

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

Издается с 1961 г.

№ 10

Москва 2021

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 001.102:004

Л.А. Ходоровский

К определению понятия «информация»

Информация рассматривается как понятие, неразрывно связанное с представлениями о системах с целенаправленной деятельностью. Приводится еще одна дефиниция этого понятия. Информация об объекте определяется как сведения о нем, влияющие на то, каким образом должна выполняться в системе та деятельность, в которой участвует этот объект. Вводится понятие манипуляционного контура, в рамках которого используется информация об объекте, а также связанные с ним понятия: «сведения об объекте», «свойства объекта и их значения», «состав действий, выполняемых информационной коммуникацией», «суть процесса восприятия информации как интерпретация её смысла». Рассматривается соотношение понятия «информация», определяемого разными дефинициями, с представлением о её использовании в рамках манипуляционного контура.

Ключевые слова: информация, информационная коммуникация, сигнал, данные, привлекаемая и потенциальная информация, преобразование информации, манипуляционный контур

DOI: 10.36535/0548-0027-2021-10-1

ВВЕДЕНИЕ

До сих пор, как это ни странно, не существует общепринятое, устоявшееся представление о том, что такое информация. Всплеск интереса к осмыслению,

в том числе и философскому, этого понятия возник в начале прошедшего десятилетия [1–5], но постепенно угас. Принял участие в этих обсуждениях и автор данных строк в статье «Информация и информаци-

онная коммуникация» [6], в которой была предпринята попытка не только дать определение понятия «информация», но и построить согласованную систему основных понятий (сигнал, данные, информационная коммуникация, информационный процесс, документ, знание), а также их соотношений с базовым понятием «информация» и между собой. Однако мы вынуждены признать, что у нас возникли претензии к данному нами же определению именно этого базового понятия, о которых будет сказано далее.

Мы исходим из того, что понятие информации связано с отражением реального мира и используется при обсуждении функционирования реальных систем, т. е. понятие «информация» неразрывно связано с понятием «система» (но не наоборот). Таким образом, мы придерживаемся взглядов сторонников функциональной концепции, считающих, что информация не есть атрибут, присущий всем без исключения материальным объектам (атрибутивная концепция), что понятие «информация» возникает в связи с обсуждением функционирования высокоорганизованных систем, уровень сложности которых таков, что они способны к целенаправленным действиям. Такая сложность обнаруживается у систем – живых организмов.

Деятельность систем *неживой* природы может рассматриваться без привлечения понятия информации. А.В. Соколов пишет, что на страницах научно-мировоззренческих книг Стивена Хокинга он не обнаружил понятия информации. «Оказалось, что о Большом взрыве, расширяющейся вселенной, черных дырах, истории времени и других фундаментальных основах Макрокосма можно компетентно рассуждать, не вспоминая об информации как необходимой составляющей физической реальности» [3, с.169]

Но когда речь идет об объяснении жизнедеятельности живых организмов, то, как отмечает Н.Н. Моисеев, это «невозможно без введения в язык термина «информация»... Только законов физики и химии для этого оказывается недостаточно... Информация нужна субъекту (организму) для возможности выбора способа действий при стремлении к достижению некоторой цели» [7, с. 47].

В настоящее время общепринято представление об информации как о чем-то двойственном, соотношенном с двумя разными явлениями (процессами): с одной стороны – это сведения о чем-то, результат отражения (образ) этого «чего-то», а с другой стороны – это нечто, используемое некой системой для влияния на ход ее деятельности, значимое для нее в смысле некоторого критерия. Еще в определении Н. Винера: «Информация – это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств» [8] – указаны и отражение внешнего мира, и приспособление к нему. То же есть и в определении, данном в ГОСТ 7.0-99 «Информационно-библиотечная деятельность. Термины и определения» [9]: «Информация – сведения, *воспринимаемые* человеком и (или) специальными устройствами как *отражение* фактов материального или духовного мира в процессе коммуникации» (курсив наш Л.Х.). А в [10, с. 258] отмечается: «Сущность сигнала не в

его физико-химических свойствах, а в том, *что* его вызвало и *для чего* он предназначен; эти «что» и «для чего» и есть содержание сигнала, т.е. информация в собственном смысле слова».

Однако в этих определениях не конкретизирована суть (характер) связи между «что вызвало» сигнал и «для чего он предназначен», между «отражением фактов материального или духовного мира» и «восприятием мира человеком или устройствами», неясно, в чем заключается «значимость» сведений для системы.

В настоящей статье предлагается дефиниция понятия «информация», имеющая широкую область применения, вводящая довольно простое, но конструктивное представление об этом понятии, указывающая критерий, связывающий представление о том, «что обозначает» информация и «для чего» она используется. Прежде, чем сформулировать эту дефиницию, необходимо обсудить ряд связанных с ней понятий.

Некоторые из этих понятий рассматривались в [6], но в настоящей работе мы возвращаемся к обсуждению этих понятий, так как их рассмотрение производится под несколько другим углом в связи с изменением подходов к определению понятия «информация».

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, РЕСУРСЫ, ИНФОРМАЦИЯ

Ресурсы и деятельность систем с целенаправленной деятельностью

Как предполагает Н.Н. Моисеев, однажды в Универсуме произошла грандиозная бифуркация. В результате действия механизмов самоорганизации в процессе непрерывного усложнения системы организации косного вещества возникла качественно новая форма организации материи, которую В.И. Вернадский назвал живым веществом. Важнейшей особенностью этой новой формы оказалась способность выполнять целенаправленную деятельность.

Целенаправленность деятельности системы заключается в том, что в ответ на внешние воздействия система выполняет некие действия, соответствующие ее функциональному назначению и необходимые для достижения поставленной ей цели. Эти действия состоят в том, что элементы внешней системы (внешней среды) оказывают воздействие на внутренние элементы системы или другие элементы внешней среды и «вещественно-энергетически», в соответствии с законами физики и химии, влияют на исполнение этих действий. Участвующие в этих действиях элементы могут играть роль как «рабочего тела», так и «внешней среды». Например, в деятельности некой системы «вода» может выступать в качестве «рабочего тела», а «степень нагретости среды» в соответствии с физическими законами может влиять на агрегатное состояние, в котором находится эта вода. В разных агрегатных состояниях система достигает цели по-разному (чтобы утолить жажду человек может или пить воду, или сосать льдинку).

Все те сущности, которые *участвуют* в «вещественно-энергетической» реализации функционального предназначения системы, выступающие как в роли «рабочего тела», так и в роли «внешней среды», будем далее называть «ресурсами». И в какой бы роли в деятельности системы ни участвовал ресурс, бу-

дем говорить, что система *манипулирует ресурсом*. Например, исполнение решения о том, что если холодно, то следует надеть пальто, – это манипулирование не только одеждой, но и внешней средой. А ситуация «она манипулирует им» истолковывается так, что он и она образуют систему, которая манипулирует и им, и ею.

Результаты манипулирования ресурсами зависят от конкретных свойств этих ресурсов, от того, каковы их «вещественно-энергетические» характеристики. Если в системе не предусмотрены возможности влиять на ход манипулирования ресурсами, то результаты деятельности такой системы определяются тем, каким сложилось сочетание свойств вовлеченных ресурсов. И различие возможных результатов, их разброс могут быть весьма значительными.

Если же система способна реализовывать целенаправленную деятельность, то различные сочетания свойств ресурсов могут вызывать в ней выполнение различных вариантов деятельности. (Говорят, что причинный эффект в системе определяется факторами «физической причинности» [2, с. 86]). Однако, чтобы выбрать необходимый вариант деятельности, система должна заранее, до начала реализации взаимодействия ресурсов (или реализации очередного шага взаимодействия ресурсов), т.е. до начала действия факторов «физической причинности», понять, каковы характеристики ресурсов и какому варианту деятельности они соответствуют.

Природа нашла удивительный способ эффективной и экономной организации таких систем в виде их умения реагировать не на сами физические свойства ресурсов, а на свойства «сообщений» об этих свойствах. (Т.е. произошло замещение «физической причинности» «информационной причинностью».)

В системах, способных осуществлять целенаправленную деятельность, кроме исполнительной подсистемы, реализующей собственно манипулирование ресурсами, возникла подсистема (которую одни авторы называют управляющей, другие – информационной), определяющая, какой именно вариант действий следует применить. Мы предпочитаем использовать термин «управляющая подсистема», оставив термин «информационная система» для других ситуаций. На решение управляющей подсистемы влияют не непосредственно свойства ресурсов, а свойства действующего на элементы управления некоего особого, дополнительного *управляющего* воздействия внешней среды, обычно это воздействие называют сигналом.

Характеристики управляющего воздействия (сигнала) определяются текущим состоянием внешней среды (внешней системы) и изменяются в зависимости от перемен в состоянии среды. В то же время деятельность системы есть манипулирование некоторыми ресурсами (компонентами среды). Какова же взаимосвязь между свойствами этих ресурсов и теми характеристиками состояния внешней среды, которые выполняют роль управляющего воздействия? Тот факт, что некоторое состояние управляющего воздействия устойчиво приводит к выбору определенного варианта реализации деятельности системы, означает, что это состояние управляющего воздействия соответствует определенному значению неко-

торого свойства какого-то ресурса (или нескольких ресурсов). Следовательно, между свойствами управляющего воздействия и свойствами этого ресурса существует некое соответствие, корреляция. Таким образом, значение свойства управляющего воздействия отражает значение некоего свойства ресурса, выступает в качестве знака, обозначающего это значение. И система, анализируя этот знак, выбирая вариант деятельности, соответствующий значению знака, на самом деле выбирает вариант деятельности, соответствующий значению вещественно-энергетического свойства ресурса.

В [7, с. 52] Н.Н. Моисеев отмечает: «Субъект обладает системой рецепторов, способных принять сигнал. Вот их действия и могут быть описаны на языке физики и химии. Но дальше начинается уже малопонятное: организм способен к селекции сигналов, выделению того, что ему «интересно», и игнорированию сигналов, несущих сведения, не влияющие на характер его жизнедеятельности». Видимо, эта селекция сигналов и определяется тем, скоррелирован ли сигнал с каким-либо из ресурсов, которыми манипулирует субъект.

Управляющее воздействие выступает как некий сигнал, материальный процесс, «вещественно-энергетические» свойства которого воздействуют на рецепторы системы. Рецепторы реагируют на эти характеристики сигнала, преобразуют их, а результаты преобразования управляющая подсистема истолковывает семиотически как знаки, обозначающие значения свойств ресурсов, которыми манипулирует система.

Исходя из вышеизложенного, назовем *системой с целенаправленной деятельностью* такую достаточно высокоорганизованную систему, которая в стремлении к достижению некоторой цели может выбирать тот или иной способ действий. К таким системам относятся как системы, участвующие в процессах жизнедеятельности организмов, в психической деятельности человека, так и системы, искусственно сконструированные человеком, а также системы духовной и социальной деятельности человека. Отметим, что и подсистемы таких систем могут быть системами с целенаправленной деятельностью.

Далее по тексту, если не оговорено противное, слово «система» будет означать «система с целенаправленной деятельностью».

Пусть S – система с целенаправленной деятельностью. Она может манипулировать множеством разнообразных объектов (ресурсов). Выделим из этого множества один из ресурсов, обозначим его через A . Результатом манипулирования этим объектом (обозначим его C) является либо некий новый объект, либо тот же объект A с измененными характеристиками. Таким образом, с «ресурсной» точки зрения, деятельность системы S относительно объекта A может быть представлена формулой $C = F(A)$.

Как было указано выше, система, манипулирующая ресурсом, может получать управляющие воздействия, поставляющие информацию об этом ресурсе. Таким образом, система S получает два входа от объекта A : один обеспечивает непосредственное взаимодействие с этим объектом как с ресурсом, второй обеспечивает опосредованное взаимодействие с этим

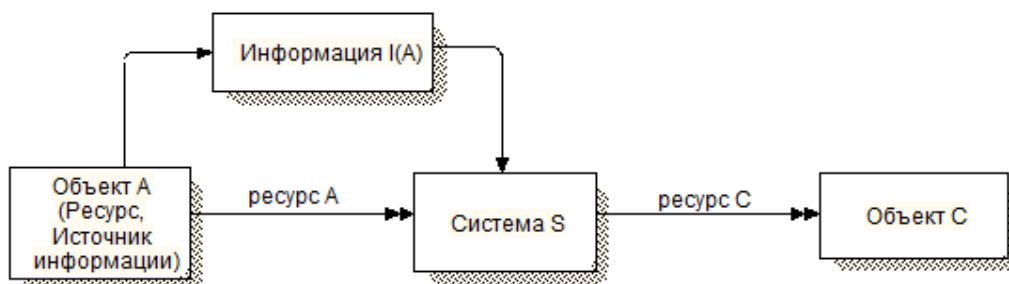


Рис. 1. Схема деятельности системы S по манипулированию одним ресурсом

объектом через использование информации о нем. Это может быть представлено в виде формулы: $C = F(A, I(A))$, где $I(A)$ – информация об объекте A . Деятельность же системы S предстает состоящей из двух компонентов: основная деятельность (обработка ресурсов) и информационная (использование информации). Этому соответствует приведенная на рис. 1 схема, в которой отображено наличие двух входов в систему: ресурсного и информационного.

Управляющее воздействие можно было бы считать еще одним ресурсом, которым манипулирует система. Но мы предпочитаем подчеркивать особенность такого «ресурса», во-первых, потому, что он выступает не как самостоятельный «участник» манипуляций, а как некая «добавка» к какому-либо ресурсу, «законно» участвующему в манипуляциях системы, во-вторых, потому, что ресурсами манипулирует исполнительная подсистема, а управляющее воздействие – это ресурс, которым манипулирует управляющая подсистема системы с целенаправленной деятельностью.

Для того, чтобы обозначить «нечто» (в материальной или воображаемой реальности), будем использовать термин «сущность», под которым мы понимаем или *объекты* – сущности устойчивого существования (вещи, мысленные образы вещей), свойства которых обладают некоторой (реальной или мыслимой) статичностью, т.е. неизменностью значений в течение какого-то времени после изменения, или *процессы* – сущности с динамическими свойствами (параметрами), значения которых постоянно меняются во времени. *Отношение* между двумя сущностями также может пониматься как сущность.

Далее сформулируем предварительное, интуитивно понятное определение информации. Аккуратное определение отдельных терминов, их обсуждение и объяснение составят дальнейшее содержание данной статьи и позволят далее уточнить предлагаемое определение.

Информация и манипуляционный контур

Представление об информации неразрывно связано с представлением о её использовании системами с целенаправленной деятельностью. Система не может использовать «информацию вообще», ей необходима информация о чем-то определенном, о сущностях, которыми она манипулирует. «Любой акт сознания интенционален, это всегда *информация о чем-то*» [11,

с. 131]. Поэтому здесь мы даем дефиницию понятия не «информация вообще», а «информация о сущности».

Определение О1-1. *Информация о некоторой сущности – это сведения об этой сущности, привлекаемые некой системой для влияния на ход той ее деятельности, в которой участвует эта сущность.*

С учетом приведенной выше терминологии, это определение может быть сформулировано (перефразировано) в виде:

Определение О1-2. *Информация о некоторой сущности – это сведения об этой сущности, привлекаемые некой системой с целенаправленной деятельностью для влияния на ход ее деятельности по манипулированию этой сущностью.*

Выше мы отмечали, что в дефинициях понятия «информация» не конкретизирована суть связи между тем, «что вызвало» сигнал и «для чего он предназначен», между «отражением фактов материального или духовного мира» и «восприятием мира человеком или устройствами».

В нашем же определении отчетливо акцентировано: (1) понятие информации связано с представлением о некой системе; (2) информацией считаются сведения о сущности, но не любые, а (3) *только те*, которые влияют на ход деятельности системы, манипулирующей именно этой сущностью.

Такое утверждение оказалось возможным сформулировать потому, что мы обсуждаем не «информацию вообще», а «информацию о сущности». Поэтому возникает возможность рассматривать информацию не как некие сведения, «почему-то» поступающие в систему из внешнего мира, «значимые в смысле некоторого критерия», а как такие сведения о сущности, которые необходимы системе для влияния на деятельность, в которой используется (участвует) именно эта сущность.

Приведенное определение указывает, каково видовое отличие понятия «информация» от понятия «сведения», какие именно сведения могут считаться информацией: те, которые влияют на ход деятельности системы. Например, если подсистема человека «корректировка внутренней модели внешнего мира» получает из внешнего мира некую новость, то она осмысливает эти сведения, определяет, что в них является новым по отношению к имеющейся модели внешнего мира, и выполняет деятельность по коррек-

тировке внутренней модели с учетом этих новых сведений, как раз и представляющих собой информацию. Если же эта система повторно получает ту же новость, те же сведения, то в них уже не обнаруживается ничего нового, поэтому не требуется выполнение деятельности по корректировке, т.е. теперь с точки зрения этой системы сведения не содержат никакой информации.

Система *S* может манипулировать несколькими ресурсами, однако вышеприведенные рассуждения позволяют выделить некую принципиальную схему, объединяющую аспекты, связанные с манипулированием только одним ресурсом (см. рис. 1).

Назовем деятельность системы, соответствующую этой схеме, *целенаправленной манипуляцией ресурсом*, а саму схему – *манипуляционным контуром*, который содержит два маршрута, связывающие ресурс *A* и систему *S*: ресурсный и информационный.

Возможность выделить такой контур позволяет говорить о потреблении информации как о некотором конструктивно выделяемом акте, включающем ряд действий по перемещению информации от источника информации к использующей информацию системе.

Ресурсный маршрут может (не обязательно) включать промежуточные преобразования, выполняемые прежде, чем ресурсом (может быть, и в преобразованном виде) начинает манипулировать система.

Информационный маршрут, обеспечивающий доставку системе сведений о свойствах ресурса, содержит, как минимум, два преобразования, но, как правило, значительно больше. Процесс доставки сведений по этому маршруту назовем *информационной коммуникацией* (ИК).

В самом общем виде под коммуникацией понимается направленный акт передачи чего-то от одного субъекта к другому. Это «что-то» может иметь материальную форму (книга, речь, жест, милостыня, подарок и т. д.) или не иметь ее [12]. Но чаще всего понятие «коммуникация» связывают с передачей информации, с разными аспектами «коммуникативного характера» информации и т.п. Мы будем использовать термин «информационная коммуникация» только для обозначения процесса передачи информации о некой сущности, рассматриваемой как *источник информации*, к системе с целенаправленной деятельностью, которая манипулирует этой сущностью. Назовем эту систему *целевой системой* информационной коммуникации.

До сих пор неявно предполагалось, что речь идет о системах материального мира, манипулирующих материальными ресурсами. Говорилось о вещественно-энергетических характеристиках этих ресурсов, об их преобразовании в соответствии с законами физики и химии. Но при этом прилагательное *вещественно-энергетический* все время бралось в кавычки. Это объясняется тем, что, по нашему мнению, все изложенное в принципе можно отнести и к ментальным системам, манипулирующим сущностями субъективной реальности. В качестве ресурсов, которыми манипулируют такие системы, выступают ресурсы информационной природы (чувственные данные, представления, образы и другие содержания, наличие-

ствующие в уме), воплощенные в определенных мозговых нейродинамических системах, являющихся материальными носителями этой информации.

Сам мозг есть система с целенаправленной деятельностью, и его функционирование есть деятельность подсистем с целенаправленной деятельностью, в задачи которых входит, в частности, «обобщенное и целенаправленное отражение действительности, предварительное мысленное построение действий и предвидение их результатов, разумное регулирование и самоконтролирование поведения человека за счёт рефлексии» [13, с. 350].

Конечно, деятельность мозга реализуется как выполнение физических и химических процессов в рамках материальных систем, но содержание, смысл деятельности этих систем имеют информационное наполнение¹. Качественная специфика ресурсов информационной природы заключается в том, что при манипулировании ими существенны их информационные, а не вещественно-энергетические свойства; преобразуются же эти свойства в соответствии с законами логики, семиотики. Для информации, «представленной в форме человеческой субъективной реальности с ее самоотображением и самопреобразованием», характерна особая свобода движения ее содержания. Это содержание «не сковано объективными пространственно-временными рамками и наличными предметными определенностями и поэтому способно в мыслях, мечте, воображении, надежде покидать настоящее и местное, пересекая какие угодно пространственные и временные границы, конструировать «воздушные замки», небывалые вещные формы и человеческие отношения, разыгрывая в себе и с собой все новые, бесконечно разнообразные игры» [11, с. 132].

Когда речь идет о манипулировании ресурсами, имеющими информационную природу, разница между информацией, поступающей на ресурсный и на информационный входы системы, сохраняется. В этом случае будем называть: деятельность системы *S* «*преобразованием информации*»; обрабатываемую информационную сущность (ресурс *A*), поступающую на ресурсный вход системы *S*, – «*входной информацией*»; информацию, полученную в результате обработки (ресурс *C*), – «*выходной информацией*», а информацию об информационном ресурсе *A*, поступающую на информационный вход системы *S*, – «*привлекаемой информацией*».

Так, в различных автоматизированных информационных системах преобразуются ресурсы информационной природы, называемые данными, а в роли привлекаемой информации выступают сведения, называемые метаданными (или метаинформацией).

Теперь пришло время уточнить понимание некоторых понятий, связанных с рассмотрением манипуляционного контура.

¹ Например, Е.А. Плешкевич пишет: «Как известно, в основе мышления лежат физико-химические процессы, определенным образом отражающие внешний мир и состояние организма и преобразующие их на основе логических операций и интуиции с целью получения новых представлений и образов» [14].

Что такое сведения

В определении Н. Винера говорится об «обозначении содержания, полученного из внешнего мира». Удачной конкретизацией того, что же это за обозначение содержания, является данное в 1963 г. В.М. Глушковым [15, с. 36] определение, которое опирается на представления о неоднородности мира, разнообразности его проявлений, неравномерности протекания процессов: «Информация в самом общем её понимании представляет собой меру неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и во времени, меру изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы». (Отметим, что в этом определении рассматривается только аспект обозначения содержания, аспект использования не отражен вовсе.)

Естественно понимать, что неоднородности и неравномерности могут относиться к миру как материальной, так и воображаемой субъективной реальности. И поэтому определение может быть сформулировано следующим образом: «Информация в самом общем её понимании представляет собой меру неоднородности реального или воображаемого распределения материи и энергии в пространстве и во времени, меру изменений, которыми сопровождаются все процессы, протекающие в реальном или воображаемом мире».

Как рассуждать о «неоднородности распределения материи и энергии» вообще? Видимо, следует говорить о том, как *что-то* характеризуется какой-то неоднородностью (и/или неравномерностью) чего-то. В качестве этого «что-то» может выступать всякая сущность (вещь, процесс, отношение), которая рассматривается как нечто, обладающее присущими именно ему особенностями неоднородности распределения материи и энергии и неравномерности протекания неких процессов (реальными или воображаемыми).

