352 p., ISSN 0014-5424. – URL: <http://www.udcc.org>.

Материал поступил в редакцию 06.05.22.

Сведения об авторах

МЕТЛОВА Ася Владимировна – научный сотрудник Научно-методологического отделения ВИНТИ РАН, Москва
e-mail: asjavladimirovna@gmail.com

СЫСОЕВ Александр Николаевич – независимый исследователь, Москва
e-mail: vims-sysoev@mail.ru

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ВИНИТИ РАН предлагает Вашему вниманию Реферативный Журнал в электронной форме

РЖ в электронной форме (ЭлРЖ) выпускается по всем разделам естественных, технических и точных наук.

Каждый номер ЭлРЖ является полным аналогом печатного номера РЖ по составу описаний документов, их оформлению и расположению. Он сопровождается оглавлением, указателями.

ЭлРЖ представляет собой информационную систему, снабженную поисковым аппаратом и позволяющую пользователю на персональном компьютере:

- читать номер РЖ, последовательно листая рефераты;
- просматривать рефераты отдельных разделов по оглавлению;
- обращаться к рефератам по указателям авторов, источников, ключевых слов;
- проводить поиск документов по словам и словосочетаниям;
- выводить текст описаний документов во внешний файл.

ЭлРЖ могут быть:

- записаны на DVD-ROM;
- передаваться через FTP-сервер (клиенту предоставляется логин и пароль с доступом к FTP-серверу ВИНТИ, с которого он скачивает заказанные журналы).

Электронные реферативные журналы можно заказать за текущий год с любого номера, а также за предыдущие годы.

Подробную информацию Вы можете получить:

Адрес: 125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНТИ РАН

Телефон: 8 499-152-62-11

E-mail: feo@viniti.ru

ВИНИТИ РАН

Центр научно-информационного обслуживания

Информационные услуги, предоставляемые ЦНИО ВИНТИ РАН:

- проведение тематического поиска и консультации поисковых экспертов;
- подготовка списков научной литературы;
- подбор, копирование полнотекстовых материалов из первоисточников на бумажном носителе и в электронном виде;
- библиометрическая оценка публикационной активности исследователей и научных организаций с использованием российских и зарубежных баз данных;
- информационное обеспечение информационно-аналитической деятельности по подготовке и предоставлению аналитических обзоров и других научных материалов.

ВИНИТИ РАН располагает следующими информационными ресурсами:

- фондом НТЛ, включающим более 2,5 млн. отечественных и иностранных журналов, книг, депонированных рукописей, авторефератов диссертаций и другой научной литературы, ретроспектива – с 1991 года;
- базами данных и Интернет-ресурсами: БД ВИНТИ (разработка ВИНТИ), БД SCOPUS, БД Questel (патенты) и другими реферативными ресурсами;
- полнотекстовыми электронными ресурсами (статьи, патенты, материалы конференций).

Ознакомиться с информацией о доступных полнотекстовых и реферативных ресурсах можно на сайте ВИНТИ РАН www.viniti.ru

К услугам пользователей – **Электронный Каталог ВИНТИ** <http://catalog.viniti.ru>
и служба электронной доставки документов.

Осуществляется платное информационное обслуживание по разовым заказам и на договорной основе с предоставлением всех необходимых финансовых документов.

Проводится индивидуальное обслуживание пользователей в читальном зале ЦНИО ВИНТИ РАН.

Подробную информацию Вы можете получить:

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНТИ РАН;

Телефоны: 499-155-42-17, 499-155-42-43;

E-mail: cnio@viniti.ru

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ВИНИТИ РАН предлагает Вашему вниманию База данных (БД) ВИНИТИ РАН в режиме online

База данных (БД) ВИНИТИ РАН — Федеральная база отечественных и зарубежных публикаций по естественным, точным и техническим наукам. Генерируется с 1981 г., обновляется ежемесячно, пополнение составляет более 600 000 документов в год.

БД ВИНИТИ РАН включает 26 тематических фрагментов, состоящих из более чем 190 разделов.

Документы БД содержат библиографию, ключевые слова, рубрики и реферат первоисточника.

На основе БД ВИНИТИ пользователям доступны следующие продукты:

- online доступ к базе данных круглосуточно, без выходных;
- выполнение тематического поиска специалистом ВИНИТИ по запросу заказчика;
- по заявкам предоставляются любые наборы тематических фрагментов БД ВИНИТИ или их разделов на любых видах электронных носителей, или через FTP-сервер;
- для ознакомления с возможностями поиска имеется демо-версия базы данных bd.viniti.ru.

База данных ВИНИТИ зарегистрирована Российским агентством по правовой охране программ для ЭВМ, баз данных и топологий интегральных микросхем (РосАПО) (Свидетельство № 960034 от 23.09.1996г.)

Подробную информацию Вы можете получить:

Адрес: 125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНИТИ РАН

Телефон: 8 499-152-54-81

E-mail: feo@viniti.ru