Тогда «свойство сущности» – это некое качество, некий аспект неоднородности материи и энергии или неравномерности протекания процессов, взаимосвязей (отношений) с другими сущностями. Свойству соответствует множество возможных *вариантов его проявления*. Вариант проявления свойства – это вариант реализации соответствующего качества, степень выраженности некой характеристики неоднородности/неравномерности.

Множество вариантов проявления может быть дискретным (три цвета светофора, фотографии в альбоме) или непрерывным (любая длина в промежутке от 2 м до 4,5 м, любой прямоугольник с площадью от 4 м² до 25 м²).

Сам вариант проявления свойства может представляться единичным значением (имя сотрудника, размеры фотографии сотрудника) или совокупностью (структурированной) каких-то значений (для электронной фотографии – конечная совокупность пикселей на экране или байтов в памяти).

Вариант проявления свойства далее будем называть «проявлением свойства» или «значением свойства», а результат «называния» этого варианта – «обозначением» значения свойства. Таких результа-

тов называния может быть несколько. Так, существует только три варианта цвета сигнала светофора. Однако их обозначениями могут быть «красный», «желтый», «зеленый» или «red», «yellow», «green» и т.п.

Сочетание проявлений свойств, присущих конкретной сущности и образующих её своеобразие, называют её *разнообразием*.

Словосочетание «мера неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и во времени» из определения В.М. Глушкова можно приблизительно истолковывать как «обозначение некоторой совокупности проявлений свойств, характеризующих некую сущность». Для каждого *проявления свойства* в качестве меры неоднородности/неравномерности выступает триада обозначений (*обозначение сущности, обозначение ее свойства, обозначение варианта проявления этого свойства*) как характеристика этой самой неоднородности/неравномерности. Обозначение сущности и обозначение (название) свойства могут быть явными или неявными, следующими из контекста. В качестве обозначения варианта проявления свойства могут выступать точные значения некоторых свойств: «Форма – шар; диаметр – 8,43 см.», или приближенные значения: «Шарообразный предмет размером с крупное яблоко», «Вероятность передачи *i*-того символа равна *p*», или описательные: «В багрец и золото одетые леса».

Моделью для вышеназванной триады обозначений зачастую может успешно служить высказывание вида: «У сущности *A* свойство *a* имеет значение *α*», которое назовем элементарным сообщением. «Элементарное сообщение» может быть не таким уж элементарным, так как в роли значения какого либо свойства могут выступать сложные, составные совокупности значений. Так, «значением» свойства «описание состава, строения и закономерностей развития Земли» является все содержание науки «Геология».

Конечно, применимость предлагаемой модели далеко не всегда очевидна. Как, например, этой «алгеброй поверить гармонию», как обозначить свойства музыкального произведения и их проявления?

Совокупность обозначения сущности, обозначения ее свойства и обозначения (точного, приближенного, описательного) значения этого свойства – это и есть по сути то, что называется «сведения» («Факты, данные, характеризующие *кого-либо, что-либо*» [16], курсив – Л.Х.). Можно дать следующую дефиницию понятия «сведения».

Определение О2. Сведения о свойствах реальной или воображаемой сущности – это мера, описание, обозначение присущих данной сущности особенностей неоднородности реального или воображаемого распределения материи и энергии в пространстве и во времени и/или неравномерности протекания процессов в реальном или воображаемом мире.

И тогда определение В.М. Глушкова превращается в утверждение: «Информация о сущности – это сведения о ее свойствах».

Некоторыми сторонниками атрибутивного подхода определение В.М. Глушкова используется несколько своеобразно. Так, в [5, с. 11] К.К. Колин и А.Д. Урсул дают определение: «Информация – объек-

тивное свойство реальности, которое проявляется в неоднородном (асимметричном) распределении материи и энергии в пространстве и времени, неравномерности протекания процессов на всех уровнях эволюции материи», в котором фактически те же слова, что и в определении В.М. Глушкова, но, к сожалению, отсутствует слово «мера». Однако это слово – ключевое.

По нашему мнению, объективным свойством реальности является сам тот факт, что материя и энергия распределены в пространстве и времени неоднородно, что процессы протекают неравномерно. А информация – это *мера, отражение, описание* этой неоднородности и неравномерности. (У Н. Винера информация – это *обозначение* содержания, у В.М. Глушкова – *мера* неоднородности и неравномерности).

Значения свойств

Информация о сущности – это совокупность сведений о присущих сущности значениях (проявлениях) ее свойств. Как проявляются эти значения? Философский энциклопедический словарь указывает: «Между объектами реального мира постоянно осуществляются различные взаимодействия; только во взаимодействии с другими объектами могут проявиться и быть познанными свойства объекта» [18]. Таким образом, мера степени проявления свойств сущности определяется в результате ее взаимодействия с другими сущностями.

В ходе *взаимодействия* сущностей *A* и *B* в зависимости от значений свойств сущности *A* происходит изменение некоторых вещественно-энергетических характеристик свойств сущности *B*. Конечно, при этом взаимодействии может происходить изменение и характеристик сущности *A*, но коммуникация есть процесс направленный, и потому будем рассматривать только изменения, исходящие от источника *A* и вызывающие изменение сущности *B*, т.е. о *воздействии* сущности *A* на сущность *B*.

Изменения характеристик свойств сущности *B* *отражают* состояние сущности *A*. Как отмечается в [19], *отражение* «выражается в том, что из всего содержания взаимодействия выделяется лишь то, что в одной системе появляется в результате воздействия другой системы и соответствует (тождественно, изоили гомоморфно) этой последней».

Пусть α – значение (вариант проявления) какого-то свойства a сущности *A*, и в результате его воздействия на сущность *B* изменилось значение какого-то свойства b сущности *B*. Вариант проявления этого свойства β – это отражение свойства сущности *A* в сущности *B*. Его можно рассматривать как обозначение проявления этого свойства, как знак, сопоставленный в свойствах сущности *B* соответствующему свойству сущности *A*, т.е. сам по себе *вариант проявления* β свойства b сущности *B* может пониматься как *обозначение варианта проявления* α свойства a сущности *A*. (Например, глубина опускания чашки пружинных весов есть обозначение массы взвешиваемого предмета, несколько букв на бумаге – обозначение сказанного слова, совокупность пикселей на экране – обозначение формы предмета). Но подчеркнем сразу: осознать, что проявление β некоего свойства сущности *B* есть обозначение значения какого-

то свойства сущности *A*, может только некая система с целенаправленной деятельностью, на которую воздействует сущность *B*. (Автор, как сумел, преобразовал свои мысли в настоящий текст, но воспринять этот текст как обозначение мыслей автора может только Читатель).

В свою очередь, в результате воздействия сущности *B* на третью сущность *D* варианту проявления β будет соответствовать некий вариант проявления δ , который может рассматриваться как обозначение для β и, опосредованно, для α .

Заметим, что при воздействии сущности *A* на другую сущность *E* то же самое свойство a сущности *A* с проявлением α может воздействовать на некое свойство e сущности *E*, и тогда проявление ϵ свойства e может рассматриваться как другое обозначение проявления α свойства a сущности *A*. Так, одна и та же температура тела обозначается по-разному на термометрах Цельсия и Фаренгейта.

Вариант проявления β назовем *элементом данных, отражающих свойство a в сущности *B**, а совокупность вариантов проявления всех свойств сущности *B*, выступающих в роли обозначений вариантов проявлений каких-то свойств сущности *A*, – это есть *данные, отображающие сущность *A* в сущности *B**. Если сущность *B* будет воздействовать на сущность *C*, то именно данные, т.е. варианты проявления качеств (свойств) сущности *B*, повлияют на то, какими окажутся данные в сущности *C*.

Вариант проявления может быть единичным, одномоментным, ненаблюдаемым (например, масса) или протяженным во времени (произносимая фраза) и/или в пространстве (написанная фраза, рисунок, скульптура). Кроме того, вариант проявления свойства может быть представлен как нечто неделимое (та же масса) или же как нечто, состоящее из частей, обладающее какой-то структурой. Так, проявление «мысль» преобразуется в проявление «текст», представляемый в виде последовательности «слов» или «букв».

Соответственно и данные, отображающие сущность *A* в сущности *B*, представляются как некая совокупность элементов данных, протяженная в пространстве и/или во времени. Соотношения между элементами данных определяются некой структурой данных, задаваемой порядком элементов, наличием дополнительных служебных элементов и пр. Например, в ДНК совокупность кодонов, определяющих состав и порядок синтеза белка из аминокислот, начинается со старт-кодона и завершается стоп-кодоном, сигнализирующим о прекращении синтеза. Или: совокупность из 12 чисел может быть проявлением свойства «затраты по месяцам года», здесь порядковый номер числа выступает как обозначение месяца.

Совокупность элементов данных, содержащую обозначения проявлений свойств некой сущности совместно с элементами, структурно оформляющими эту совокупность, будем называть *сообщением*.

Однако данные о свойстве – это только один компонент сведений, обозначение варианта проявления свойства. Чтобы данные могли восприниматься как сведения (информация) о чем-то, к ним необходимо добавить указания о том, проявлением какого свой-

ства какой сущности является этот вариант. (Например, фраза «37 градусов» – это неопределенные данные, пока к ним не будет добавлено, что это температура пациента Иванова или угол отклонения стрелки компаса). Такие указания могут отображаться как данными, входящим в состав рассматриваемого сообщения, так и данными из других сообщений.

В полноценные сведения данные превращаются в процессе их осознания, т. е. восприятия системой с целенаправленной деятельностью, это она должна суметь «понять» какие свойства какой сущности представляются (отображаются) этими данными.

«Понимание» того, проявлением какого свойства являются воспринимаемые данные, в самых простых системах определяется тем, что органы восприятия (рецепторы) реагируют только на конкретный вид раздражителя – электромагнитные колебания, давление, температуру, pH, pCO₂ и т.д. А понимание того, к какой сущности относятся эти данные, определяется неким «контекстом», их окружением: знанием структуры данных, или наличием «дополнительных» данных, о других свойствах, позволяющих определить «направление», откуда приходит сигнал (орган зрения уже определил объект, выступающий в роли источника шума, а затем орган слуха воспринимает исходящий от него звук). В развитых системах умение выявить структуру и суть сообщения заложено в модели самой воспринимающей системы.

Сообщение может содержать элементы, структурно оформляющие данные, а может и не содержать. Но сведения о структуре данных тогда должны быть в других информационных компонентах. Так, по отношению к вышеприведенному примеру с 12-ю значениями затрат, где-то (в какой-то инструкции, в правилах реализации реляционной модели базы данных и т.п.) должно быть указано и то, что порядковый номер обозначает номер месяца, и то, каким образом следует вычислять этот порядковый номер.

Итак, для обозначения результатов отражения свойств одной сущности (источника информации А) в свойствах другой сущности (В) возникли три термина: данные, сведения, информация.

Данные – это проявления свойств сущности В, материальная фиксация информации о свойствах сущности А. Восприятие всяких данных осуществляется какой-либо системой с целенаправленной деятельностью, получающей сведения о данных в виде сообщения вида «У сущности В свойство *b* имеет значение β ». Например, «у ожога цвет розовый». Сведения об источнике информации А – это образ, сообщение о свойствах сущности А, отображенных в свойствах сущности В, истолковываемое той же или другой системой: «У сущности А свойство *a* имеет такое значение, что у сущности В свойство *b* имеет значение β ». Например, «температура утюга такова, что ожог имеет розовый цвет». (А для того, чтобы из этого сообщения вытекало, что утюг умеренно горячий, необходимо иметь дополнительные сведения (информацию) о соответствии характеристик утюга и ожога). Сведения будут считаться информацией только если это образ тех свойств сущности, проявления которых влияют на ход деятельности системы по манипулированию этой сущностью. Например, на

принятие решения о том, хватать утюг голыми руками или нет.

Однако в обыденной практике обычно не акцентируется внимание на указанных различиях понятий, а, как правило, используется только термин «информация».

Так, сущности В фактически присущи *данные*, т.е. варианты проявления её свойств, (правда, зависящие от того, каковы варианты проявления свойств сущности А). Однако принято говорить: «Сущность В содержит *сведения* о сущности А» или «Сущность В несет (или содержит) *информацию* о сущности А». А сама сущность В называется *носителем информации*.

При рассмотрении информационной коммуникации воздействие источника информации А на сущность В рассматривается как *генерация* информации о сущности А, а выполнение воздействия сущности В на сущность С, в результате которого на основе свойств сущности В, отражающих информацию о сущности А, *порождаются, создаются, изменяются* проявления свойств сущности С, принято называть *передачей информации* об А от В к С. Отметим, что в такой терминологической практике (которую используем и мы) наличествует неточное (метонимическое) словоупотребление: на самом деле происходит не *передача* чего-то от В к С, а *порождение* или *изменение* проявлений свойств С в результате воздействия В на С.

Само воздействие сущности В на сущность С, в результате которого проявлениям свойств сущности В сопоставляются проявления свойств сущности С, называют *преобразованием* информации.

Информация и информационная коммуникация

Пусть в некоторой информационной коммуникации сущность А есть источник информации, система S – ее получатель. Реализация ИК происходит как выполнение последовательности воздействий: А воздействует на некую сущность В₁, В₁ на В₂ и т.д. Тогда схема ИК выглядит как $A \rightarrow B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow \dots \rightarrow B_n \rightarrow S$. Здесь В_k (k=1,2,...,n) – это промежуточные сущности (носители информации), участвующие в процессе передачи информации, стрелка обозначает преобразование информации на одном шаге (воздействие одной сущности на другую).

Проявления некоторых свойств сущности В₁ выступают в роли обозначений проявлений каких-то свойств источника информации сущности А. Структурированная совокупность всех таких проявлений свойств сущности В₁ – это *сообщение* об А в В₁. Обозначим его как I₁(А). Аналогично, совокупность проявлений тех свойств сущности В₂, обозначающих проявления тех свойств сущности В₁, которые входят в это сообщение, назовем сообщением о В₁ в В₂. Но эту же совокупность обозначений можно рассматривать и как сообщение об А в В₂, т.е. I₂(А). Тогда схема информационной коммуникации может быть представлена как $A \rightarrow I_1(A) \rightarrow I_2(A) \rightarrow \dots \rightarrow I_n(A) \rightarrow S$.

Назовем сообщение ресурсом информационной природы. Тогда информационная коммуникация может рассматриваться как последовательность шагов, на каждом из которых выполняется преобразование ресурсов информационной природы I_k(А), содержа-

щих сведения об источнике информации. Отметим, что каждое сообщение $I_k(A)$, с одной стороны, отражает сведения о сущности A , а с другой (пусть и после преобразований) – оказывает воздействие на ход деятельности системы S , а потому в соответствии с определением О1 сообщение можно назвать информацией о сущности A , а преобразование ресурса информационной природы – преобразованием информации.

Таким образом, в роли информации о некоей сущности могут выступать сведения об этой сущности, представленные как результаты преобразования информации на каждом шаге ИК.

Можно указать два типа преобразования информации в информационной коммуникации.

А. Вещественно-энергетическое: взаимодействие материальных ресурсов, содержащих сообщения, происходящее в соответствии с законами физики и химии. Например, отражение поверхностью предмета падающих на него лучей, оставление следов на снегу, воздействие модулирующего сигнала на изменение параметров модулируемого несущего сигнала и т.п. Такие воздействия могут носить как детерминированный, так и стохастический характер. К преобразованиям типа **А**, в частности, могут относиться любые взаимодействия объектов неживой природы, рассматриваемые как шаги ИК. Однако при этом важны не вещественно-энергетические аспекты взаимодействия, а информационные: какие свойства одной сущности и как преобразуются в свойства другой сущности. То есть, порождение значений свойств второй сущности происходит в результате неких физико-химических воздействий свойств первой сущности, но эти результаты далее выступают как сопоставленные значениям свойств знаки. (Восприятие результатов физико-химических воздействий как знаков – это специфика систем с целенаправленной деятельностью, характерных для живой природы).

Б. Семиотическое: сопоставление проявлениям свойств одной сущности знаковых обозначений из некоторой семиотической системы. Например, сопоставление проявлению свойства некоего численного значения (измерение величин); описание наблюдаемого предмета или явления средствами естественного языка. (Преобразования типа **А** тоже могут считаться семиотическими).

Семиотическое преобразование $B \rightarrow C$ заключается в том, что проявлению свойства сущности B сопоставляется некое проявление свойства сущности C , которое рассматривается как знак (или код), в роли денотата которого выступает это проявление сущности B . Такое сопоставление может выполняться в соответствии с некоторым правилом, закономерностью, как, например, в вышеупомянутых преобразованиях по законам физики и химии. Но часто сопоставление производится конвенционально, в соответствии с некоей «договоренностью», отраженной в правилах соответствующей семиотической системы.

Правила сопоставления знака и обозначаемого им свойства могут соответствовать сознательно определенной договоренности, например, правила для знаков дорожного движения. Однако, как отмечает в [4, с. 20-21] Д.И. Дубровский, зачастую эти правила «образуются в филогенезе и онтогенезе самооргани-

зующейся системы, носят характер исторического новообразования и в этом смысле случайны», «имеют в данной самоорганизующейся системе именно такое кодовое воплощение, но в принципе могли иметь другое». «Даже генетический код не является исключением, его возникновение не было необходимым, тоже носило вероятностный, случайный характер. Еще в большей мере это присуще происхождению кодовой структуры языка (о чем свидетельствует множество разных языков)». «При этом в ходе эволюции, разумеется, отбирались более экономичные формы кодов по своей массе, энергии, пространственно-временным характеристикам».

(Именно в контексте самоорганизующегося процесса становления конкретного способа кодирования может рассматриваться определение информации, данное Г. Кастлером в [20]: «Информация есть случайный и запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных».)

В преобразованиях семиотического типа можно указать, в частности, такие виды:

- материальное, например, преобразование последовательности букв в последовательность символов азбуки Морзе и обратно; человек выполняет такое преобразование с использованием возможностей мозга, но с этим может справиться и несложная компьютерная программа;
- преобразование вещественно-энергетического воздействия в субъективные образы и состояния сознания; например, преобразование внешнего раздражения в ощущение; или – отражение читаемого текста в определенных нейродинамических системах мозга, становящихся материальными носителями этой информации;
- преобразование субъективных образов и состояний сознания в рамках деятельности сознания (воздействие ментального на ментальное); конечно, в основе этих преобразований лежат физико-химические процессы, но их суть носит информационный характер;
- воздействие ментальной причины на телесное следствие (скажем, движение руки); ментальная причина инициирует и запускает двигательную программу, моторный информационный паттерн [4].

Преобразовываемая информация может выполнять роль как обрабатываемого ресурса, так и привлекаемой информации.

Как обрабатываемый ресурс информация может подвергаться формальному или содержательному преобразованию. *Формальные преобразования* не меняют структуру сообщения, а лишь выполняют некую его «перекодировку». *Содержательное преобразование* происходит с привлечением дополнительной информации, извлекаемой из информационных баз, с изменением структуры и содержания сообщения. Как правило, такое преобразование реализуется некоей системой с целенаправленной деятельностью, в которой преобразовываемое сообщение выступает в роли входного ресурса информационной природы, а результат преобразования – в роли выходного ресурса. Содержательным преобразованием является, например, квалифицированный перевод с одного языка на другой, или совместная обработка сведений

о пенсионном законодательстве и сведений о конкретном человеке для определения размера пенсии, полагающейся этому человеку, с учетом льгот, исключений и пр.

Особым случаем преобразования информации системой с целенаправленной деятельностью является случай, когда система рассматривается не как преобразователь ресурсов, а как преобразователь входного сообщения (привлекаемой информации) в выходное сообщение, в роли которого выступают некоторые характеристики поведения этой системы. Например, вздыбленный загривок собаки говорит о появлении ее противника; или: выражение лиц истца и ответчика – сообщение об услышанном ими решении суда.

Проявление свойства сущности часто может рассматриваться как какая-то структурированная совокупность нескольких компонентов. Например, фраза естественного языка представляется как последовательность слов или букв; изображение предмета – как множество цветных точек (пикселей) принимающей изображение матрицы и т.п. Тогда воздействие структурированного проявления на следующего участника информационной коммуникации может рассматриваться как совокупность воздействий компонентов структуры. При этом могут быть важны воздействия как каждого компонента, так и совместное воздействие определенных совокупностей компонентов.

Примером такого преобразования информации является часто встречающийся в различных информационных коммуникациях типовой шаг, называемый «передача сообщения по каналам связи». Перед началом этого шага производится декомпозиция структурированного содержательного описания свойства на компоненты, которые уже могут и не иметь содержательного значения. Затем каждый компонент полученного входного сообщения кодируется – преобразуется к виду, удобному для передачи по каналу связи. Полученные результаты передачи декодируются, преобразуются в компоненты, из которых воссоздается выходное сообщение. А уже это сообщение может далее преобразовываться в некий «текст», имеющий содержательное значение.

Именно такой шаг информационной коммуникации рассматривается в знаменитой работе К. Шеннона «Математическая теория связи» [21]. При этом К. Шеннон, хотя и применяет термин «информация», но понимает ограниченность его использования в своих работах. Он отмечает: «Задача связи состоит в точном или приближенном воспроизведении в некотором месте сообщения, выбранного для передачи в другом месте. Часто сообщения имеют значение, т. е. относятся к некоторой системе, имеющей определенную физическую или умозрительную сущность, или находятся в соответствии с некоторой системой. Эти семантические аспекты связи не имеют отношения к технической стороне вопроса» [21, с. 243]. Такое отвлечение от общих «семантических аспектов» возможно потому, что с точки зрения продвижения содержательного сообщения по информационной коммуникации передача по каналу связи является только одним из шагов реализации этой ИК. В рамках этого шага сообщение предстает как более простая структура (например, дискретная совокупность

символов), и «семантические аспекты» процесса передачи заключаются только в том, чтобы создать условия для правильного воспроизведения переданного символа. (Это обеспечивается, например, помехоустойчивым кодированием и использованием избыточных разрядов для обнаружения и исправления ошибок.)

И источники, и результаты взаимодействия сущностей могут быть как объектами, так и процессами. Процесс, содержащий сведения о некоей сущности *A*, обычно называют *сигналом*. Совокупность проявлений тех свойств сигнала, которые несут информацию о свойствах сущности *A*, назовем **динамическими** (или передаваемыми) **данными**. Например, излучаемая светодифракционной электромагнитная волна – это сигнал, а длина этой волны (цвет) – это динамические данные, которые несут информацию о решении системы управления движением.

Совокупность проявлений тех свойств *объекта*, которые несут информацию о свойствах сущности *A*, назовем **статическими** (или хранимыми) **данными**. Например, это и зафиксированное предложение на естественном языке (в рукописном, печатном или электронном виде), и его отражение в нейродинамических структурах памяти человека, и фотография поверхности Луны, и последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК, и следы падения Тунгусского метеорита.

Термин «сигнал» широко используется в работах, связанных с обсуждением информации и процессов её передачи. Этот термин употребляется где-то для обозначения процесса – носителя информации, где-то – информации, переносимой носителем, где-то не акцентируется разница этих двух понятий. А иногда термин «сигнал» используется для обозначения и статических данных. Например, в [10, с. 252, 254]: «Сигнал есть модельная форма отображения ... воздействий. По форме бытия сигналов их можно подразделить на динамические и статические. Динамический сигнал есть переходной процесс, передача модели из одной подсистемы в другую. ... Статический сигнал в отличие от динамического есть нераспространяющаяся модельная структура», т. е. термин «сигнал» здесь применяется как к процессу, так и к стабильной модели, к информации как на динамических, так и на статических носителях.

Мы же предпочитаем, во-первых, подчеркнуть различие понятий «носитель информации» и «свойства носителя, несущие информацию» и, во-вторых, в качестве обобщающего термина использовать не «сигнал», а «данные»: не «динамический и статический сигналы», а «динамические и статические данные».

А теперь, после того, как мы определили все эти понятия, далее, там, где смысл ясен из контекста, нам удобнее (короче) будет употреблять термин «сигнал» то для носителя, то для динамических данных, а термин «данные» – вместо «статические данные».

Информационная коммуникация представляет собой последовательность воздействий нескольких сущностей друг на друга. Начальное воздействие оказывает источник информации. Результаты воздействий могут быть попеременно либо процессами, либо объектами, но последним в этой последовательности является воздействие сигнала на воспринимающую систему.

Восприятие информации

Последний шаг информационной коммуникации – *восприятие* информации, т. е. воздействие некоего сигнала, несущего информацию об источнике информации *A*, на получателя и *реакция получателя на этот сигнал*. Эта реакция заключается в том, что получатель (система) выбирает тот или иной вариант действий в зависимости от содержащихся в сигнале сведений об источнике информации.

Можно представить «исполнительное тело» системы как совокупность нескольких блоков, способных выполнять те или иные действия по манипулированию ресурсами. Управляющую подсистему представим как систему, которая содержит некую внутреннюю модель внешнего мира и модель деятельности системы и выстраивает варианты выполнения этой деятельности за счет привлечения различных блоков и определения порядка их выполнения. Решение о том, какие из этих блоков и в каком порядке выполняют деятельность системы в конкретном случае, управляющая подсистема принимает на основе анализа внешних управляющих воздействий (привлекаемой информации о ресурсах, подвергаемых манипуляциям системы) и сопоставления их с внутренней моделью деятельности.

В соответствии с этим привлекаемая информация может рассматриваться и как описание свойств обрабатываемой сущности, и как задание на выполнение деятельности системой, как некая инструкция или внешняя модель этой деятельности. «Сигнал есть модель и в смысле отображения события, его вызвавшего, и в смысле плана события, которое он вызовет. Сигнал органически воплощает в себе отображение и предуготовленное им действие» [10, с. 252].

Сигнал (точнее, его свойства) *объективно* отображает свойства обрабатываемой сущности, но «предуготовленность задаваемого им действия», реакция системы всегда *субъективна*, определяется не только тем, что отображает сигнал, но и тем, какова внутренняя модель внешнего мира и деятельности принимающей сигнал системы. Один и тот же возглас «Пожар!» «предуготовливает» весьма различные действия зеваки и пожарного. Отметим, что внутренняя модель системы и ее деятельности включает как описание «структуры» действий, так и совокупность описаний среды, ситуаций, знаний, хранимых (накопленных) во внутренней информационной базе системы. Поэтому тот же самый возглас вызовет неодинаковую реакцию у начинающего и у опытного пожарного.

Итак, привлекаемая информация есть сообщение, воздействующее на деятельность некой системы с целенаправленной деятельностью, а восприятие этой информации (построение варианта реализации этой деятельности) представляет собой субъективную *интерпретацию* сообщения, выявление его *смысла*.

Как отмечается в Кратком психологическом словаре [22], существует два толкования термина «смысл»:

- 1) суть, главное, основное содержание (иногда скрытое) в явлении, сообщении, или поведении;
- 2) личностная значимость тех или иных явлений, сообщений или действий, их отношение к интересам,

потребностям и жизненному контексту в целом конкретного субъекта.

Оба эти толкования могут быть привлечены для прояснения сути двух основных аспектов деятельности управляющей подсистемы системы с целенаправленной деятельностью.

Во-первых, подсистема должна выявить содержание сообщения, поступающего в систему с сигналом, понять смысл того, что обозначает сообщение (первое толкование термина «смысл»). Необходимо «опознать» информацию, установить, что сведения, содержащиеся во входном сигнале, каким-то образом характеризуют свойства ресурсов, которыми манипулирует система. При этом сначала подсистема опознает в поступающих с сигналом динамических данных сообщение «Свойство *b* сигнала *B* имеет значение β », а затем выясняет, что это сообщение должно быть «опознано» как сообщение «Свойство *a* ресурса *A* имеет значение α ». Для решения этой задачи, при необходимости, должно выполняться содержательное преобразование поступившей информации совместно с информацией, накопленной во внутренней информационной базе системы, а, быть может, и во внешних информационных базах. «Глубина опознания» может быть разной. Например, если значение сигнала β является условным знаком, соответствующим некой ситуации, то реакция системы может определяться сразу, но в других случаях ей приходится сначала определять значение свойства источника информации α а уже потом реагировать на это значение. Например, водителю достаточно увидеть красный сигнал светофора, чтобы остановиться, но если этот сигнал долго не меняется, то приходится выяснять, не испортился ли светофор и/или какова ситуация на перекрестке.

Во-вторых, управляющая подсистема должна «осознать» содержание опознанного сообщения, т. е. проанализировать это содержание, воспринять его как некоторую инструкцию и сформировать конкретный вариант реализации деятельности системы. Именно влияние сообщения на процесс формирования варианта деятельности и есть интерпретация сообщения, проявление его значимости для системы, т. е. проявление смысла сообщения (во втором толковании).

В деятельности различных воспринимающих систем по-разному проявляется значимость аспектов опознания и осознания. Одним из вариантов деятельности воспринимающей системы может быть деятельность в рамках только первого аспекта: выявление того, что содержание сообщения, которое несет сигнал, соответствует описанию свойств некоего ресурса, структурирование, классифицирование и занесение соответствующих сведений в информационную базу системы.

Значимость же второго аспекта, использование информации как инструкции, явственно выступает в применении к генетической информации. Носитель генетической информации – это молекула ДНК, а статические данные, зафиксированные на ней – последовательность нуклеотидов. Эта информация определяет деятельность по «выращиванию» разных клеток развивающегося организма. Само «выращивание», синтез различных белков, т. е. манипулирование веществен-

ными и энергетическими ресурсами, выполняется биологическими процессами, включающими химические, физико-химические и электро-химические реакции, но состав и порядок этих действий определяются последовательностью нуклеотидов, поставляемых скопированной с ДНК матричной РНК.

«Инструктивность» понятия «информация» ярко отражена в определении, данном В.И. Корогодиным в [23]. Он отмечает, что «живое – это совокупность объектов, способных совершать целенаправленные действия, конечная цель которых – самовоспроизведение» [23, с. 34], и вводит понятие «оператор» – механизм, который осуществляет целенаправленные действия.² А далее определяет информацию следующим образом: «Совокупность приемов, правил или сведений, необходимых для построения оператора, будем называть информацией» [23, с. 37].

Режимы реализации информационной коммуникации

Как отмечается в работе [6] информационная коммуникация может реализовываться либо в режиме *непосредственного общения* (синхронно), когда сведения от источника немедленно передаются получателю (выскачка молнии, сигнал светофора, речь, танец и пр.), либо в режиме *отложенного общения* (диахронно), состоящем из двух этапов: на первом – сведения об источнике фиксируются в виде данных на материальном объекте, а затем, через неопределенный отрезок времени на втором этапе происходит получение и восприятие этих сведений получателем.

Непосредственное общение возникает либо по инициативе источника (выскачка молнии, смена цвета светофора), либо по инициативе получателя в ответ на его запрос.

Первый этап информационной коммуникации, реализуемой в режиме **отложенного общения**, назовем *этапом отражения*, а второй – *этапом восприятия*. Этап отражения выполняется независимо от инициативы получателя, либо по инициативе источника информации, либо непреднамеренно (следы на снегу). Через некоторое время зафиксированные сведения могут быть извлечены по запросу и восприняты по инициативе какого-либо получателя. Может оказаться, что результаты первого этапа никогда не будут востребованы никаким получателем, т.е. первый этап информационной коммуникации так и не перерастет в полноценную коммуникацию. Но часто одни и те же данные используются многократно и по-разному одним и тем же или разными получателями, т.е. одна операция фиксации сведений об одном источнике впоследствии может рассматриваться как отражение этого источника во многих конкретных информационных коммуникациях.

Мы уже приводили схему информационной коммуникации в виде $A \rightarrow B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow \dots \rightarrow B_n \rightarrow S$. Вообще говоря, любая сущность B_k может выполнять

роль результата этапа отражения при реализации ИК в режиме отложенного общения, т. е. можно представить схему ИК как состоящую из двух этапов в виде $A \rightarrow D \rightarrow S$, где в роли D может выступать любая сущность B_k (т. е. граница между этапами отражения и восприятия – понятие относительное и скользящее).

Об области применения понятия «информация»

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что в качестве информации могут выступать *только те сведения* о некоей сущности, которые, перемещаясь в процессе информационной коммуникации, доставляются системе с целенаправленной деятельностью и влияют на ход её деятельности по манипулированию этой сущностью. Получается, что текст прочитанной книги – это информация, а если книгу никто не читал – это не информация. Строго говоря, это так и есть. Но представление об отложенном режиме реализации информационной коммуникации позволяет существенно расширить область применимости понятия «информация».

Во-первых, всякая деятельность, которая завершается порождением каких-либо сведений, фиксируемых в виде статических данных, может рассматриваться как первый этап (или один из шагов первого этапа) некой *будущей информационной коммуникации* с той системой, которая захочет использовать эти данные в качестве информации об обрабатываемом ею ресурсе. Поэтому все сведения о любой сущности, зафиксированные в виде статических или динамических данных на материальном носителе, потенциально могут быть использованы в качестве информации. Следовательно, вполне допустимо называть информацией все результаты отражения свойств каких-либо сущностей. Это относится к результатам взаимодействия объектов не только живой, но и неживой материи. «Информацию несут в себе не только испещренные буквами листы книги или человеческая речь, но и солнечный свет, складки горного хребта, шум водопада, шелест листвы» [15, с. 36]. Однако необходимо помнить, что эти сведения – это *потенциальная* информация, смысл которой может проявиться только как субъективный результат воздействия этой информации на деятельность какой-либо системы с целенаправленной деятельностью³.

Во-вторых, реальная информационная коммуникация может содержать множество шагов преобразования информационных ресурсов, разнесенных во времени, пространстве и по исполнителям. Эти преобразования сами могут быть весьма сложной деятельностью. Например, грандиозная работа по проведению переписи населения (получение и накопление сведений по всей стране, их хранение, статистическая обработка и пр.) есть просто шаг преобразования информации в составе информационной коммуникации, доставляющей информацию о населении страны системе управления народным хозяйством.

² Мы не входим в анализ названной работы, укажем только, что под «оператором» понимаются соматические компоненты живых организмов, а также механизмы нервной системы, реализующие поведенческие реакции животных, имеющих развитую нервную систему.

³ Аналогия: яблоко безусловно есть плод, но потенциально – это еда, т. е. плод станет едой, если найдется тот, кто станет его есть.

И, в-третьих, в качестве целевой системы с целенаправленной деятельностью, завершающей информационную коммуникацию, может рассматриваться совокупность подсистем (тоже систем с целенаправленной деятельностью), деятельность которых разнесена в пространстве и во времени. Это могут быть как системы, манипулирующие вещественно-энергетическими ресурсами, так и системы, манипулирующие ресурсами информационной природы. В роли ресурсов информационной природы могут выступать как проявления свойств материальных объектов и процессов (например, текст на бумаге), так и проявления свойств нейродинамических систем, отображающих воображаемые свойства мыслимых объектов и процессов ментальной деятельности.

Так же, как и сторонники атрибутивной концепции, мы утверждаем, что понятие информации может быть связано с любой сущностью. Однако не в том смысле, что всякая сущность содержит информацию о себе, о своих свойствах. Во-первых, всякая сущность может играть роль источника информации, но информация об этой сущности содержится в проявлениях свойств другой сущности. Во-вторых, проявления свойств любой сущности могут выступать в роли обозначения свойств какой-то другой сущности, играющей роль источника информации. Таким образом, информация о некоей сущности *A* не есть атрибут, *присущий этой сущности*, она проявляется в свойствах *другой* сущности (например, *B*). Но нельзя утверждать и то, что информация об *A* есть атрибут, неотъемлемо *присущий сущности B*. Роль информации свойства сущности *B* начнут играть только в составе некоей информационной коммуникации, т. е. субъективного процесса отражения информации в целях некоей системы с целенаправленной деятельностью. Таким образом, информация может рассматриваться как атрибут, свойственный не *сущностям*, а *процессам отражения* сведений о свойствах, присущих сущностям.

Теперь можно уточнить данное ранее определение информации О1.

Определение О3-1. Информация о некоторой сущности – это сведения о свойствах этой сущности, отраженные в свойствах процессов и объектов, прямо или опосредованно взаимодействующих с нею, которые привлекаются некоей системой с целенаправленной деятельностью для влияния на ход ее деятельности по манипулированию этой сущностью.

Если же учесть, что потенциально сущность может участвовать в деятельности различных систем, то это определение может быть приведено к следующему виду:

Определение О3-2. Информация о некоторой сущности – это все сведения о её свойствах, которые прямо или опосредованно отражены в свойствах процессов и объектов, взаимодействующих с нею, и могут привлекаться системами с целенаправленной деятельностью для влияния на ход их деятельности по манипулированию этой сущностью.

ВЫВОДЫ

Основные соображения, связанные с понятием «информация»

1. Анализ процесса реализации информационной коммуникации показывает, что информация может участвовать в информационных действиях следующих типов:

- генерация информации;
- использование информации о некоей сущности для влияния на ход деятельности системы, манипулирующей этой сущностью;
- преобразование представления информации о сущностях (формальное или содержательное преобразование ресурсов информационной природы).

Шагами преобразования представления информации являются все шаги этапа отражения, кроме первого (генерации), и все шаги этапа восприятия, кроме последнего (собственно восприятия).

Некоторые операции преобразования информации могут представляться как самостоятельная деятельность по содержательному преобразованию информационных ресурсов (например, уже упоминавшаяся перепись населения, деятельность информационных фондов по накоплению, аккумуляции, анализу информации). Результаты преобразования далее могут использоваться в других преобразованиях этих и других ресурсов и т.д. Для людей, выполняющих такую деятельность, она подчас представляется самодостаточной. Однако, по сути, вся эта деятельность носит вспомогательный, подготовительный характер, она предназначена для обеспечения основной деятельности – удовлетворения информационных потребностей какой-либо системы (систем).

2. Информация о сущности – это материальный образ сущности, совокупность данных, т.е. проявлений свойств некоего носителя информации, реализующихся в какой-либо материальной форме. Носителями информации могут быть как «овеществленные» объекты и процессы, так и нейродинамические структуры мозга и нервной системы.

Признание хранимых материальных образов информацией согласуется, например, с утверждением Ю.М. Лотмана: «Культура – совокупность всей ненаследственной информации, способов ее организации и хранения» [24, с. 5–6]. (Здесь следует отметить, что речь идет только об «антропоцентристской» ненаследственной информации, отражающей мир в интересах деятельности и жизнедеятельности человека. Но в эту совокупность входит как информация, накопленная и представленная в овеществленном виде вне головного мозга, так и ненаследственная информация, накапливаемая и хранимая в мозгу разных людей).

3. О связи сигналов и ресурсов. Свойства сигналов, воздействующих на систему, есть семиотическое обозначение (отображение) свойств каких-то ресурсов, которыми манипулирует эта система. Поэтому при изучении системы необходимо выполнить анализ связей между сигналами и ресурсами. Выявление этих связей есть процесс непростой и неочевидный. Укажем на некоторые аспекты выполнения такого процесса.

Если мы видим, что какой-то сигнал влияет на поведение системы, то необходимо выяснить:

- манипуляция каким ресурсом и каким образом зависит от характеристик этого сигнала;
- каковы шаги ИК, доставляющей системе сведения об этом ресурсе;
- какова связь между свойствами этого ресурса и характеристиками сигнала.

Если понятно, что в зависимости от свойств некоего ресурса система ведет себя по-разному, то следует выяснить, каким образом она получает информацию об этом ресурсе:

- что является источником информации об этом ресурсе – непосредственно сам ресурс или сведения о нем, отраженные в свойствах какой-нибудь промежуточной сущности или хранящиеся в какой-то информационной базе;
- если источником информации является информационная база, необходимо установить, достаточен ли объем сведений и достаточно ли они достоверны;
- каковы шаги ИК, доставляющей системе сведения об этом ресурсе.

Характеристики ресурса могут зависеть от полученных им ранее воздействий других сущностей. Если системе необходимо учитывать характеристики этих сущностей, то и эти сущности следует считать ресурсами, которыми манипулирует система, и привлекать информацию об этих ресурсах.

4. Различие между понятиями «информационный процесс» и «информационная коммуникация». С технологической точки зрения действия по преобразованию представления информации называются информационными процессами. В соответствии с ГОСТ Р 53114-2008 под информационными процессами понимаются получение, создание, сбор, обработка, накопление, хранение, поиск, распространение и использование информации [25]. Эти процессы в различных сочетаниях выполняются при реализации шагов ИК как на этапе отражения, так и на этапе восприятия.

5. Рассмотрим информационную коммуникацию $A \rightarrow D \rightarrow S$. В режиме отложенного общения реализация этой информационной коммуникации выполняется, вообще говоря, разными системами: первая реализует этап отражения $A \rightarrow D$, вторая – этап восприятия $D \rightarrow S$. Оба этапа включают шаги, на которых выполняется преобразование информации. С точки зрения первой системы содержательный смысл операций преобразования заключается в видоизменении описания источника информации A , в приведении его к форме, удобной для хранения, с точки зрения второй системы – в конструировании сигнала, содержание которого может выступать в роли инструкции, влияющей на ход деятельности системы S .

6. До сих пор (обсуждая, в основном, ИК и ее этап отражения) мы старались говорить о деятельности системы с целенаправленной деятельностью, сосредоточившись на целенаправленном манипулировании одним ресурсом. Но на этапе восприятия управляющая подсистема, опознав информацию об отдельных ресурсах, должна выбирать варианты деятельности, опираясь на оценку *ситуации*, характеризуемой совокупностью значений свойств различных ресурсов.

Да и «опознание» сведений об одном ресурсе может потребовать извлечения сведений о других ресурсах.

При этом у системы может возникнуть потребность в получении такой информации о каких-либо ресурсах, которая не содержится во входных сигналах. В этом случае система выдает запрос на необходимую информацию, накопленную ранее в личной информационной базе системы или во внешних общественных базах, и происходит активизация подсистем этой системы с целенаправленной деятельностью, извлекающих привлекаемую информацию из этих информационных баз. Например, пожарный, получив сигнал о пожаре на некотором объекте, из инструкции извлекает информацию о том, какие действия ему следует предпринять на данном объекте, а из личного опыта – как выполнять эти действия.

В [6, с. 11] описаны варианты возможных ситуаций, характер задач, решаемых управляющей подсистемой, и состав используемой при решении этих задач информации из информационных баз, в соответствии классификацией систем и терминологией, приведенной в [26]. В информационной базе выделяются «база данных», «база знаний», «база решений», «база абстракций и условных сигналов», которые используются для решения задач реагирования на внешние воздействия и внешние ситуации, самообучения, распознавания реального внешнего воздействия, объекта или ситуации на основе модели этой ситуации, использующей абстрактные объекты и условные сигналы.

Информация в этих «базах» или врожденная (генетически детерминированная) или накапливается в мозге конкретного существа как его *личные*, но не общественные знания. В системах со второй сигнальной системой, присущих только человеку, возможно распознавание реального внешнего воздействия, объекта или ситуации на основе сигналов, представленных в знаковой системе языка. Благодаря этому, за счет возможности накопления базы знаний и базы абстракций вне головного мозга в виде данных, происходит накопление *общественного* знания.

Сравнение с некоторыми дефинициями

В соответствии с нашими определениями полное представление об информации должно учитывать все обстоятельства её прохождения по информационному маршруту манипуляционного контура – от момента генерации до момента использования управляющей подсистемой целевой системы с целенаправленной деятельностью для выбора варианта деятельности.

Отметим, что большинство дефиниций понятия «информация» охватывает не весь контур её существования, рассматривает преобразования сведений на разных участках этого контура, что и определяет различие этих дефиниций.

Так, определение В.М. Глушкова («Информация в самом общем её понимании представляет собой меру неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и во времени, меру изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы») рассматривает информацию как результат выполнения только этапа отражения, как описание неоднородности/неравномерности внешнего мира. В определении же В.И. Корогодина («Совокупность приемов, правил или сведений, необходимых для по-

строения оператора, будем называть информацией»), напротив, информация рассматривается только как инструкция для выполнения некой деятельности на этапе восприятия.

Дефиниция Г. Кастлера «Информация есть случайный запоминаемый выбор варианта из многих возможных и равноправных» позволяет прояснить многое в процессах, происходящих на стадиях генерации и фиксации информации (см. работы Д.С. Чернавского, например [27]).

В статьях К. Шеннона и последовавших затем публикациях по «теории информации» информация рассматривается в рамках реализации шагов информационной коммуникации, реализующих передачу сведений по каналам связи.

В нашей статье [6] мы приводим определение: «Информация о некоей сущности – это сведения о ее свойствах, отраженные в свойствах материальных процессов и объектов или в реакции систем с целенаправленной деятельностью, взаимодействующих с этой сущностью прямо или опосредованно. Реакция такой системы есть субъективная интерпретация (проявление смысла) информации». Эта дефиниция по нашему замыслу должна была охватить как этап отражения, так и этап восприятия. Однако следует признать, что это не совсем получилось, потому что выражение «реакция системы с целенаправленной деятельностью на сведения о некоей сущности» может быть понято неоднозначно. Как было показано в настоящей статье, такая реакция может выполняться как в рамках промежуточного шага информационной коммуникации на этапе отражения (и тогда она рассматривается как содержательное преобразование информации), так и в рамках этапа восприятия (как использование привлекаемой информации для влияния на выбор варианта деятельности целевой системы).

Неполно контур существования информации рассматривается и в рассуждениях о семантической информации, в которых явственно прослеживается акцент на отражательные аспекты.

По определению Ю.В. Рождественского: «Все то, что создано человеческим замыслом и закреплено в знаковой форме, сохранено в ней, передано, принято, усвоено другими людьми как результат деятельности мысли, принято называть семантической информацией» [28], а А.В. Соколов определяет: «Семантическая информация – смысловое сообщение, выраженное знаками (одним знаком или их организованной последовательностью). Под смыслом сообщения понимаются знания, умения, эмоции, волевые побуж-

дения, фантазии, являющиеся продуктами индивидуальной психической деятельности, которые могут быть поняты другими людьми. Понимание – необходимое условие движения семантической информации» [3, с. 38].

Оба приведенные здесь определения указывают на понимание, усвоение – способы использования семантической информации, но прежде всего на то, *что* выражает эта информация. И потому, например, когда А.В. Соколов пишет о том, что эта информация вторична, что она есть результат ментальной деятельности по осмыслению первичной информации, поступающей из реального мира, он так представляет причинно-следственную цепочку: «Реальные объекты («жизненный мир») – Отражение – Субъективные смыслы (сознание субъекта) – Выражение – Семантическая информация (коммуникационное сообщение)» [3, с. 252]. В этой цепочке последним элементом названо коммуникационное сообщение, т.е. данные. Но данные не могут быть последним элементом информационной коммуникации, они могут быть последним элементом этапа отражения. А за этим этапом должен следовать (может быть и отнесенный во времени) этап восприятия этих данных каким-нибудь субъектом. Поэтому в эту цепочку следует включить еще два важных шага (шаги восприятия): во-первых, восприятие одним субъектом информации о реальных объектах, преобразование этой информации в субъективные смыслы в сознании этого субъекта и, во-вторых, восприятие (понимание) другим субъектом смыслов, выраженных в семантической информации.

Поэтому названная выше причинно-следственная цепочка должна включать последовательную деятельность двух систем, информацию которым доставляют две информационные коммуникации (рис. 2): ИК1 обеспечивает получение сведений о «жизненном мире», выявление их субъективных смыслов для субъекта 1 и занесение их в его сознание (источником информации является «жизненный мир»); ИК2 включает извлечение смыслов из сознания субъекта 1, преобразование их в материально выражаемую семантическую информацию и восприятие (субъективное понимание) этой информации субъектом 2 (источник информации – субъект 1). Если же субъект 2 желает оценить не только то, что сообщает ему субъект 1, но и на основании чего он это делает, то ему следует выстроить ИК3, в которой этап отражения охватывает все преобразования информации от блока 1 до блока 4.

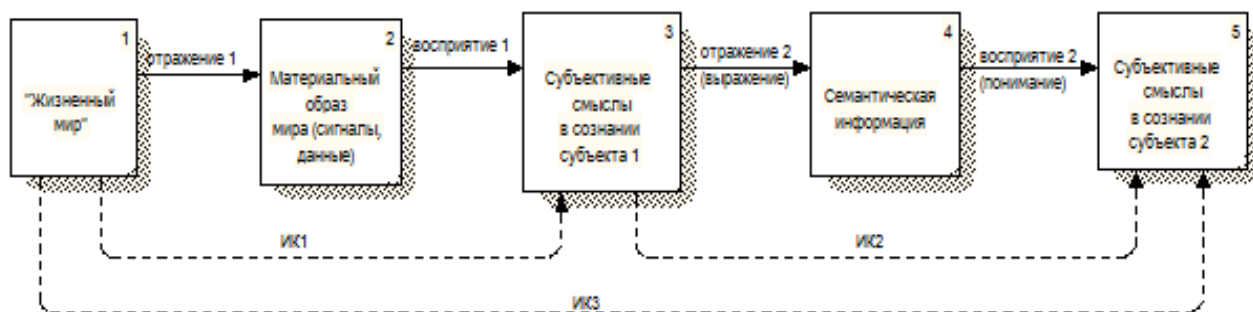


Рис. 2. Информационные коммуникации и семантическая информация

Отметим важность последнего из шагов приведенной на рис. 2 схемы (восприятие 2). А.В. Соколов определяет: «Семантическая информация – амбивалентный феномен, выражающий духовные смыслы в форме коммуникабельных социальных знаков» [3, с. 253]. Здесь явно на первый план выдвигается аспект отражения (выражения) духовных смыслов, но неявно декларируется и последующее их восприятие, так как под коммуникабельностью понимается «способность сообщения возбуждать в сознании реципиента смыслы, подобные смыслам в сознании коммуниканта» [3, с. 253]. Однако: «Нам не дано предугадать, как слово наше отзовется» (Ф. Тютчев). И поэтому выражение смыслов коммуниканта – это только потенциальная информация. А настоящую роль информации это «слово» сыграет, когда на шаге восприятия оно отзовется в сознании реципиента (и у разных реципиентов – по-разному).

В завершение – еще раз отметим аспекты двойственности понятия «информация»:

- соотнесенность с двумя разными процессами: с одной стороны, это сведения, отражающие свойства некой сущности, с другой – сведения, предопределяющие выполнение определенных действий системой, принимающей информацию;
- семиотическая двойственность сигнала: с одной стороны проявления свойств сигнала – это обозначение свойств сущности – источника информации, с другой – это обозначение варианта деятельности системы;
- два разных способа «существования» информации: потребляемая информация, сообщение, используемое управляющей подсистемой для влияния на ход деятельности системы, и потенциальная информация, результат реализации какого-либо шага информационной коммуникации, которая, может быть, будет использована какой-то системой как потребляемая информация;
- два разных вида информационной деятельности: использование информации в процессе ее восприятия системой – интерпретация смысла полученного сообщения, и использование информации при реализации шагов информационной коммуникации – формальное и содержательное преобразование информации, её представления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столяров Ю.Н. Сущность информации. – Москва: ГПНТБ России, 2000. – 107 с.
2. Информационный подход в междисциплинарной перспективе (материалы «круглого стола» // Вопросы философии. – 2010. – № 2. – С. 84-112.
3. Соколов А.В. Философия информации. – Санкт-Петербург: СПбГУКИ, 2010. – 368 с.
4. Дубровский Д.И. Проблема «Сознание и мозг» теоретическое решение. – Москва: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2015. – 208 с.
5. Колин К.К., Урсул А.Д. Информация и культура. Введение в информационную культурологию. – Москва: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2015. – 288 с.
6. Ходоровский Л.А. Информация и информационная коммуникация // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2018. – № 8. – С. 1-20; Khodorovskii L.A. Information and Information Communication // Scientific and Technical Information Processing. – 2018. – Vol. 45, № 3. – P. 135–154.
7. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. – Москва: Устойчивый мир, 2001. – 200 с.
8. Wiener N. The Human use of human beings; Cybernetics and Society. – Boston: Houghton Mifflin Company, 1950; Винер Н. Кибернетика и общество. – Москва: Изд-во «Иностранная литература», 1958.
9. ГОСТ 7.0-99. Информационно-библиотечная деятельность. Термины и определения. – 1999. – URL: https://ivo.garant.ru/#/basesearch/ГОСТ_7.0-99 (дата обращения 07.09.2021).
10. Дубровский Д.И. Психические явления и мозг. – Москва: «Наука», 1971. – 386 с.
11. Дубровский Д.И. Проблема идеального. Субъективная реальность. Второе доп. издание. – Москва: Канон+, 2002. – 368 с.
12. Соколов А.В. Общая теория социальной коммуникации: учеб. пособие. – Санкт-Петербург: Изд-во Михайлова В.А., 2002. – 461 с.
13. Спиркин А.Г. Философия: Учебник. – 2-е изд. – Москва: Гардарики, 2006. – 736 с.
14. Плешкевич Е.А. Дискуссия о природе информации и путях построения ее философской концепции (Обзор) // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2015. – № 4. – С. 14-18; Pleshkevich E.A. A Discussion of the Nature of Information and Methods of Building Its Philosophical Concept (Review) // Scientific and Technical Information Processing. – 2015. – Vol. 42, № 2. – P. 53-57.
15. Глушков В.М. Мышление и кибернетика // Вопросы философии. – 1963. – №1. – С. 36-48.
16. Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. – Москва: Русский язык, 2000.
17. Урсул А.Д. Природа информации. Философский очерк. – М.: Политиздат, 1968.
18. Философский энциклопедический словарь / гл. редакция: Л.Ф. Ильичёв, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалёв, В.Г. Панов. – Москва: Советская энциклопедия, 1983.
19. Урсул А.Д. Исследование информационных и глобальных процессов: междисциплинарные подходы и связи // Проблемы общества и политики. – 2012. – №3. – С. 154-201.
20. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. – Москва: Мир, 1967. – 91 с.
21. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27, №3. – P. 379-423; №4. – P. 623-656; Шеннон К.Э. Математическая теория связи // В кн.: Работы по теории информации и кибернетике. – Москва: Изд-во «Иностранная литература», 1963. – С. 243-332.

22. Краткий психологический словарь / сост. Л.А. Карпенко, А.В. Петровский, М.Г. Ярошевский. – Ростов-на-Дону: «ФЕНИКС», 1998.
23. Корогодин В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни. – Дубна: Издательский центр «Феникс», 2000. – 208 с.
24. Лотман Ю.М. Статьи по типологии культуры // Материалы к курсу теории литературы. – Тарту, 1970. – Вып. 1. – С. 3-11.
25. ГОСТ Р 53114-2008. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения. – 2009. – URL: <https://base.garant.ru/57969710> (дата обращения 07.09.2021).
26. Гайдес М.А. Общая теория систем (Системы и системный анализ). Изд. 2-е исправленное. – Москва: «ГЛОБУС-ПРЕСС», 2005. – 201 с.
27. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. – Москва: Либроком, 2013. – 304 с.
28. Рождественский Ю.В. Общая филология. – Москва: Фонд "Новое тысячелетие", 1996. – 326 с.

Материал поступил в редакцию 23.08.21.

Сведения об авторе

ХОДОРОВСКИЙ Леонард Абрамович – кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербург
e-mail: Lahod@mail.ru

Модели оценки защищённости сетевых информационных систем от негативных внешних воздействий

Описана структура интеллектуальной информационной системы, предназначенной для защиты сетевой информационной системы от несанкционированных внешних воздействий с помощью различных средств парирования. Представлены условия устойчивого функционирования сетевой информационной системы. Сформулирована оптимизационная задача, которая заключается в необходимости минимизировать негативное внешнее воздействие на сетевую информационную систему с помощью средств парирования, поставляемых спроектированной интеллектуальной информационной системой. Эта задача разбивается на четыре подзадачи, для решения которых созданы аналитические модели, разработаны алгоритмы и показаны два примера аналитического решения задач оптимального распределения негативных внешних воздействий по элементам сетевой информационной системы без учёта и с учётом взаимного влияния элементов системы.

Ключевые слова: интеллектуальная информационная система, сетевая информационная система, негативное внешнее воздействие, устойчивое функционирование систем, оценка защищённости, моделирование

DOI: 10.36535/0548-0027-2021-10-2

ВВЕДЕНИЕ

Несколько лет назад мы начали исследования по построению общей теории информации и единой теории информационных систем. Проанализировав описанные в литературе меры для оценки количества информации, различные трактовки терминов «информация» и «данные», обобщив и описав свойства информации, нам удалось поначалу формализовать категорию «информация» и набор её свойств, представив их в тензорном виде. Введение в рассмотрение линейных пространств векторных функций принадлежности позволило обоснованно показать, что информация является тензорной величиной. Это дало возможность понять, что теория информации может быть разработана с помощью методов тензорного анализа и теории нечётких множеств, реализуя основные операции пересечения и объединения – T -норму и T -конорму (S -норму) соответственно [1-6].

Так как информация функционирует в информационных процессах и потоках, являющихся неотъемлемой составляющей информационных систем (ИС), которые в настоящее время большей частью представляются сетевыми, особое значение приобретает

устойчивость функционирования сетевых информационных систем (СИС), причём в условиях, когда различные ресурсы этих систем подвергаются многочисленным несанкционированным внешним воздействиям (НВВ) [7-10].

СИС будет устойчиво функционировать, если соблюдаются следующие основные условия: 1) каждый информационный поток НВВ перекрыт соответствующим механизмом защиты, т. е. информационной технологией парирования НВВ; 2) надёжность (вероятность сопротивляемости) такой технологии стремится к единице, не позволяя преодолеть или обойти защиту; 3) размер ущерба, который может быть нанесён владельцу СИС в случае успеха НВВ, стремится к минимуму. Пока не известны стандартные методики реализации одновременно всех этих условий. Обычно уровень защищённости СИС определяется экспертами, которые лишь интуитивно могут учесть возможные синергетические взаимовлияния элементов СИС в процессе атаки НВВ. Однако имеются и автоматизированные системы анализа устойчивости функционирования (*security assessment systems*) или сканеры безопасности (*security scanners*).

ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Учитывая три основные категории надёжного функционирования информационных систем (эффективность, безопасность, живучесть) [11], скон-

струируем структуру интеллектуальной ИС (рис. 1), которая является подсистемой СИС, анализирует совокупность данных и её состояния, делает вывод об уровне устойчивости её функционирования и вырабатывает рекомендации по повышению устойчивости.

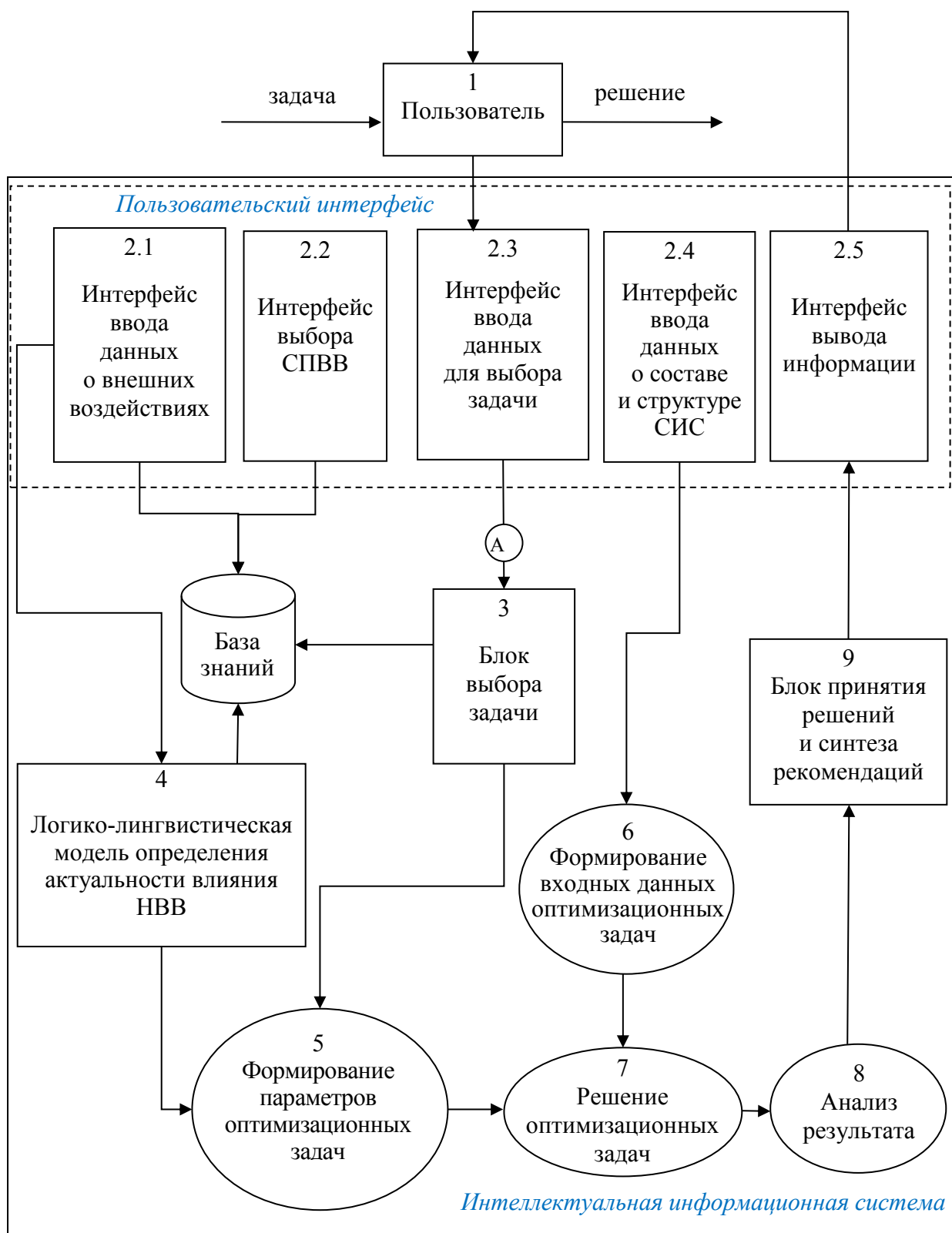


Рис. 1. Структура интеллектуальной информационной системы

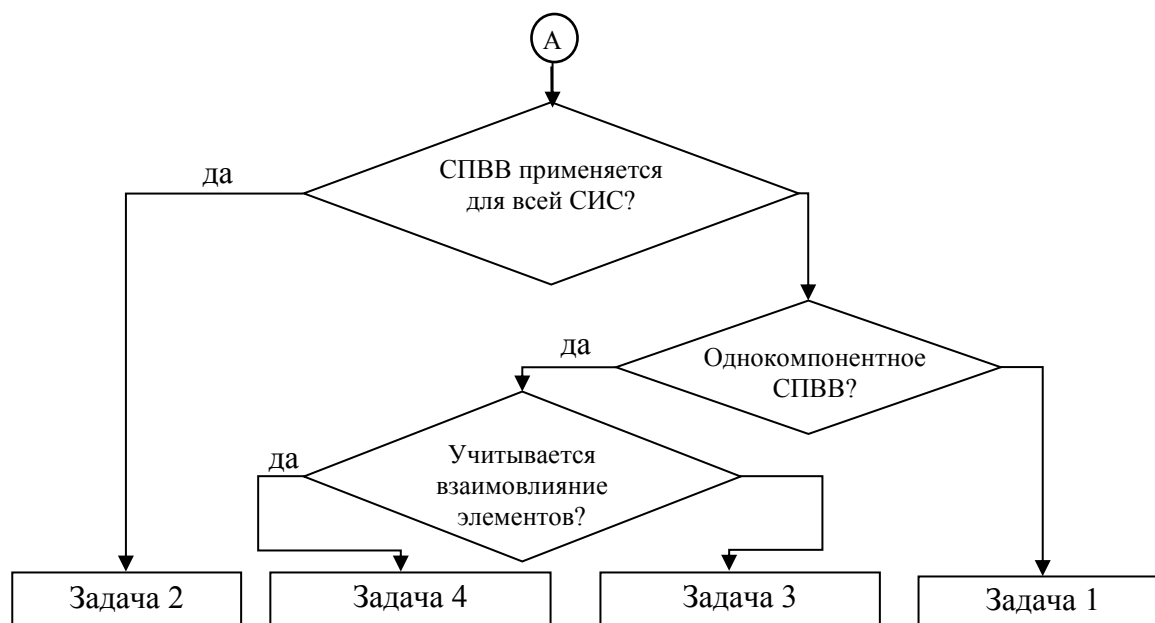


Рис. 2. Алгоритм выбора задачи распределения СПБВ в интеллектуальной ИС

Сформулируем оптимизационную задачу: имеется функционирующая СИС, на которую действуют не-санкционированные внешние воздействия. Необходимо минимизировать воздействие НВВ с помощью средств парирования внешних воздействий (СПБВ), поставляемых интеллектуальной ИС. Эта задача разбивается на четыре подзадачи:

- 1) получить оптимальное количество компонентов одного типа СПБВ для каждого элемента СИС;
- 2) получить оптимальное количество СПБВ каждого типа для полной совокупности компонентов СИС;
- 3) получить набор СПБВ, который необходимо применить против каждого из известных наборов НВВ;
- 4) выбрать элемент СИС и конкретные СПБВ, которые необходимо применить против каждого из известного набора НВВ.

Интеллектуальная ИС (см. рис. 1) функционирует следующим образом. С помощью интерфейса ввода данных (блок 2) пользователь (1) задаёт состав защищаемой СИС: количество серверов, рабочих станций и информационных подсистем. Эти данные передаются в блок 3, который выбирает одну из четырёх подзадач на основе ответов на предложенные пользователю вопросы из базы знаний.

Выбор задачи осуществляется по следующему алгоритму.

Задача 1 решается в том случае, когда необходимо определить, какое количество компонентов одного СПБВ необходимо для каждого элемента защищаемой СИС. Здесь важно распределение СПБВ по элементам СИС, когда они устанавливаются на каждый элемент СИС, а СПБВ является многокомпонентным и требуется задать распределение его компонентов по элементам СИС.

Задача 2 решается в том случае, когда необходимо определить, какое количество СПБВ каждого

типа необходимо для защиты всей СИС. Здесь важно использовать СПБВ, которые являются общими для всей СИС, либо не нужно учитывать распределение средств по конкретным элементам СИС.

Задача 3 решается в том случае, когда необходимо определить, какие СПБВ необходимо применять на каждом элементе защищаемой СИС, без учёта синергетического эффекта взаимовлияния элементов.

Задача 4 решается в том случае, когда необходимо определить, какие СПБВ необходимо применять на каком элементе защищаемой СИС с учётом синергетического эффекта взаимовлияния элементов. Здесь средства СПБВ являются однокомпонентными.

Алгоритм выбора задачи (блок 3 на рис. 1) приведён на рис. 2.

Актуальность внешних воздействий определяется в блоке 4 (см. рис. 1) с помощью логико-лингвистической модели, используя правила нечёткого вывода, хранящиеся в базе знаний, и данные, полученные с помощью интерфейса ввода информации о внешних воздействиях (блок 2.1). Затем определяется полный набор СПБВ, в котором осуществляется выбор тех СПБВ, использование которых обеспечит максимальную устойчивость функционирования защищаемой СИС. Пользователь может самостоятельно скорректировать этот набор с помощью интерфейса выбора СПБВ (блок 2.2). Исходя из введённых пользователем данных варианта решаемой задачи, а также учитывая результаты деятельности блоков 4 или 5, в блоке 6 вычисляются параметры аналитической модели для решения оптимизационной задачи (блок 7). Затем данные из блоков 6 (параметры модели) и 7 (входные данные модели) подаются на вход блока 8, к аналитической модели. В результате работы аналитической модели получают данные, которые далее анализируются в блоке 9 и подаются на вход блока 10, решающего следующие задачи: сформировать

рекомендации для повышения защищённости СИС; принять решение о допустимости практического использования СИС. В результате через блок 2.5 пользователь получает данные о количественной оценке устойчивости функционирования СИС и рекомендации по её повышению.

Решение задачи оптимального распределения негативных внешних воздействий по элементам сетевой информационной системы

Пусть дана СИС, состоящая из S элементов. На каждый элемент s_i воздействуют некоторые НВВ. Надо найти такие НВВ для каждого элемента СИС, при воздействии которых величина ущерба будет максимальной при заданных ограничениях.

Математическая постановка задачи: требуется найти оптимальный вектор $X = \{x_i, i = \overline{1, S}\}$ распределения НВВ по элементам СИС, обуславливающий максимум функции ущерба

$$F(X) = \sum_{i=1}^S A_i (1 - q_i^{x_i}) \rightarrow \max_{x_i}, \quad (1)$$

при ограничении на его компоненты

$$\sum_{i=1}^S x_i \leq N, \quad (2)$$

и при дополнительных условиях

$$x_i \in \{0, 1, \dots, N\}, \quad (3)$$

$$0 \leq (p_i = 1 - q_i) \leq 1, \quad (4)$$

где:

A_i – относительная важность i -го элемента СИС;

p_i – вероятность того, что НВВ выведет из строя i -й элемент СИС;

q_i – вероятность того, что НВВ не выведет из строя i -й элемент СИС;

$q_i^{x_i}$ – вероятность того, что ни одно из x_i НВВ не выведет из строя i -й элемент СИС;

$(1 - q_i^{x_i})$ – вероятность того, что хотя бы одно из x_i НВВ выведет из строя i -й элемент СИС;

N – количество НВВ, равных по эффективности;

S – количество элементов СИС.

Поставленная задача (1 – 4) является задачей целочисленного программирования, поскольку на элементы искомого вектора $X = \{x_i, i = \overline{1, S}\}$ наложено ограничение (3). Представим критерий оптимизации (1) следующим образом:

$$F(x) = \sum_{i=1}^S F_i(x_i) = \sum_{i=1}^S A_i (1 - q_i^{x_i}). \quad (5)$$

Преобразуем $F_i(x_i)$ к следующему виду:

$$\begin{aligned} F_i(x_i) &= A_i (1 - q_i^{x_i}) = A_i p_i + A_i q_i p_i + A_i q_i^{x_i-1} p_i = \\ &= \Delta_{1k}^+ + \Delta_{2k}^+ + \dots + \Delta_{x_i k}^+ = \sum_{k=1}^{x_i} \Delta_{ki}^+. \end{aligned} \quad (6)$$

Отсюда следует, что критерий оптимизации состоит из суммы критериев величины ущерба по каждому элементу СИС, зависящих от распределения НВВ на каждом элементе СИС. Введём обозначение $\Delta_{ik}^+ = A_i q_i^{k-1} \varepsilon_i$. Таким образом, $F_i(x_i)$ составляет убывающую последовательность приращений Δ_{ik}^+ .

На каждом этапе будем распределять СПВВ последовательно – по одному на каждый элемент СИС. Величину ущерба на t -м этапе вычислим по формуле

$$F_t^+ = \sum_{i=1}^S A_i (1 - q_i^{x_i^{(t)}}),$$

где вектор

$$X^{(t)} = \{x_i^{(t)}, i = \overline{1, S}, t = \overline{0, N}\}$$

является искомым вектором на t -м этапе. Очевидно, что $X^{(0)} = \{0, \dots, 0\}$, поскольку на начальном этапе ни одно средство не соотнесено ни с одним элементом СИС.

Пусть на некотором t -м этапе на l -й элемент распределено t -е средство. Тогда разность количественных оценок величин ущерба СИС на t -м и $(t-1)$ -м этапах можно вычислить:

$$\begin{aligned} \Delta_l^+ &= F_t^+ - F_{t-1}^+ = \sum_{i=1}^S A_i (1 - q_i^{x_i^{(t)}}) - \\ &- \sum_{i=1}^S A_i (1 - q_i^{x_i^{(t-1)}}) = \sum_{i=1}^S A_i (q_i^{x_i^{(t-1)}} - q_i^{x_i^{(t)}}) \end{aligned}$$

Поскольку лишь одно средство распределяется за один этап, векторы $X^{(t)}$ и $X^{(t-1)}$ отличаются лишь одним l -м элементом, и $x_l^{(t)} - x_l^{(t-1)} = 1$.

Отсюда выражение разности количественных оценок величин ущерба СИС на t -м и $(t-1)$ -м этапах примет вид: $\Delta_l^+ = F_t^+ - F_{t-1}^+ = A_l \cdot (1 - q_l) = A_l \cdot p_l$. Поскольку A_l – положительная константа, а p_l – вероятность, то $\Delta_l^+ \geq 0$.

Составим алгоритм решения поставленной задачи на основе проведённых рассуждений.

1. Вычислить для каждого $l = \overline{1, S}$ приращение Δ_l^+ по формуле $\Delta_l^+ = A_l p_l$, $l = \overline{1, S}$.

2. Назначить единицы НВВ на $i = l_t$ объект согласно условию $\Delta_{l_t}^+ = \max_{1 \leq l \leq S} \Delta_l^+$.

3. Вычислить текущее значение вектора X по условиям $x_i^{(t)} = \begin{cases} x_i^{(t-1)}, & \text{если } i \neq l_t \\ x_i^{(t-1)} + 1, & \text{если } i = l_t \end{cases}$.

Здесь начальное значение $x_i^{(0)} = 0, i = \overline{1, S}$.

4. Вычислить текущее значение целевой функции

$$F_t^+ = F_{t-1}^+ + \Delta_{l_t}^+, F_0^+ = 0, t = t + 1.$$

5. Проверить соблюдение условия $t \leq N$; если оно соблюдается, то перейти к пункту 6, если не соблюдается – то к пункту 7.

6. Пересчитать компоненты текущего вектора $(\Delta_l^+)^{(t)}$ по условию

$$\Delta_l^+ = \begin{cases} \Delta_l^+, & \text{если } l \neq l_t \\ \Delta_l^+ \cdot p_l, & \text{если } l = l_t \end{cases}.$$

Перейти к пункту 2.

7. Вывести результаты расчётов в виде

$$F(x_0) = F_N^+, x_i = x_i^{(N)}.$$

Остальные три задачи решаются аналогично. Особый интерес представляет учёт взаимного влияния элементов.

Решение задачи оптимального распределения негативных внешних воздействий по элементам сетевой информационной системы с учётом взаимного влияния элементов

Рассмотрим СИС, состоящую из S элементов (рабочих станций и серверов), и на которую действует набор из M типов НВВ. Все элементы СИС взаимосвязаны, поэтому потеря работоспособности одного элемента влияет на работоспособность других элементов. Количество НВВ каждого типа равно N_j , $j = \overline{1, M}$. Необходимо так сгруппировать НВВ и распределить их по элементам СИС, чтобы функция ущерба достигла максимального значения.

Математическая постановка задачи: требуется найти вектор $X = \{x_{ji}, i = \overline{1, S}, j = \overline{1, M}\}$ оптимального распределения НВВ по взаимосвязанным элементам СИС, чтобы функция ущерба (7) достигла максимального значения.

$$F(X) = \sum_{i=1}^S A_i \cdot \left(1 - \prod_{j=1}^M \left[1 - \alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}} \right) \right] \right) \rightarrow \max_{x_{ji}}, \quad (7)$$

при ограничении на его компоненты

$$\sum_{i=1}^S x_{ji} \leq N, \quad j = \overline{1, M}, \quad (8)$$

и дополнительных условиях:

$$x_{ji} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^M x_{ji} = N, \quad 0 \leq (p_{ji} = 1 - q_{ji}) \leq 1,$$

$$A_i \geq 0; i = \overline{1, S}; j = \overline{1, M}, \quad 0 \leq \alpha_{iy} \leq 1, y = \overline{1, S}.$$

Здесь:

A_i – относительная важность i -го элемента СИС;

M – количество типов НВВ;

N – общее количество НВВ разных типов, которые действуют на СИС;

S – количество элементов СИС;

α_{iy} – коэффициент взаимовлияния элементов

СИС, вероятность того, что выход из строя y -того элемента повлечёт за собой сбой в работе i -го элемента (0 – элементы не взаимодействуют, 1 – однозначный выход из строя элемента);

p_{ji} – вероятность того, что НВВ j -го типа выведет из строя i -й элемент СИС;

q_{ji} – вероятность того, что НВВ j -го типа не выведет из строя i -й элемент СИС;

$q_{ji}^{x_{ji}}$ – вероятность того, что ни одно из x_{ji} НВВ j -го типа не выведет из строя i -й элемент СИС;

$\prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}}$ – вероятность того, что ни одно НВВ не выведет из строя i -й элемент СИС;

$1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}}$ – вероятность того, что хотя бы одно НВВ выведет из строя i -й элемент СИС;

$\alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}} \right)$ – вероятность того, что одновременно и НВВ, и другой элемент выведут из строя i -й элемент СИС;

$[1 - \alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}} \right)]$ – вероятность того, что хотя бы одно из НВВ или сломанный y -й элемент не выведет из строя i -й элемент СИС.

Поставленная задача также является задачей целочисленного программирования.

По формуле (7) видно, что если все элементы вектора X являются нулями, то $F_0 = 0$. Пусть выбран E_t элемент СИС для t -го этапа. Необходимо найти такое l_t -е НВВ, чтобы разность величин ущерба СИС на t -м и $(t-1)$ -м этапах вычислялась по формуле:

$$\begin{aligned}\Delta_{lE}^+ &= F_t^+ - F_{t-1}^+ = \sum_{i=1}^S A_i \cdot \left(1 - \prod_{y=1}^S \left[1 - \alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}} \right) \right] \right) - \\ &- \sum_{i=1}^S A_i \cdot \left(1 - \prod_{y=1}^S \left[1 - \alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}} \right) \right] \right) = \\ &= \sum_{i=1}^S A_i \cdot \left(\prod_{y=1}^S \left[1 - \alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}} \right) \right] - \prod_{y=1}^S \left[1 - \alpha_{iy} \left(1 - \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}} \right) \right] \right) = \\ &= \sum_{i=1}^S A_i \cdot \left(\prod_{y=1}^S \left[\alpha_{iy} \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}} - \alpha_{iy} + 1 \right] - \prod_{y=1}^S \left[\alpha_{iy} \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}} - \alpha_{iy} + 1 \right] \right) = \\ &= A_{E_t} \cdot \left(\prod_{y=1, y \neq E_t}^S \left[\alpha_{E_t y} \prod_{j=1}^M q_{j E_t}^{x_{j E_t}^{t-1}} - \alpha_{E_t y} + 1 \right] - \prod_{y=1, y \neq E_t}^S \left[\alpha_{E_t y} \prod_{j=1}^M q_{j E_t}^{x_{j E_t}^{t-1}} - \alpha_{E_t y} + 1 \right] \right).\end{aligned}$$

Введём обозначение $c_i^t = \prod_{j=1}^M q_{ji}^{x_{ji}^{t-1}}$, тогда выражение упростится:

$$\Delta_{E_t l_t}^+ = A_{E_t} \cdot \left(\prod_{y=1, y \neq E_t}^S [\alpha_{E_t y} c_{E_t}^{t-1} - \alpha_{E_t y} + 1] - \prod_{y=1, y \neq E_t}^S [\alpha_{E_t y} c_{E_t}^{t-1} \cdot q_{l_t E_t} - \alpha_{E_t y} + 1] \right).$$

Для решения задачи (7) предлагается следующий алгоритм:

1. Определить начальные переменные:

$$t = 1; c_i^{(0)} = 1, i = \overline{1, S}; x_{ji}^{(0)} = 0, j = \overline{1, M}; F_0^+ = 0.$$

2. Вычислить вектор приращений величин ущерба СИС:

$$\Delta_{E_t l_t}^+ = A_{E_t} \cdot \left(\prod_{y=1, y \neq E_t}^S [\alpha_{E_t y} \cdot c_{E_t}^{t-1} - \alpha_{E_t y} + 1] - \prod_{y=1, y \neq E_t}^S [\alpha_{E_t y} \cdot c_{E_t}^{t-1} \cdot q_{l_t E_t} - \alpha_{E_t y} + 1] \right).$$

3. Выбрать тип средства, обеспечивающий максимальный ущерб на данном этапе:

$$\Delta_{l_t E_t}^+ = \max_{\substack{1 \leq l \leq M \\ 1 \leq E \leq S}} \Delta_{lE}^+.$$

4. Отметить выбор в векторе X :

$$x_{ji}^{(t)} = \begin{cases} x_{ji}^{(t-1)}, & j \neq l_t, i \neq E_t \\ x_{ji}^{(t-1)} + 1, & j = l_t, i = E_t \end{cases}.$$

5. Пересчитать величины C_{E_t} по формуле:

$$c_{E_t}^{(t)} = c_{E_t}^{(t-1)} \cdot q_{l_t E_t}, i = \overline{1, S}.$$

6. Получить значение ущерба на данном этапе:

$$F_t^+ = F_{t-1}^+ + \Delta_{l_t E_t}^+.$$

7. Перейти к следующему этапу: $t = t + 1$.

8. Если $t \leq N$, то перейти к пункту 2, если нет, то перейти к пункту 9.

9. Вывести результат X и максимальный ущерб СИС F_t^+ .

Пример реализации описанных моделей

Имеется сетевая информационная система, состоящая из трёх ($S = 3$) элементов (две рабочих станции и один сервер), обладающих заданной, соответственно,

важностью $A = (20, 50, 30)$, причём $\sum_{i=1}^S A_i = 100\%$.

Пусть на СИС действуют $M = 4$ типов НВВ: 1) вирусы; 2) сбой в работе оборудования; 3) несанкционированный доступ злоумышленника; 4) сетевые черви. Пусть количество НВВ каждого типа N_j равно двум, и пусть на каждый элемент СИС может оказывать воздействие НВВ одного типа только один раз, т. е.

$x_{ji} \in \{0, 1\}$. Вероятности того, что НВВ j -го типа не выведет из строя i -й элемент СИС, представлены матрицей Q :

$$Q = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0.6 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0.4 \end{pmatrix}.$$

Требуется выбрать для каждого из элементов $S = 3$ такой набор НВВ средств парирования, чтобы величина ущерба всей системы при этих воздействиях была максимальной. В таблице представлены этапы расчёта и значения ущерба на каждом этапе, а также результирующий вектор X .

Этапы расчёта значения ущерба

Этапы, t	$C_i^{(t)}, i = \overline{1, S}, j = \overline{1, M}$ для каждого из трёх элементов:			$\Delta_{E_t l_t}^+, E = \overline{1, S}, l = \overline{1, M}$				F_t^+
1	20	50	30	10	16	14	8	40
				35	30	40	35	
				15	24	21	18	
2	20	10	30	10	16	14	8	64
				7	6	8	7	
				15	24	21	18	
3	20	10	6	10	16	14	8	80
				7	6	8	7	
				3	4,8	4,2	3,6	
4	4	10	6	2	3,2	2,8	1,6	87
				7	6	8	7	
				3	4,8	4,2	3,6	

Этапы, t	$C_i^{(t)}, i = \overline{1, S}, j = \overline{1, M}$ для каждого из трёх элементов:			$\Delta_{E, l}^+, E = \overline{1, S}, l = \overline{1, M}$				F_t^+
5	4	3	6	2	3,2	2,8	1,6	91,2
				2,1	1,8	2,4	2,1	
				3	4,8	4,2	3,6	
6	4	3	1.8	2	3,2	2,8	1,6	93,3
				2,1	1,8	2,4	2,1	
				0,9	1,44	1,26	1,08	
7	4	0.9	1.8	2	3,2	2,8	1,6	95,3
				0,63	0,54	0,72	0,63	
				0,9	1,44	1,26	1,08	
8	2	0.9	1.8	1	1,6	1,4	0,8	96,38
				0,63	0,54	0,72	0,63	
				0,9	1,44	1,26	1,08	
	X =		1	1	0	0	96,38	
		1	0	1	1			
		0	1	1	1			

Результат выбора наилучшего приращения величин ущерба F_t^+ выделен на каждом этапе. Таким образом видно, что обеспечение максимального ущерба рассматриваемой СИС достигается воздействием: 1) вирусов на 1-й и 2-й элементы СИС; 2) сбоя в работе оборудования на 1-й и 3-й элементы СИС; 3) несанкционированного доступа злоумышленника на 2-й и 3-й элементы СИС; 4) сетевых червей на 2-й и 3-й элементы СИС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в настоящей статье интеллектуальная информационная система надёжно защищает сетевую информационную систему от несанкционированных внешних воздействий с помощью различных средств парирования. Сформулированы условия устойчивого функционирования сетевой информационной системы. Оптимизационная задача, состоящая в необходимости минимизировать несанкционированное внешнее воздействие на сетевую информационную систему с помощью средств парирования, поставляемых спроектированной интеллектуальной информационной системой, разбивается на четыре подзадачи, для решения которых созданы аналитические модели, разработаны алгоритмы и показаны два примера аналитического решения задач оптимального распределения негативных внешних воздействий по элементам сетевой информационной системы без учёта и с учётом взаимного влияния её элементов. Расчёты по этим моделям позволят выбирать средства парирования негативного внешнего воздействия и обеспечивать защиту сетевой информационной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Gromov Yu.Yu., Tyutyunnik V.M. Materials for the Information Theory Elaboration. 1. Information Quantity and Quality Measures // Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies. – 2011. – Vol. 5, Part 1. – P. 230-241.
- Громов Ю.Ю., Тютюнник В.М. Материалы к разработке теории информации. 1. Меры количества и качества информации // Фундаментальные исследования. – 2011. – №8, ч. 2. – С. 347-355.
- Gromov Yu.Yu., Tyutyunnik V.M., Minin Yu.V. Materials to the Theory of Information Elaboration. 2. Information as Tensor Quantity and Information System Modeling // International Journal of Research in Engineering, IT and Social Sciences. – 2018. – Vol. 8, Issue 6. – P. 1-14.
- Gromov Yu.Yu., Tyutyunnik V.M., Minin Yu.V. Materials to the theory of information elaboration. 3. Information systems modeling // Материалы XVIII Международной научной конференции «Формирование профессионала в условиях региона: новые подходы» (г. Тамбов, 7-8 июня 2018 г.) / под ред. проф. В.М. Тютюнника, проф. В.А.Зернова. – Тамбов; Москва; Санкт-Петербург; Баку; Вена; Гамбург; Стокгольм: Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2018. – С. 87-106.
- Громов Ю.Ю., Тютюнник В.М., Минин Ю.В. Материалы к разработке теории информации. 4. Тензорное измерение информации для моделирования информационной системы // Информационные системы и процессы: сб. науч. тр. / под ред. проф. В.М. Тютюнника. – Тамбов; Москва; Санкт-Петербург; Баку; Вена; Гамбург; Стокгольм: Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2018. – Вып. 17. – С.7-28.
- Тютюнник В.М., Громов Ю.Ю., Александров Е.Ю. Аналитические модели парирования негативных внешних воздействий на сетевую информационную систему // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2020. – № 9. – С. 15-20. DOI: 10.36535/0548-0027-2020-09-03;
- Tyutyunnik V.M., Gromov Yu.Yu., Aleksandrov E.Yu. Analytical models of negative

- external influences vaporizing on the network information system // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. – 2020. – Vol. 54, № 5. – P. 250-254. DOI: 10.3103/S0005105520050040.
8. Liang X., Xiao Ya. Game Theory for Network Security // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. – 2013. – Vol. 15, № 1. – P. 472-486.
9. Gupta J., Ulmer A., Chaturvedi A., Chi J. Matching information security vulnerabilities to organizational security profiles: A genetic algorithm approach // *Decision Support Systems*. – 2006. – Vol. 41, № 3. – P. 592-603.
10. Hashemi S.M., He J., Ebrahimi Basabi A. Multi-objective optimization for computer security and privacy // *International Journal of Network Security*. – 2017. – Vol. 19, № 3. – P. 394-405.
11. Dewri R., Poolsappasit N., Ray I., Whitley D. Optimal security hardening using multi-objective optimization on attack tree models of networks // *Proceedings of the 14th ACM Conference on Computer and Communications Security (CCS'07)*. – 2007. – P. 204-213.
12. Firesmith D.G. *Common Concepts Underlying Safety, Security, and Survivability Engineering*. – Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University. – 2003. – 62 p.

Материал поступил в редакцию 30.08.21.

Сведения об авторах

ГРОМОВ Юрий Юрьевич – доктор технических наук, профессор, Тамбовский государственный технический университет, директор Института автоматизации и информационных технологий
e-mail: gromovtambov@yandex.ru

ТЮТЮННИК Вячеслав Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры конструирования радиоэлектронных и микропроцессорных систем Тамбовского государственного технического университета; генеральный директор Международного Информационного Нобелевского Центра (МИНЦ)
e-mail: vmtutyunnik@gmail.com

Вебометрический рейтинг сайтов библиотек мира

Представлены результаты вебометрического исследования 461 сайта библиотек мирового веб-пространства (98 стран). Результатом исследования стал рейтинг сайтов библиотек за три года (2018-2020 гг.), построенный на основе индикаторов присутствия в сети: по количеству индексируемых поисковой системой страниц, полнотекстовых файлов и по показателям, характеризующим ссылки на сайт из других ресурсов Интернета, отобранных с использованием корреляционного и дисперсионного анализа. Первое место в рейтинге устойчиво занимает сайт Библиотеки Конгресса США (Вашингтон, округ Колумбия). В российском сегменте лидирующие позиции занимают сайт Российской национальной библиотеки (1-й – 2-й годы), Вологодской областной универсальной научной библиотеки (3-й год).

Ключевые слова: вебометрика, сайты библиотек, веб-индикаторы, мировое библиотечное веб-пространство

DOI: 10.36535/0548-0027-2021-10-3

ВВЕДЕНИЕ

Современное общество готово к реалиям цифрового пространства, все чаще для реализации своих информационных и других социальных потребностей пользователи обращаются к ресурсам сети, более того молодое поколение почти забыло или совсем не помнит время без Интернета. Повышается спрос пользователей на цифровой формат информирования и предоставления библиотечных ресурсов (удаленный режим использования ресурсов, доступ к открытым источникам информации в электронном формате) и услуг (электронные сервисы, онлайн-заказ). Эти процессы, в свою очередь, повлияли на современные тенденции развития библиотечно-информационной деятельности: *информирование, обслуживание, предоставление возможности поиска релевантной информации*. Библиотеки постепенно расширяют свой охват, перемещаясь из реального в виртуальное пространство благодаря современным информационно-коммуникационным технологиям. Особое место в реализации этой деятельности отводится официальному сайту библиотеки, который перестает быть только представителем библиотеки в веб-среде, ее визитной карточкой, инструментом продвижения традиционных услуг, а превращается в полноценную среду для взаимодействия и обслуживания удаленных пользователей и читателей библиотеки.

В связи с этим, возникает интерес к оценке текущего развития информационно-библиотечного веб-пространства (совокупности сайтов библиотек разных типов и других создаваемых ими информацион-

ных ресурсов). Исторически вебометрические исследования ресурсов в сети Интернет получили распространение с середины 1990-х гг. Основы зародившейся области исследований – вебометрики – раскрывают в своих работах разные авторы [1–3]. Приходит понимание, что библиометрические и информметрические подходы могут применяться для анализа содержания и структуры сети Интернет [1]. Киберметрика по [2] выходит за границы библиометрии, да и отнесение вебометрики к библиометрии весьма условно и базируется скорее на том, что в вебометрике предполагается использование подходов и методов анализа библиометрии и информметрии. Первые вебометрические исследования основывались на расчете веб-импакт-фактора (Web-IF) на базе определения среднеарифметических значений количества веб-страниц и ссылок на них [4]. Л. Бьернеборн и П. Ингверсен выделяют четыре основных направления вебометрических исследований – это анализ: 1) содержания веб-сайтов; 2) структуры веб-ссылок; 3) поведения пользователей (например, анализ лог-файлов веб-серверов при поиске или просмотре пользователями информации); 4) веб-технологий (в том числе производительность поисковых систем) [2]. Таким образом, формируемая область исследований – вебометрика – предназначена для количественного анализа разных аспектов веб-пространства.

Практические результаты проводимых вебометрических исследований показывают состоятельность используемых методов для оценки академического веб-пространства. С 2004 г. широкое распространение получил метод ранжирования сайтов академиче-

ских организаций. Наибольшую известность приобрел рейтинг «Webometrics Ranking of World Universities» группы испанских ученых из Cybermetrics Lab [5] под руководством И. Агийо, который был построен на использовании в качестве инструментов измерения поисковых систем Google и Google Scholar. Этот рейтинг в своих первых версиях опирался на следующие метрики: размер (Size) – количество индексируемых страниц сайта; видимость (Visibility) – число уникальных внешних ссылок на сайт; ценность (Rich files) – количество полнотекстовых документов; академичность (Scholar) – научность сайта, определяемая количеством документов, проиндексированных Google Scholar. Рейтинг стал основой для подобных работ исследователей разных стран, в том числе и России [6–9]. Рейтинги сайтов, построенные на базе интегральных значений веб-индикаторов, оказались информативным методом конкурентного анализа, позволили делать заключения об эффективности усилий по созданию и развитию веб-ресурсов организации. «Сильное присутствие в сети информирует о большом количестве факторов, которые четко коррелируют с глобальным качеством учреждения: широкая доступность компьютерных ресурсов, глобальная интернет-грамотность, политика, способствующая демократии и свободе слова, конкуренция за международное признание или поддержка инициатив открытого доступа и т. д.» [10, с. 235]. Кроме того, оказалось, что результаты вебометрических рейтингов хорошо коррелируют с академическими [11].

Вебометрический подход используют для оценки не только сайтов научных организаций, но и библиотечных веб-ресурсов такие исследователи, как А.Е. Гусков, М. Дастани, А. Атероди, С. Панри, М.К. Верма, К.А. Брама и др. [7, 12–14]. М. Дастани (2010) оценил веб-сайты 23 электронных библиотек иранских медицинских вузов. Размер сайта определялся по количеству страниц, зафиксированному в Google, а видимость – по числу ссылок, зафиксированных поисковой системой MOZ Open Site Explorer. Главным выводом этого исследования стало доказательство, что увеличение показателей по выбранным критериям оценки повышает успешность сайта в веб-среде [14]. Анализ эффективности развития сайтов национальных библиотек Южной Азии выполнен исследователями университета Мировозам (Индия) [12]. Авторы предприняли попытку ранжирования сайтов библиотек на основе WIF (Web Impact Factor), расчет которого проводился на базе показателей SWIF (Simple Web Impact Factor), IWIF (Internal Web Impact Factor) и EWIF (External Web Impact Factor). Согласно результатам исследования, высокий показатель WIF (Web Impact Factor) среди национальных библиотек Южной Азии получила Национальная библиотека Индии.

Увеличивается интерес к вебометрическому исследованию сайтов цифровых репозиторий [15, 16]. С. Гош, Б. Рой [15] провели вебометрический анализ открытых цифровых репозиторий сельскохозяйственной тематики стран Океании. В качестве основных индикаторов оценки использовались такие показатели, как доступность в сети Интернет (количество полнотекстовых файлов), размер сайта (число веб-страниц), число ссылок и количество публикаций в базе данных Google Scholar. Для ранжирования авто-

ры применили два метода WIF (Web Impact Factor) и WISER (Web Indicator for Science, Technology and Innovation Research). Первое место среди цифровых сельскохозяйственных репозиторий относительно полученных значений WIF и WISER заняла Исследовательская библиотека DAFWA (DAFWA Research Library, Австралия). Объектом анализа также стали репозитории государственных университетов Малайзии [16]. Результаты оценки показали, что индикаторы присутствия (размер (S), видимость (V), ценность (R) и академичность (Sc)) в сети Интернет для университетов, которые занимаются исследованиями выше, чем для других университетов, не выполняющих такого рода деятельность. В качестве вывода авторы отмечают, что изменение политики продвижения публикаций позволит усилить присутствие университета в веб-пространстве.

Обзор литературы по рассматриваемой проблеме показал, что большая часть проводимых вебометрических исследований библиотечно-информационного веб-пространства была направлена на изучение сайтов библиотек либо отдельных территориальных сегментов, включая их репозитории, либо отдельного типа (национальные [12, 17], вузовские [14], публичные [18]). Однако эти работы носили преимущественно разовый характер. Уникальность настоящего исследования заключается в том, что продолжительный и регулярный сбор значений веб-индикаторов по одной и той же методике позволяет анализировать динамику текущего развития сайтов библиотек в мировом библиотечно-информационном веб-пространстве.

Применение метода ранжирования позволяет оценить уровень присутствия библиотек на просторах Интернета, определить лучших участников библиотечно-информационного веб-пространства, выработать управленческие решения с целью улучшения собственных позиций на базе существующих практик эффективного развития и продвижения веб-ресурсов. Таким образом, вебометрические исследования – это отправная точка для определения места библиотеки в глобальной информационной системе. Цель настоящего исследования заключается в том, чтобы определить место российских библиотек в мировом веб-пространстве, оценить темпы их развития. В соответствии с этой целью определены следующие задачи:

- выполнить анализ веб-индикаторов, выбрать среди них наиболее значимые, определить коэффициенты для включения в интегральную оценку;
- рассчитать интегральную оценку и построить рейтинги сайтов ведущих мировых и российских библиотек на основе интегральной оценки по отобранному ключевым веб-индикаторам;
- определить место российских библиотек в мировом библиотечно-информационном веб-пространстве, выявить характерные для различных типов библиотек значения веб-индикаторов и специфику динамики их развития.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для последующего анализа было сформировано два подмножества сайтов:

- 1) ведущих библиотек мира – отбор был выполнен в июне 2017 г. на основе информации сайта <https://librarytechnology.org>, поддерживаемого из-

вестным специалистом в области библиотечно-информационных наук Маршаллом Бридингом. Для изучения отобраны национальные библиотеки и крупные (более 2-х млн единиц хранения) библиотеки других типов из базы данных этого сайта;

2) основных российских библиотек – национальные библиотеки, библиотеки федерального значения и центральные библиотеки субъектов федерации, список которых был сформирован в мае 2017 г.

В общий список попали 99 (21,5%) российских и 362 (78,5%) зарубежных библиотечных доменов. Библиотечное веб-пространство представлено сайтами библиотек субъектов Российской Федерации (Алтайский край, Московская область, Омская область, Республика Бурятия, Республика Ингушетия, Приморский край, Сахалинская область и т. д.) и 97 зарубежных стран (Австралия, Белоруссия, Великобритания, Италия, Испания, Китай, США, Украина, Япония и т. д.). Одни страны представлены в исследовании единичными доменами библиотечно-информационного сегмента, другие – в количестве от 5 и более сайтов: США (33,2%), Канада (4,8%), Китай (4,3%), Великобритания (1,7%), Германия (1,7%), Украина (1,7%), Австралия (1,5%), Япония (1,5%) и т. д.

Для распределения сайтов относительно типа библиотеки как физической организации, которой он принадлежит, проведен анализ типологии библиотек. Принимая во внимание международный характер исследования, в качестве основы для анализа использовалась типология библиотек, представленная Международной федерацией библиотечных ассоциаций и учреждений (IFLA, International Federation of Library Associations and Institutions) на сайте «Библиотечная карта мира». В соответствии с заявленной типологией библиотек и имеющейся аналитической базой, для изучения определены три типа библиотек: вузовские, национальные и публичные. Согласно полученному списку значительное количество исследуемых сайтов принадлежит библиотекам высших учебных заведений – 44,3%, более того, 43,6% из них это сайты зарубежных библиотек, на втором месте по количеству анализируемых сайтов – публичные библиотеки (28,6%) на третьем месте – национальные библиотеки (25,8%) (табл. 1). Российские библиотеки федерального значения, учитывая их статус для российского библиотечного сообщества, для построения мирового рейтинга, изучались в срезе аналитической базы национальных библиотек мира. В рамках российского рейтинга федеральные и национальные библиотеки рассматривались самостоятельно.

Сбор значений вебометрических индикаторов по полученному списку выполняется с июля 2017 г. и

представляет собой достаточно трудоемкий процесс, цикл которого состоит из более чем 10 этапов. Архитектура системы сбора данных и описание измеряемых индикаторов подробно изложены в работе [19]. Изначально собирались значения 24 отдельных веб-индикаторов, измеряемых с помощью поисковых систем Google, Bing, Яндекс, Google Scholar, а также систем, отслеживающих ссылки на сайты Ahrefs и Majestic SEO, системы SimilarWeb, оценивающей различные веб-показатели сайтов, в том числе число посещений. Часть из этих индикаторов по техническим причинам стала недоступна для получения данных с течением времени, в связи с чем для рассмотрения были выбраны только 10 показателей, значения которых измерялись на всем временном промежутке.

С целью выделить наиболее значимые для ранжирования веб-индикаторы был проведен их статистический анализ. Для оценки важности показателей мы использовали индикатор количества посещений, который может рассматриваться как характеристика востребованности сайта. Он фигурирует в корреляционном и дисперсионном анализе в качестве зависимой переменной, а 10 отобранных метрик – представлены как независимые.

Влияние было оценено с использованием корреляционного анализа. Вычислялся коэффициент корреляции Пирсона, характеризующий взаимосвязь двух количественных переменных. Этот показатель принимает значения в интервале [-1, 1], где 1 означает наличие прямой линейной зависимости, -1 – наличие обратной линейной зависимости, 0 – полное отсутствие зависимости.

В табл. 2 представлены значения коэффициента корреляции Пирсона веб-индикаторов с зависимой переменной (количество посещений), упорядоченные по убыванию. Наиболее сильную корреляцию с посещаемостью показывает индикатор количества полнотекстовых файлов. Следующими по корреляции идут показатели количества ссылающихся доменов, сетей и IP-адресов. Эти показатели собираются с использованием веб-сервиса Ahrefs (<https://ahrefs.com>). Ahrefs собирает, обрабатывает и хранит большие объемы данных о сайтах, в том числе позволяет оценить эти три разных по техническим характеристикам ссылочных показателя, являющихся в значительной степени взаимозависимыми (коэффициент корреляции – 0,94), но их совместное использование позволяет значительно ограничить возможное влияние некорректных практик поисковой оптимизации на основе так называемых «ферм ссылок».

Таблица 1

Число анализируемых сайтов относительно типа библиотеки

Библиотеки	Сайты					
	российские		зарубежные		общее количество	
	количество	%	количество	%	количество	%
Федеральные	6	6	0	0	6	1,3
Национальные	3	3	116	32	119	25,8
Вузовские (академические)	3	3,1	201	55,5	204	44,3
Публичные	87	87,9	45	12,4	132	28,6
Всего:	99	100	362	100	461	100

Коэффициенты корреляции Пирсона выбранных веб-индикаторов с числом посещений

Индикатор	Коэффициент	Индикатор	Коэффициент
файлы Google	0,678	ссылки	0,181
ссылающиеся домены	0,483	документы Scholar	0,124
ссылающиеся подсети	0,454	страницы Яндекс	0,114
ссылающиеся адреса	0,428	файлы Яндекс	0,065
страницы Google	0,343	ссылки на домены	0,026

Количество полнотекстовых файлов по данным Google указывает на цифровые коллекции библиотек в открытом доступе. Библиотеки публикуют на сайтах различные архивные материалы, результаты научных исследований – статьи, отчеты о деятельности библиотеки, библиографические списки новых поступлений, библиографические указатели по определенной теме, календари знаменательных дат, информационные бюллетени, издания справочного характера (словари, справочники, энциклопедии), а также полные тексты произведений, не подпадающих под ограничения авторского права. Наиболее распространенным форматом для размещения полнотекстовых документов на библиотечных сайтах является pdf. Публикация полнотекстовых документов имеет ряд минусов для популяризации библиотеки в веб-пространстве: доступ к таким документам может осуществляться вне контекста сайта – непосредственно из результатов поиска или по внешней ссылке; содержание документа часто не позволяет идентифицировать его принадлежность библиотеке, если это не предусмотрено при его создании, обычно отсутствует возможность перехода на сайт библиотеки. Документы в формате html в этом отношении выигрывают, однако перевод документов в этот формат и их публикация обычно связаны со значительными трудозатратами. Необходимо заметить, что библиотека может обладать значительными коллекциями документов в цифровой форме, закрытых для анонимного доступа. Эти коллекции не индексируются поисковыми системами и не оказывают влияние на значение этого индикатора.

Дисперсионный анализ позволил проверить гипотезу о значимости влияния независимой переменной на зависимую. Полученные результаты показали, что только у пяти показателей с наибольшей дисперсией, гипотеза о значимости не отклоняется. В табл. 3 представлены показатели значимости веб-индикаторов.

Таблица 3

Показатели значимости выбранных веб-индикаторов

Индикатор	T-значимость
файлы Google	16,6
ссылающиеся домены	5,5
ссылающиеся адреса	5,5
ссылающиеся подсети	5,5
страницы Google	5,2

Дополнительно было построено несколько линейных регрессионных моделей, с устраненной мультиколлинеарностью из-за зависимых индикаторов ссылающихся доменов, сетей и IP-адресов. Значение R-квадрат у полученных моделей находится в диапазоне [0,65; 0,7], что свидетельствует как о влиянии рассматриваемых метрик на число посещений, так и о недостатке информации для прогнозирования числа посещений. Результаты этих вычислений определили отбор пяти указанных индикаторов, имеющих влияние на посещаемость для построения интегральной оценки: размер сайта – количество индексируемых страниц; объем (количество) полнотекстовых файлов в формате pdf, doc(x), ppt(x); количество ссылающихся на сайт ресурсов на разных доменных именах; количество ссылающихся на сайт ресурсов, расположенных на разных IP-адресах; количество ссылающихся на сайт ресурсов, расположенных в разных IP-подсетях.

Для снижения влияния возможных выбросов и коррекции отсутствующих значений за отдельные месяцы для проведения дальнейших расчетов использовались средние арифметические значения за три периода по 12 календарных месяцев (02.2018 – 01.2019; 02.2019 – 01.2020; 02.2020 – 01.2021).

Чтобы получить интегральную оценку значения показателей должны быть нормированы для исключения или уменьшения влияния неравномерности распределения значений индикаторов и разного диапазона их значений. Типичные распределения веб-индикаторов далеки от нормального (Гауссова) и характеризуются скорее экспоненциальными кривыми с очень небольшим количеством лидеров, большим градиентом значений среди лидеров и длинным «хвостом» (рис. 1). Теоретические распределения, близкие к экспоненциальному (Гамма, Вейбулла и т. д.), плохо описывают данное распределение, поэтому сначала значения были прологарифмированы. В этом варианте заметны резкие различия на хвостах распределения. Полученная картина очень похожа на бета-распределение, что позволяет выполнить дополнительное сглаживание функцией распределения по оцененным его параметрам, это дает возможность получить результат, близкий к равномерному. В случае, когда не удастся подобрать параметры бета-распределения, мы применяли нормирование по распределению Су-Джонсона.

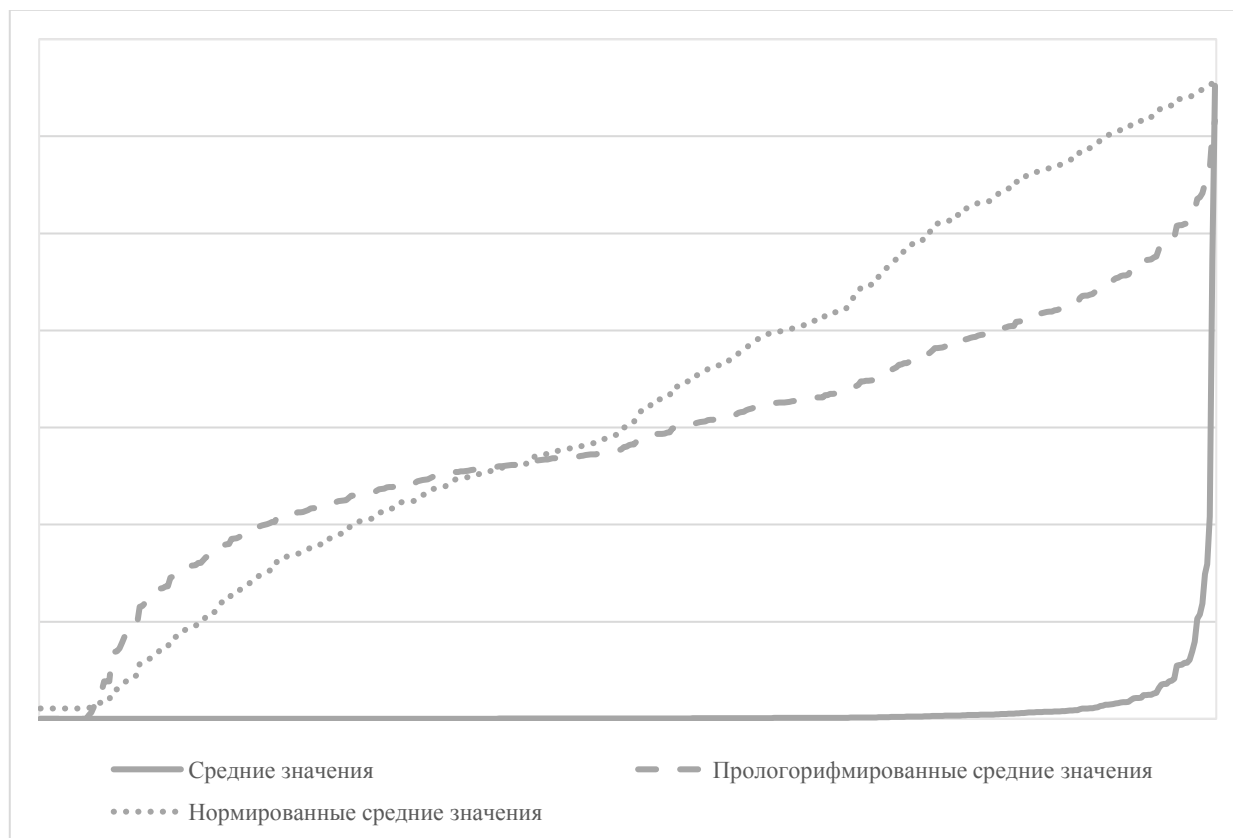


Рис. 1. Сглаживание и нормализация показателей на примере распределения количества полнотекстовых файлов за 2018 г.

В результате нормирования получаются значения веб-индикаторов в диапазоне [0–1], их распределения являются близкими к нормальному, и они могут применяться для расчета интегральной оценки. Интегральная оценка рассчитывалась по формуле:

$$Res = 0,428 * N_{f-g} + 0,143 * N_{rd-a} + 0,143 * N_{ri-a} + 0,143 * N_{rs-a} + 0,143 * N_{pg-g}$$

где N – нормированные средние значения соответствующей метрики. Коэффициенты (веса) индикаторов пропорциональны их значимости (см. табл. 3). Полученная интегральная оценка использовалась для ранжирования сайтов библиотек в трех указанных выше временных периодах.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАНЖИРОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показало, что лидирующие позиции среди всех библиотек заняли сайты Библиотеки Конгресса (loc.gov; США, Вашингтон, штат Колумбия) и Национальной библиотеки медицины (nlm.nih.gov; США, штат Мэриленд). Такое стабильно лидирующее положение (первое и второе места в рейтинге) на протяжении трех лет объясняется прежде всего тем, что это крупнейшие библиотеки мира, не только обладающие огромными фондами на печатных носителях, но и интенсивно развивающие и формирующие богатые цифровые коллекции. По данным Википедии

фонд Библиотеки Конгресса составляет около 168 млн единиц хранения, Национальной библиотеки медицины – 27,8 млн. Национальная библиотека медицины поддерживает крупнейший онлайн-архив медицинских публикаций PubMed, расположенный на поддомене pubmed.ncbi.nlm.nih.gov. В топ-10 сайтов с высокими значениями вошли сайты ведущих национальных и вузовских библиотек США, Нидерландов, Японии, Австралии, Канады и Испании. Среди 10 сайтов с низкими значениями фигурируют сайты библиотек Ливана (Ливанская национальная библиотека), США (Библиотека Морриса Р. Коэна, Публичная библиотека Канзас-Сити), Эфиопии (Национальная библиотека Эфиопии), Мьянма (Национальная библиотека Мьянмы) и других стран.

Российская национальная библиотека (РНБ, г. Санкт-Петербург) и Российская государственная библиотека (РГБ, г. Москва), являясь самыми крупными библиотеками в России, в мировом рейтинге входят в топ 60. РНБ занимает 51 место (1-й год), 42 место (2-й год), 56 место (3-й год); РГБ – 47 место (1-й год), 44 место (2-й год), 44 (3-й год). По данным отчетов библиотек за 2020 г., размещенных на их официальных сайтах, фонд РНБ составил 38,3 млн документов, фонд РГБ – 42 млн. С одной стороны, объем фондов этих библиотек, библиографические описания записей которых отражается в электронных каталогах и базах данных и индексируется поисковыми системами, не уступает мировым лидерам, а некоторых даже превосходит. С другой стороны,

учитывая, что индикатор объема полнотекстовых материалов имеет высокую корреляцию с показателями посещаемости, незначительный по сравнению с лидерами объем имеющихся цифровых коллекций объясняет текущее положение сайтов этих библиотек в мировом библиотечно-информационном веб-пространстве.

Анализ результатов ранжирования сайтов по нормированным средним показателям за 2018-2020 гг. в рамках их принадлежности к определенному типу библиотеки, позволил определить лучших участников библиотечно-информационного веб-пространства среди национальных, вузовских и публичных библиотек (табл. 4). Среди национальных библиотек в первую десятку лидеров вошли представители библиотек США, Японии, Австралии, Испании, Швеции,

Новой Зеландии, Венгрии, Франции и других стран. По данным SimilarWeb первенство в глобальном рейтинге среди сайтов национальных библиотек мира также занимает сайт Библиотеки Конгресса США [17]. Если в топ-10 сайтов мировых национальных и вузовских библиотек российские сайты не попали, то среди сайтов публичных библиотек российские библиотеки заняли достойное место. Примечательно, что проведенное в 2013 г. исследование сайтов публичных библиотек Канады (52 сайта) зафиксировало лидирующую позицию сайта Публичной библиотеки Торонто (Канада) – 26016 место в мире (по данным Alexa.com) [18], что согласуется с нашими результатами и свидетельствует о стабильном развитии сайта этой библиотеки.

Таблица 4

Топ-10 сайтов библиотек мира в едином рейтинге и рейтинге сайтов, распределенных по типовой принадлежности библиотеки.

Среднегодовые показатели: объем полнотекстовых файлов | размер сайта | ссылающиеся домены | ссылающиеся IP подсети | ссылающиеся IP-адреса

Ранг	1-й год (02.18-02.19)	2-й год (02.19-02.20)	3-й год (02.20-02.21)
Библиотеки мира			
1	Библиотека Конгресса (США) 946K 11M 244K 68K 129K	Библиотека Конгресса (США) 726K 10M 244K 63K 123K	Библиотека Конгресса (США) 492K 11M 317K 80K 166K
2	Национальная медицинская библиотека (США) 417K 47M 566K 115K 290K	Национальная медицинская библиотека (США) 382K 67M 570K 101K 261K	Национальная медицинская библиотека (США) 399K 82M 828K 136K 378K
3	Библиотека Утрехтского университета (Нидерланды) 159K 8M 47K 21K 32K	Библиотека Утрехтского университета (Нидерланды) 189K 2M 42K 18K 29K	Библиотека Корнелльского университета (США) 744K 1M 31K 15K 23K
4	Библиотека Корнелльского университета (США) 238K 10M 26K 13K 18K	Библиотека Корнелльского университета (США) 245K 7M 24K 11K 16K	Библиотека Утрехтского университета (Нидерланды) 219K 1M 57K 23K 40K
5	Библиотека Вагенингенского университета (Нидерланды) 215K 27M 23K 12K 18K	Парламентская библиотека (Япония) 311K 3M 18K 9K 15K	Библиотека Вагенингенского университета (Нидерланды) 322K 2M 33K 14K 25K
6	Библиотеки Мичиганского университета (США) 110K 45M 36K 17K 24K	Библиотека Вагенингенского университета (Нидерланды) 237K 960K 23K 11K 16K	Библиотеки Мичиганского университета (США) 162K 1M 44K 19K 31K
7	Парламентская библиотека (Япония) 298K 3M 21K 11K 17K	Библиотеки Мичиганского университета (США) 119K 949K 35K 15K 24K	Парламентская библиотека (Япония) 252K 2M 27K 12K 23K
8	Национальная сельскохозяйственная библиотека (США) 72K 17M 37K 18K 26K	Национальная сельскохозяйственная библиотека (США) 68K 3M 34K 15K 24K	Национальная сельскохозяйственная библиотека (США) 70K 732K 46K 19K 33K
9	Национальная библиотека Австралии 50K 8M 35K 16K 24K	Библиотека Университета Северного Техаса (США) 216K 4M 13K 6K 9K	Библиотека Университета Северного Техаса (США) 254K 1M 16K 8K 12K
10	Библиотеки Университета Торонто (Канада) 121K 1M 20K 10K 14K	Национальная библиотека Испании 176K 15M 15K 5K 8K	Библиотеки Университета Торонто (Канада) 115K 785K 23K 11K 16K
Национальные библиотеки			
1	Библиотека Конгресса (США) 946K 11M 244K 68K 129K	Библиотека Конгресса (США) 726K 10M 244K 63K 123K	Библиотека Конгресса (США) 492K 11M 317K 80K 166K
2	Национальная медицинская библиотека (США) 417K 47M 566K 115K 290K	Национальная медицинская библиотека (США) 382K 67M 570K 101K 261K	Национальная медицинская библиотека (США) 399K 82M 828K 136K 378K
3	Парламентская библиотека (Япония) 298K 3M 21K 11K 17K	Парламентская библиотека (Япония) 311K 3M 18K 9K 15K	Парламентская библиотека (Япония) 252K 2M 27K 12K 23K

Ранг	1-й год (02.18-02.19)	2-й год (02.19-02.20)	3-й год (02.20-02.21)
4	Национальная сельскохозяйственная библиотека (США) 72К 17М 37К 18К 26К	Национальная сельскохозяйственная библиотека (США) 68К 3М 34К 15К 24К	Национальная сельскохозяйственная библиотека (США) 70К 732К 46К 19К 33К
5	Национальная библиотека Австралии 50К 8М 35К 16К 24К	Национальная библиотека Испании 176К 15М 15К 5К 8К	Национальная библиотека Испании 179К 848К 20К 7К 10К
6	Национальная библиотека Испании 139К 38М 17К 6К 9К	Национальная библиотека Австралии 39К 6М 31К 13К 21К	Национальная библиотека Новой Зеландии 665К 2М 10К 5К 9К
7	Национальная библиотека Швеции 111К 15М 13К 6К 9К	Национальная библиотека Швеции 110К 2М 11К 5К 8К	Национальная библиотека Швеции 115К 1М 15К 7К 11К
8	Национальная библиотека им. Сеченьи (Венгрия) 319К 14М 11К 4К 6К	Национальная библиотека Новой Зеландии 432К 2М 8К 4К 6К	Национальная библиотека им. Сеченьи (Венгрия) 505К 2М 13К 4К 7К
9	Национальная библиотека Франции 22К 17М 48К 17К 27К	Национальная библиотека им. Сеченьи (Венгрия) 478К 3М 10К 3К 5К	Национальная библиотека Франции 21К 7М 56К 19К 32К
10	Библиотека и архивы Канады 111К 349К 14К 8К 10К	Национальная библиотека Франции 23К 8М 42К 15К 23К	Британская библиотека (Великобритания) 17К 538К 68К 26К 44К
Публичные библиотеки			
1	Публичная библиотека Нью-Йорка (США) 5К 11М 49К 19К 30К	Публичная библиотека Нью-Йорка (США) 6К 4М 43К 16К 25К	Публичная библиотека Нью-Йорка (США) 5К 597К 56К 20К 35К
2	Публичная библиотека Торонто (Канада) 12К 2М 7К 4К 6К	Публичная библиотека Торонто (Канада) 12К 567К 7К 4К 5К	Публичная библиотека Торонто (Канада) 9К 703К 9К 5К 8К
3	Вологодская областная универсальная научная библиотека (Россия) 32К 151К 5К 2К 3К	Вологодская областная универсальная научная библиотека (Россия) 43К 196К 3К 2К 2К	Вологодская областная универсальная научная библиотека (Россия) 47К 249К 4К 2К 3К
4	Публичная библиотека Сан-Франциско (США) 2К 111К 6К 3К 4К	Публичная библиотека округов Цинциннати и Гамильтон (США) 12К 62К 2К 1К 2К	Публичная библиотеки Гонконга 2К 146К 6К 3К 5К
5	Шанхайская библиотека (Китай) 2К 111К 4К 3К 4К	Публичная библиотека Сан-Франциско (США) 2К 107К 5К 3К 3К	Тверская областная универсальная научная библиотека им. А.М. Горького (Россия) 3К 44К 5К 3К 5К
6	Тверская областная универсальная научная библиотека им. А.М. Горького (Россия) 3К 50К 4К 3К 3К	Публичная библиотеки Гонконга 2К 189К 3К 2К 3К	Публичная библиотеки округов Цинциннати и Гамильтон (США) 5К 62К 3К 2К 2К
7	Публичная библиотека округов Цинциннати и Гамильтон (США) 6К 19К 3К 2К 2К	Новосибирская государственная областная научная библиотека (Россия) 15К 68К 1К 1К 1К	Публичная библиотека Сан-Франциско (США) 2К 29К 6К 3К 5К
8	Публичная библиотеки Гонконга 2К 202К 3К 2К 3К	Тверская областная универсальная научная библиотека им. А. М. Горького (Россия) 3К 40К 3К 2К 2К	Публичная библиотека округа Хеннепин (США) 3К 17К 3К 2К 2К
9	Новосибирская государственная областная научная библиотека (Россия) 10К 62К 2К 1К 1К	Шанхайская библиотека (Китай) 1К 49К 4К 2К 3К	Публичная библиотека Лос-Анджелеса (США) 396 98К 8К 4К 7К
10	Кировская ордена Почёта государственная универсальная областная научная библиотека имени А.И. Герцена (Россия) 2К 59К 4К 2К 3К	Публичная библиотека округа Хеннепин (США) 4К 23К 3К 1К 2К	Свободная библиотека Филадельфии (США) 573 79К 6К 3К 4000
Вузовские библиотеки			
1	Библиотека Утрехтского университета (Нидерланды) 159К 8М 47К 21К 32К	Библиотека Утрехтского университета (Нидерланды) 189К 2М 42К 18К 29К	Библиотека Корнелльского университета (США) 744К 1М 31К 15К 23К

Ранг	1-й год (02.18-02.19)	2-й год (02.19-02.20)	3-й год (02.20-02.21)
2	Библиотека Корнелльского университета (США) 238K 10M 26K 13K 18K	Библиотека Корнелльского университета (США) 245K 7M 24K 11K 16K	Библиотека Утрехтского университета (Нидерланды) 219K 1M 57K 23K 40K
3	Библиотека Вагенингенского университета (Нидерланды) 215K 27M 23K 12K 18K	Библиотека Вагенингенского университета (Нидерланды) 237K 960K 23K 11K 16K	Библиотека Вагенингенского университета (Нидерланды) 322K 2M 33K 14K 25K
4	Библиотеки Мичиганского университета (lib.umich.edu; США) 110K 45M 36K 17K 24K	Библиотеки Мичиганского университета (lib.umich.edu; США) 119K 949K 35K 15K 24K	Библиотеки Мичиганского университета (lib.umich.edu; США) 162K 1M 44K 19K 31K
5	Библиотеки Университета Торонто (Канада) 121K 1M 20K 10K 14K	Библиотека Университета Северного Техаса (США) 216K 4M 13K /6K 9K	Библиотека Университета Северного Техаса (США) 254K 1M 16K 8K 12K
6	Библиотека Университета Северного Техаса (США) 207K 11M 12K 7K 9K	Библиотеки Университета Торонто (Канада) 94K 2M 16K 8K 11K	Библиотеки Университета Торонто (Канада) 115K 785K 23K 11K 16K
7	Техасский университет – Библиотеки Остина (США) 49K 276K 32K 15K 22K	Техасский университет - Библиотеки Остина (США) 60K 376K 28K 12K 18K	Техасский университет - Библиотеки Остина (США) 68K 768K 33K 15K 23K
8	Библиотеки Технического университета Вирджинии (США) 49K 349K 13K 7K 9K	Библиотеки Университета Айовы (США) 44K 612K 13K 7K 10K	Библиотеки Технического университета Вирджинии (США) 72K 257K 17K 8K 12K
9	Библиотеки Университета Пенсильвании (США) 14K 7M 31K 14K 19K	Библиотеки Технического университета Вирджинии (США) 60K 337K 13K 6K 9K	Библиотеки Университета штата Мичиган (lib.msu.edu; США) 115K 218K 13K 6K 8K
10	Библиотеки Университета Висконсина (США) 26K 638K 15K 8K 10K	Библиотека Калифорнийского университета в Беркли (США) 27K 1M 17K 9K 12K	Библиотеки Университета Британской Колумбии (США) 91K 337K 10K 5K 8K

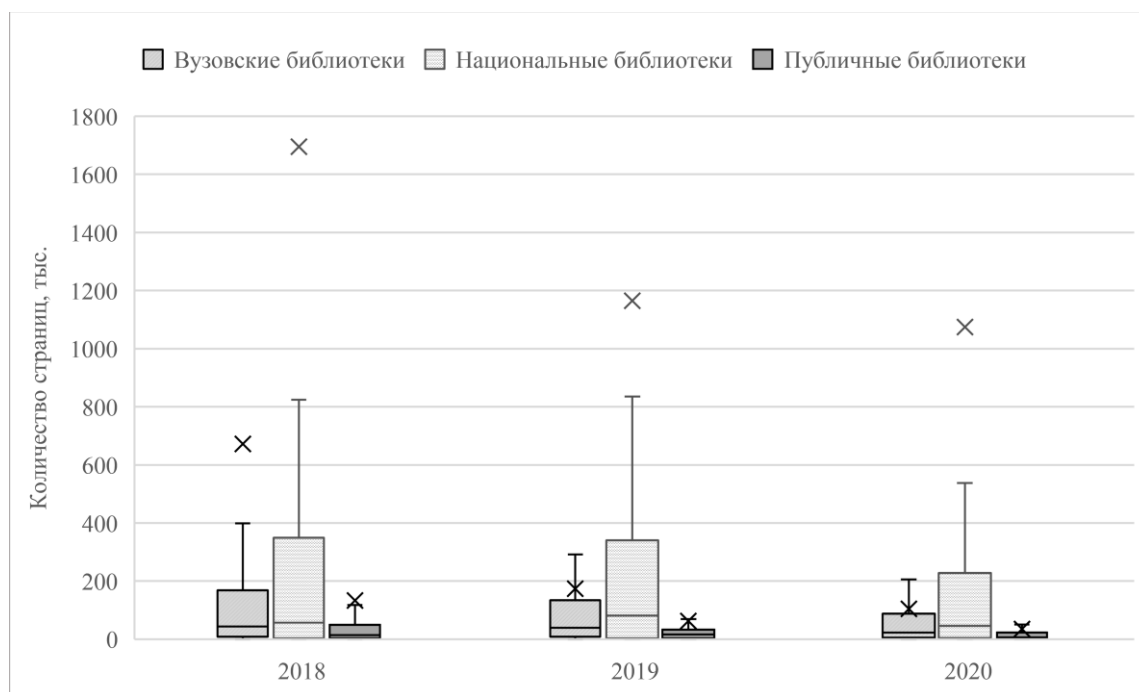


Рис. 2. Количество индексируемых страниц на сайтах библиотек разных типов

Увеличение или уменьшение индексируемого веб-контента на библиотечных сайтах хорошо передает индикатор размера сайта. Изменения этого веб-индикатора показывают снижение общего количества страниц, проиндексированных поисковой системой Google, на сайтах библиотек разных типов

(рис. 2). Тенденция постепенного снижения среднего количества страниц на сайтах библиотек может быть следствием снижения относительной релевантности контента этих сайтов с точки зрения поисковых алгоритмов Google, что является тревожной тенденцией. Наблюдается значительный разрыв между средними

значениями индикатора и его медианными значениями для сайтов национальных библиотек, что свидетельствует о большом отрыве некоторых сайтов с высокими значениями индикатора от остальных сайтов национальных библиотек. Основная масса сайтов публичных библиотек характеризуется относительно небольшими размерами, что может свидетельствовать о слабой активности библиотек этого типа в генерации и аккумуляции цифрового контента, консервативном восприятии сайта как информационного ресурса для продвижения традиционных услуг библиотеки.

Анализ динамики изменения количества полнотекстовых документов на сайтах показал, что библиотеки всех типов, прежде всего национальные и вузовские, стремятся формировать и расширять цифровые коллекции. Средняя динамика роста количества полнотекстовых материалов в течение трех лет для национальных библиотек составила 48,8%, для вузовских библиотек – 43,4%, для сайтов публичных библиотек – 12,1%. Однако медианное значение индикатора для библиотек разных типов от года к году практически не меняется: для вузовских библиотек – 1056 (2018), 1154 (2019), 1040 (2020); для национальных библиотек – 1381 (2018), 1278 (2019), 1269 (2020); для публичных библиотек – 1122 (2018), 1388 (2019), 1262 (2020) (рис. 3). Это связано с тем, что существенный прирост полнотекстовых коллекций (в сотни и тысячи процентов) на сайтах из года в год демонстрирует только незначительная часть библиотек (50 сайтов), для остальных библиотек (240 сайтов) коэффициент прироста полнотекстовых документов составляет менее 100 %.

Количество внешних ссылок на сайт является индикатором его авторитетности, анализ количества ссылок позволяет оценить интерес к публикуемому на сайте библиотеки контенту. Оценка динамики изменения ссылочных показателей по трем веб-индикаторам (домены, IP-подсети и IP-адреса) способствует воссозданию объективной картины посещаемости сайтов библиотек с внешних источников и отсеиванию так называемых «мусорных» ссылок, если они были. Наблюдается постепенный рост количества ссылающихся доменов, IP-сетей и IP-адресов (рис. 4-6), что может свидетельствовать о повышении интереса к размещаемой на сайтах информации и усилении авторитета библиотек в веб-пространстве. Прежде всего это характерно для сайтов вузовских и национальных библиотек мира. Библиотеки, занимающие лидирующие позиции в рейтинге национальных и вузовских библиотек, являются авторитетными источниками для сайтов-доноров.

Для сайтов российских библиотек (национальные, федеральные, публичные) тенденции развития несколько иные. По сравнению с зарубежными национальными библиотеками прирост полнотекстовых материалов на сайтах российских библиотек этого типа весьма незначительный – всего 3,1%. Наблюдается снижение общего количества страниц на сайтах российских библиотек, однако по сравнению с сайтами зарубежных библиотек оно не такое существенное, в большей степени такая тенденция характерна для сайтов федеральных библиотек (-50,4%). Ссылочные показатели сайтов российских библиотек растут незначительно.

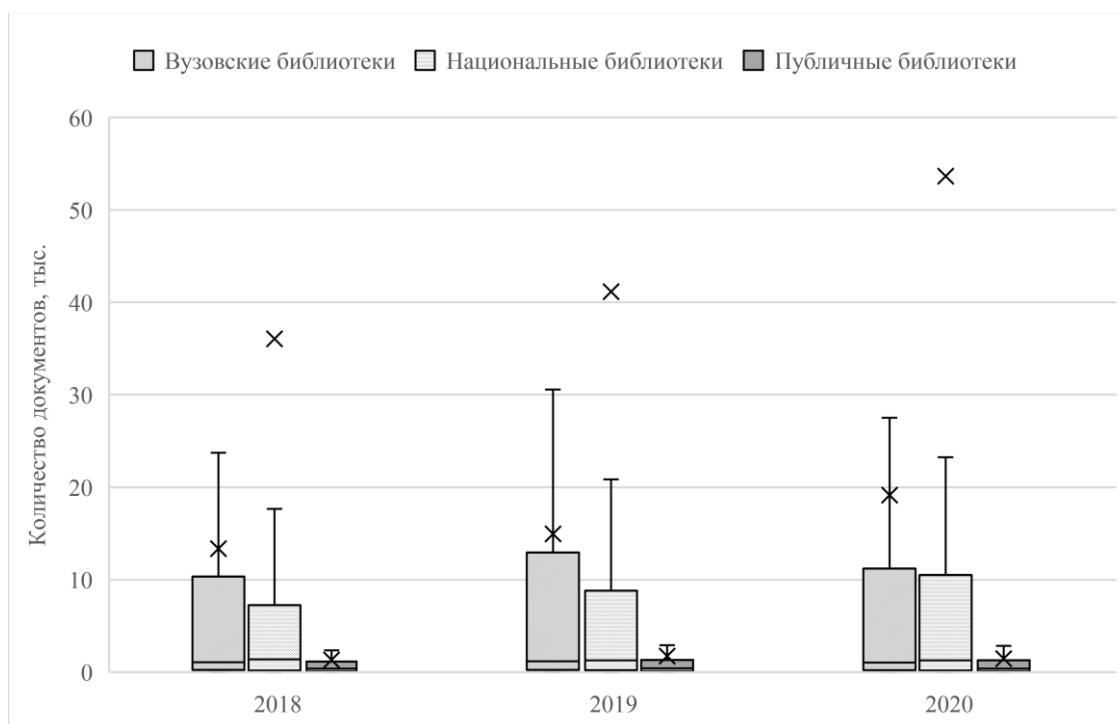


Рис. 3. Объем полнотекстовых документов на сайтах библиотек мира

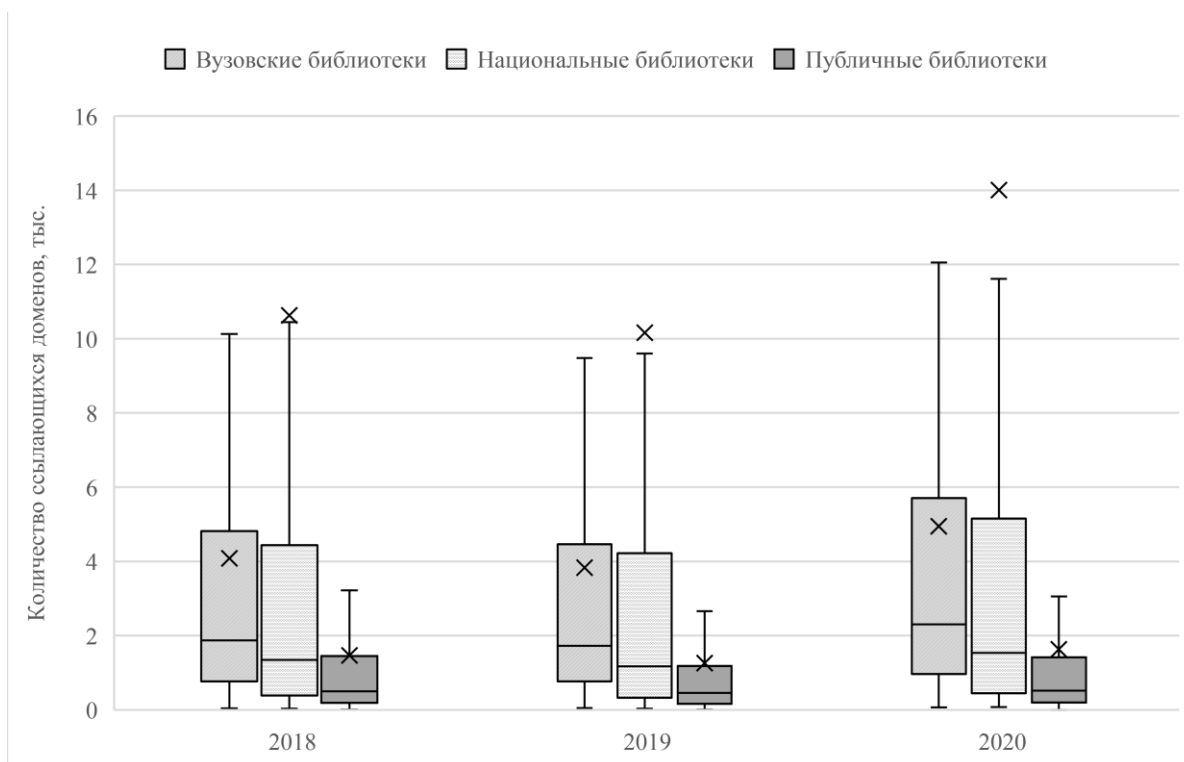


Рис. 4. Динамика изменения количества доменов, ссылающихся на сайты библиотек

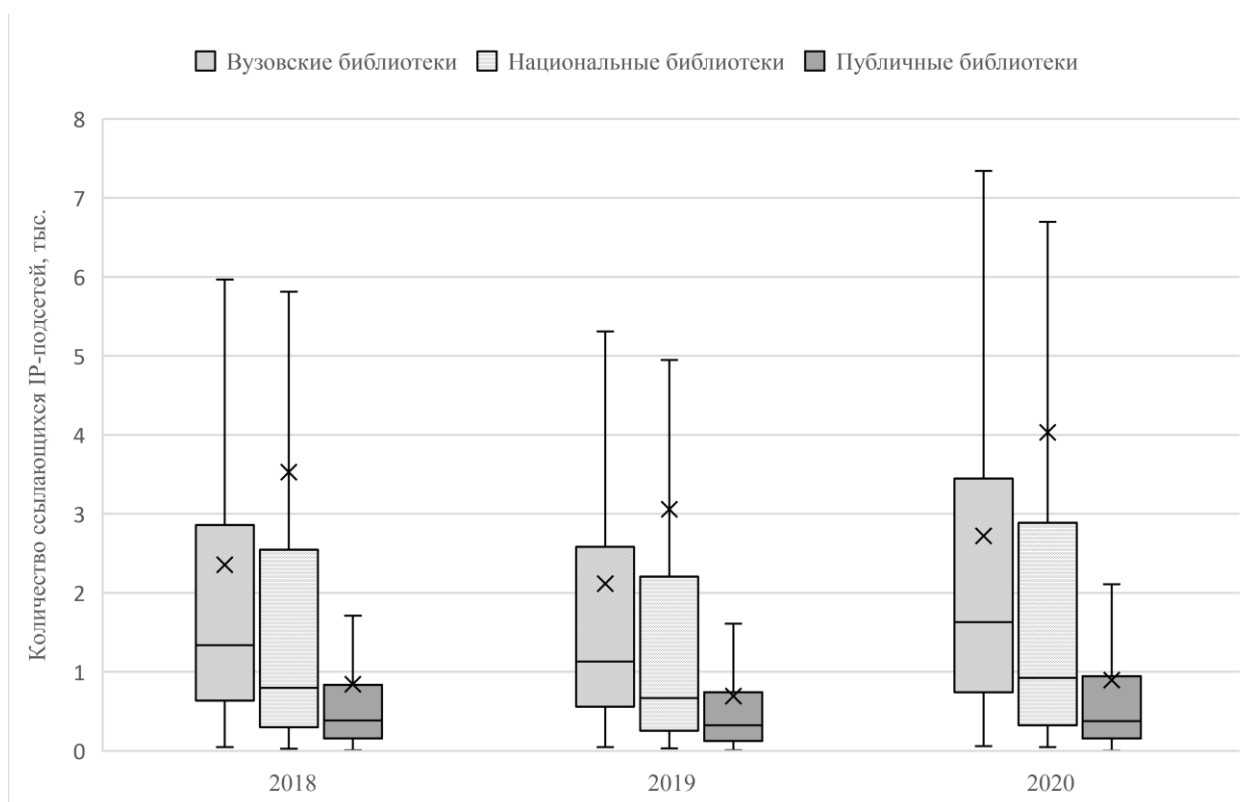


Рис. 5. Динамика изменения количества IP-подсетей, ссылающихся на сайты библиотек

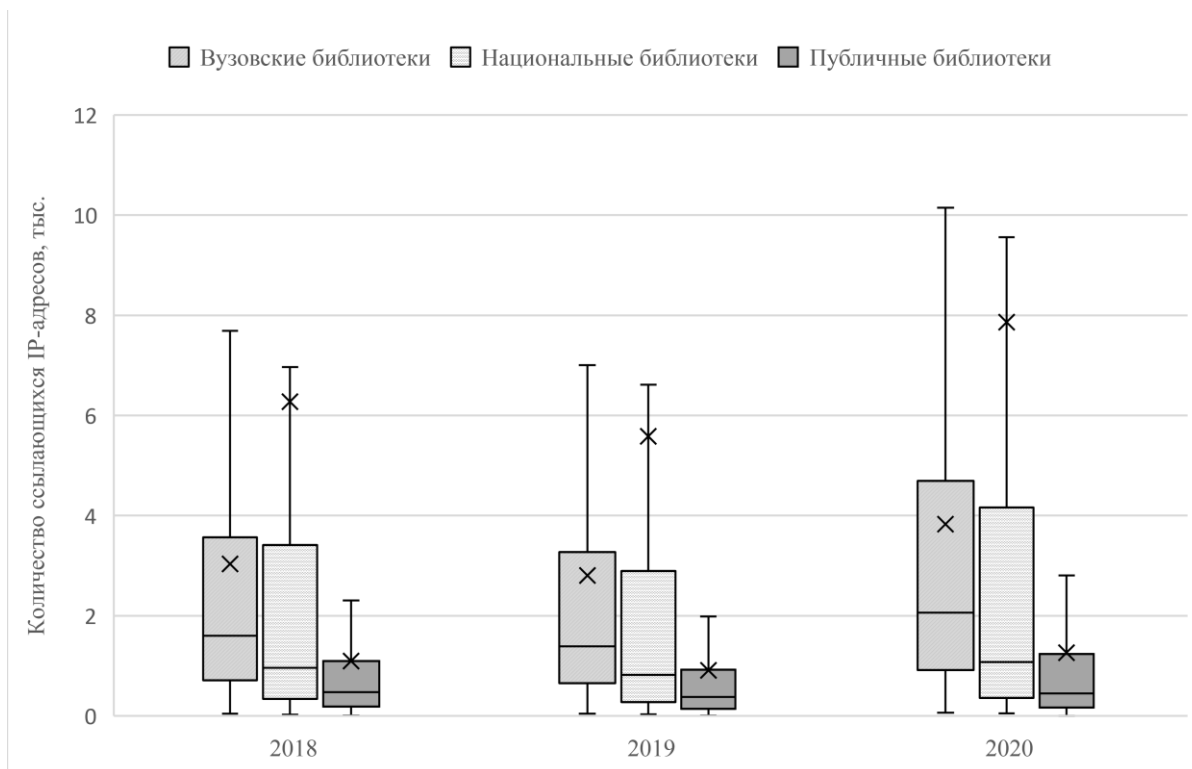


Рис. 6. Динамика изменения количества IP-адресов, ссылающихся на сайты библиотек

Таблица 5

Топ-10 российских библиотечных сайтов по результирующей мере.
Средние показатели: объем полнотекстовых файлов | размер сайта | ссылающиеся домены | ссылающиеся IP подсети | ссылающиеся IP-адреса

Ранг	1-й год (02.18-02.19)	2-й год (02.19-02.20)	3-й год (02.20-02.21)
1	Российская национальная библиотека (г. Санкт-Петербург) 11К 164К 8К 4К 6К	Российская национальная библиотека (г. Санкт-Петербург) 21К 326К 6К 3К 5К	Вологодская областная универсальная научная библиотека 47К 249К 4К 2К 3К
2	Вологодская областная универсальная научная библиотека 32К 151К 5К 2К 3К	Вологодская областная универсальная научная библиотека 43К 196К 3К 2К 2К	Российская государственная библиотека (г. Москва) 8К 779К 12К 6К 9К
3	Российская государственная библиотека (г. Москва) 6К 2М 14К 6К 9К	Российская государственная библиотека (г. Москва) 8К 836К 10К 5К 7К	Российская национальная библиотека (г. Санкт-Петербург) 9К 226К 7К 4К 6К
4	Новосибирская государственная областная научная библиотека 1К 62К 2К 1К 1К	Новосибирская государственная областная научная библиотека 15К 68К 1К 1К 1К	Тверская областная универсальная научная библиотека им. А.М. Горького 3К 44К 5К 3К 5К
5	Тверская областная универсальная научная библиотека им. А.М. Горького 3К 5К 4К 3К 3К	Тверская областная универсальная научная библиотека им. А.М. Горького 3К 4К 3К 2К 2К	Научная педагогическая библиотека имени К.Д. Ушинского (г. Москва) 9К 21К 1К 1К 1К
6	Архангельская областная научная библиотека имени Н.А. Добролюбова 6К 3К 2К 1К 1К	Архангельская областная научная библиотека имени Н.А. Добролюбова 7К 36К 1К 1К 1К	Новосибирская государственная областная научная библиотека 5К 48К 2К 1К 1К
7	Научная педагогическая библиотека имени К.Д. Ушинского (г. Москва) 8К 22К 1К 1К 1К	Кировская ордена Почёта государственная универсальная областная научная библиотека имени А.И. Герцена 2К 69К 3К 2К 2К	Архангельская областная научная библиотека имени Н.А. Добролюбова 6К 28К 1К 900 1К

Ранг	1-й год (02.18-02.19)	2-й год (02.19-02.20)	3-й год (02.20-02.21)
8	Кировская ордена Почёта государственная универсальная областная научная библиотека имени А.И. Герцена 2К 59К 4К 2К 3К	Научная педагогическая библиотека имени К.Д. Ушинского (г. Москва) 8К 2К 1К 1К 1К	Центральная универсальная научная библиотека имени Н.А. Некрасова (г. Москва) 9К 4К 1К 1К 1К
9	Центральная городская публичная библиотека имени В.В. Маяковского (г. Санкт-Петербург) 5К 61К 1К 1К 1К	Кемеровская областная научная библиотека имени В.Д. Фёдорова 3К 27К 1К 1К 1К	Центральная городская публичная библиотека имени В.В. Маяковского (г. Санкт-Петербург) 5К 26К 1К 1К 1К
10	Иркутская областная государственная универсальная научная библиотека им. И.И. Молчанова-Сибирского 8К 78К 1К 400 500	Центральная городская публичная библиотека имени В.В. Маяковского (г. Санкт-Петербург) 6К 35К 1К 1К 1К	Кемеровская областная научная библиотека имени В.Д. Фёдорова 2К 13К 2К 2К 2К

Рейтинг сайтов российских библиотек представлен в табл. 5. Типология российских библиотек, сайты которых представлены в этом рейтинге, отражена в табл. 1. Лидирующие позиции среди российских библиотек заняли сайты ведущих национальных библиотек (Российская национальная библиотека (РНБ, г. Санкт-Петербург) и Российская государственная библиотека (РГБ, г. Москва) и сайты некоторых центральных библиотек (Вологодская областная универсальная научная библиотека, Новосибирская государственная областная научная библиотека, Тверская областная универсальная научная библиотека им. А.М. Горького и др.).

Сайт РНБ занимает первенство в рейтинге на протяжении нескольких лет. В 2020 г. сайт перемещается на 3-е место в российском рейтинге, падение его позиций отмечается и в мировом рейтинге. Анализ динамики веб-индикаторов сайта библиотеки показал, что на снижение позиций в рейтинге повлияло падение зафиксированных Google страниц по отношению к предшествующему году (-30,46%) и количества полнотекстовых документов (-56,05%). Второе место на протяжении двух лет занимал сайт Вологодской областной универсальной научной библиотеки. В 2020 г. её сайт перемещается на первое место, занимая первенство среди ведущих библиотек России. В мировом рейтинге сайт этой библиотеки также занимает достойную позицию – 55 (1-й – 2-й годы) и 57 (3-й год) места, составляя серьезную конкуренцию другим российским библиотекам в библиотечно-информационном веб-пространстве. Средний показатель объема полнотекстовых файлов, проиндексированных поисковой системой Google, для сайта Вологодской областной универсальной научной библиотеки составляет более 40 тыс. файлов, средний ежегодный прирост – более 7 тыс. Размер сайта (198 тыс. – среднее число страниц за три года) ежегодно увеличивается почти на 49 тыс. страниц. Высокие средние значения количества страниц сайтов библиотек объясняются информационной составляющей сайтов [20]. За три года количество полнотекстовых материалов на сайте библиотеки выросло на 48,3%, а число веб-страниц сайта – на 64,8%. Ссылочные показатели изменились незначительно.

Среди других сайтов российских библиотек положительная динамика развития в библиотечно-информационном веб-пространстве наблюдается для сайта Рязанской областной универсальной научной библиотеки им. М. Горького – с 42 места сайт переместился на 15 позицию (+27). Количество индексируемых страниц в среднем ежегодно увеличивалось более чем на 1200, прирост числа полнотекстовых документов в среднем составлял +526 файлов в год, ссылочные показатели (ссылающиеся домены, IP подсети, IP-адреса) увеличились в пять раз. На 19 позиций вверх – с 57 на 38 место – поднялся сайт Камчатской краевой научной библиотеки им. С.П. Крашенинникова – показал рост всех показателей: объема полнотекстовых материалов (+986), количества веб-страниц (+2430), ссылающихся доменов (+23), ссылающихся IP подсети (+32), ссылающихся IP-адресов (+26). Сайт Тюменской областной научной библиотеки им. Д. И. Менделеева также поднялся в рейтинге на 17 позиций, переместившись с 53 на 36 место, индикаторы при этом демонстрировали разнонаправленную динамику: полнотекстовые документы (+292), веб-страницы (-28467), ссылающиеся домены (+198), ссылающиеся IP подсети (+155), ссылающиеся IP-адреса (+154).

Оценка динамики развития сайтов российских библиотек показала, что 47 (47,5%) из 99 сайтов имеют положительную динамику развития в библиотечно-информационном веб-пространстве, ежегодно растет число страниц и количество полнотекстовых документов на сайте, повышаются ссылочные показатели, в результате сайты поднимаются в рейтинге. Стабильно развиваются, удерживая занятые позиции 12 сайтов, тогда как 40 сайтов теряют свои места в рейтинге, перемещаясь на более низкие места. Так, сайт Национальной библиотеки Удмуртской Республики переместился с 43 на 85 место (-42).

Можно утверждать, что почти половина библиотек активно вкладывается в развитие своих сайтов размещая новый контент, в том числе полнотекстовые документы, наращивая авторитет в виде ссылочной массы, что в свою очередь, увеличивает её индексацию в популярных поисковых системах, повышает позиции в поисковых выдачах, способствует росту посещаемости сайта и усилению положительной репутации библиотеки в веб-пространстве.

ВЫВОДЫ

Вебометрическое исследование сайтов библиотек предоставляет возможность изучения позиций и развития отдельных библиотек и их групп в мировом веб-пространстве. Результаты исследования библиотечно-информационного веб-пространства позволили сделать несколько выводов:

- только часть веб-индикаторов демонстрирует высокие коэффициенты корреляции с показателями посещаемости, что свидетельствует об их значении для интегральной оценки востребованности веб-ресурсов библиотеки, к таким индикаторам мы отнесли показатели, характеризующие количество контента на сайте (количество страниц и количество полнотекстовых документов), и показатели, характеризующие внешние ссылки на сайт (ссылающиеся домены, ссылающиеся IP-сети, ссылающиеся IP-адреса);

- значимость веб-индикатора количества полнотекстовых документов на сайте заметно выше других рассматриваемых метрик, что свидетельствует о высокой роли цифровых коллекций для библиотек;

- ведущие строчки рейтинга сайтов мирового библиотечно-информационного веб-пространства занимают сайты национальных библиотек США и библиотек крупнейших университетов, что, в свою очередь, хорошо коррелирует с объемами их фондов. Российские национальные библиотеки, являясь национальными фондодержателями, в мировом рейтинге выглядят менее внушительно, занимая более скромные позиции, чем могли бы;

- значительное число публичных библиотек, в отличие от национальных и ведущих вузовских библиотек, до сих пор рассматривает сайт не более как инструмент продвижения традиционных услуг, что выражается в небольших размерах и незначительном количестве полнотекстовых документов;

- некоторые российские центральные библиотеки вполне конкурентоспособны в мировом масштабе;

- зарубежные национальные и вузовские библиотеки активно наращивают открытые цифровые коллекции, российские библиотеки в этом заметно отстают, несмотря на богатые возможности;

- среднее количество проиндексированных страниц сайтов всех типов зарубежных и российских библиотек ежегодно снижается, что может свидетельствовать о потере «авторитета» контента этих сайтов с точки зрения поисковых алгоритмов Google;

- вузовские и национальные библиотеки, особенно ведущие, сохраняют и постепенно наращивают свой авторитет с точки зрения количества ссылок (ссылающиеся домены, ссылающиеся IP-сети, ссылающиеся IP-адреса) на контент, размещаемый на их сайтах;

- почти половина сайтов российских библиотек, рассматриваемых в нашем исследовании, демонстрирует положительную динамику развития в веб-пространстве за последние три года.

Полагаем, что результаты этого и подобных исследований позволят руководству и ответственным лицам библиотек не только определить текущие позиции своего сайта в библиотечно-информационном веб-пространстве, оценить результаты усилий по-

следних лет, но и, основываясь на полученных результатах, планировать дальнейшую стратегию его развития. Отсутствие единой аналитической базы создает определенные трудности для оценки и своевременного совершенствования сайта. Политика открытых данных веб-индикаторов, наличие единой аналитической базы позволят повысить эффективность российских библиотек в мировом веб-пространстве, предоставляя возможность своевременно оценивать текущее состояние сайта, его место в библиотечно-информационном веб-пространстве, что в свою очередь приведет к изменению дальнейшей стратегии развития, повышению востребованности и авторитетности цифровых ресурсов библиотеки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Almind T., Ingwersen P. Informetric analyses on the World Wide Web: methodological approaches to «Webometrics» // *Journal of Documentation*. – 1997. – Vol. 53, № 4. – P. 404–426. DOI: 10.1108/EUM0000000007205.
2. Björneborn L., Ingwersen P. Toward a basis framework for webometrics // *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. – 2004. – Vol. 55, № 14. – P. 1216–1227. DOI: 10.1002/asi.20077.
3. Thelwall M., Vaughan L., Björneborn L. Webometrics // *Annual Review of Information Science and Technology*. – 2005. – Vol. 39. – P. 81–135. DOI: 10.1002/aris.1440390110.
4. Ingwersen P. The Calculation of Web Impact Factors // *Journal of Documentation*. – 1998. – Vol. 54, № 2. – P. 236–243. DOI: 10.1108/EUM0000000007167.
5. Методика расчета показателей // *Ranking Web of Universities*. – URL: <http://www.webometrics.info/en/Methodology> (дата обращения: 22.05.2021).
6. Антопольский А.Б., Поляк Ю.Е., Усанов В.Е. Вебометрический анализ российских научно-образовательных учреждений: новый алгоритм рейтингования // *Актуальные проблемы информационного обеспечения науки, аналитической и инновационной деятельности* // *Материалы 8-й Международной конференции, посвященной 60-летию ВИНТИ РАН*. – Москва, 2012. – С. 42–43.
7. Гуськов А.Е., Быховцев Е.С., Косяков Д.В. Альтернативная вебометрика: исследование веб-трафика сайтов научных организаций // *Научно-техническая информация*. Сер. 1. – 2015. – № 12. – С. 12–28; Guskov A.E., Bykhovtsev E.S., Kosyakov D.V. Alternative Webometrics: Study of the Traffic of the Websites of Scientific Organizations // *Scientific and Technical Information Processing*. – 2015. – Vol. 42, № 4. – P. 274–289.
8. Шокин Ю.И., Веснин А.Ю., Добрынин А.А., Клименко О.А., Рычкова Е.В., Петров И.А. Исследование научного веб-пространства Сибирского отделения Российской академии наук // *Вычислительные технологии*. – 2012. – Т. 17, № 6. – С. 85–98.
9. Шокин Ю.И., Клименко О.А., Рычкова Е.В., Шабальников И.В. Рейтинг сайтов научных

- организаций СО РАН // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13, № 3. – С. 128–135.
10. Aguillo I., Ortega J., Fernandez M. Webometric Ranking of World Universities: Introduction, Methodology, and Future Developments // Higher Education in Europe. – 2008. – Vol. 33, № 2-3. – P. 233-244. DOI: 10.1080/03797720802254031.
 11. Aguillo I., Bar-Ilan J., Levene M., Ortega J. Comparing university rankings // Scientometrics. – 2010. – Vol. 85, № 1. – P. 243-256. DOI: 10.1007/s11192-010-0190-z.
 12. Verma M., Brahma K. A Webometric analysis of National Libraries' websites in South Asia // Annals of Library and Information Studies. – 2017. – Vol. – 64, № 2. – P. 116–124. – URL: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/42441/1/ALIS%2064%282%29%20116-124.pdf> (дата обращения: 22.05.2021).
 13. Гуськов А.Е., Косяков Д.В., Быховцев Е.С. О присутствии академических библиотек в научном веб-пространстве // Материалы Второго Международного профессионального форума «Книга. Культура. Образование. Инновации» ("Крым-2016") (06–12 июня). – Москва: ГПНТБ России, 2016. – С. 422–429.
 14. Dastani M., Atarodi A., Panahi S. Webometrics Ranking of Digital Libraries of Iranian Universities of Medical Sciences // International Journal of Knowledge Content Development & Technology. – 2010. – Vol. 8, № 3. – P. 41–52.
 15. Ghosh S., Roy B.K. Webometric Analysis of Open Access Digital Repositories of Agricultural Sciences in Continents of Oceania // Library Philosophy and Practice. – 2021. – № 2. – P. 1-15.
 16. Ismail N.A., Ramzi N.I., Mohamed S.E.N., Razak M.S.H. Webometric analysis of institutional repositories of malaysian public universities // DESIDOC Journal of Library and Information Technology. – 2021. – Vol. 41, № 2. – P. 130–139. DOI: 10.14429/djlit.41.02.15649.
 17. Davydova I., Marina O., Marin S., Peleshchyshyn A. Webometric analysis of national libraries websites // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2616. – P. 165-176.
 18. Onaifo D., Rasmussen D. Increasing libraries' content findability on the web with search engine optimization // Library Hi Tech. – 2013. – Vol. 31, № 1. – P. 87–108. DOI: 10.1108/07378831311303958.
 19. Косяков Д.В. Инфраструктура для широко-масштабного сбора вебометрических показателей // Труды ГПНТБ СО РАН. – 2020. – № 1(5). – С. 86–97. DOI: 10.20913/2618-7515-2020-1-86-97.
 20. Косяков Д.В., Гуськов А.Е., Быховцев Е.С. Академические институты России в зеркале вебометрики // Вестник Российской Академии Наук. – 2016. – Т. 86, № 11. – С. 1015–1025. – DOI: 10.7868/S086958731610011X.

Материал поступил в редакцию 27.08.21.

УДАРЦЕВА Ольга Михайловна – младший научный сотрудник Научно-технологического отдела Государственной публичной научно-технической библиотеки Сибирского отделения Российской академии наук (ГПНТБ СО РАН), г. Новосибирск
e-mail: udartseva@spsl.nsc.ru

БЛИНОВ Павел Юрьевич – кандидат технических наук, научный сотрудник Лаборатории наукометрии ГПНТБ СО РАН
e-mail: blinov@spsl.nsc.ru

КОСЯКОВ Денис Викторович – научный сотрудник Лаборатории наукометрии, заместитель директора по развитию ГПНТБ СО РАН
e-mail: kosyakov@spsl.nsc.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК