

О ЗАКОНЕ СОХРАНЕНИЯ МЕРЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аверин Г.В.¹, Константинов И.С.², Звягинцева А.В.³

*(Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Белгород)*

Предлагается подход к изучению феномена информации, исходя из применения мер информации при создании моделей описания темпоральных данных, характеризующих сложные системы. Выполнено теоретическое и экспериментальное обоснование справедливости закона сохранения меры количественной информации на основе использования существующих естественнонаучных представлений о континуальности пространств состояний систем. Сформулированы общесистемные положения, связанные с принципами существования энтропии и потенциала в информационных пространствах состояний. В качестве примера представлены возможности использования предложенного метода при описании опытных данных, характеризующих физическую, биологическую и социальную системы. Научная значимость метода связана с возможностью построения на основе феноменогического подхода информационных моделей сложных систем различной природы.

Ключевые слова: теоретическая информатика, сложные системы, меры информации, законы сохранения.

¹ Геннадий Викторович Аверин, доктор технических наук, профессор (averin@bsu.edu.ru, averin.gennadiy@gmail.com).

² Игорь Сергеевич Константинов, доктор технических наук, профессор (konstantinov@bsu.edu.ru).

³ Анна Викторовна Звягинцева, кандидат технических наук, доцент (zviagintseva@bsu.edu.ru, anna_zv@ukr.net).

1. Введение

Информатика является важной областью творческой деятельности человека, определяющей научное и технологическое развитие общества в XXI веке. Ее методы и средства востребованы во многих областях науки и техники и формируют новые междисциплинарные направления исследований самых разных процессов и явлений. Однако бурное становление информатики происходит за счет ее технологического развития, при этом темпы решения ее фундаментальных и теоретических проблем существенно отстают от темпов совершенствования информационных технологий.

Во многих науках существуют фундаментальные понятия, положенные в их основания. Информатика в целом, как наука о методах и процессах сбора, хранения, обработки, передачи и анализа информации, имеет дело с информацией. Однако анализ множества публикаций о сущности информации приводит к выводу о слабой изученности вопроса, так как однозначного и ясного определения этого понятия дать никому не удалось. Сегодня распространено мнение, что информация наряду с материей и энергией является первичной категорией и одним из атрибутов реального мира и поэтому в строгом смысле не может быть определена.

Исключительность информации связана как с ее универсальностью, так и со специфичностью по отношению к различным областям знаний. Возможно поэтому формулировки данного понятия отличаются чрезвычайной противоречивостью. В науке определения ключевых категорий даются как исходные основания общего процесса построения теорий, а большинство авторов, формулирующих понятия «информация», не ставят перед собой цель развития методологии информатики как фундаментальной науки. Поэтому бесполезно искать что-то общее во множестве существующих определений, в первую очередь, следует научиться измерять и оценивать информацию применительно к объектам и процессам различной природы. При этом следует придерживаться логики, позволяющей развить основные понятия, такие как референты информации, данные, события, знания и т.д. по отношению к реальным процессам для

обеспечения формализованного представления информации о физических, биологических и социальных системах.

Общим предметом изучения различных наук служат наблюдаемые факты изменений в состояниях объектов и систем, представляющие собой закономерный результат различных видов взаимодействий в природе и обществе. При этом любое исследование систем начинается с эмпирических процедур измерения и наблюдения. С помощью измерений дается количественная характеристика свойств объектов путем определения значений параметров в той или иной системе единиц; наблюдения преимущественно позволяют устанавливать факты (события, эффекты, явления), свойственные различным изменениям в состояниях систем. Полученная количественная информация о сложных системах часто хранится в форме массивов данных вида «объекты – показатели – время», при этом данные об объектах при моделировании параметризуются и численно представляются в многомерных информационных пространствах. Такая идеальная информационная модель может быть применена ко многим массивам опытных данных, характеризующим процессы развития и поведения физических, биологических и социальных систем. Задачи данного класса связаны с созданием временных (темпоральных) баз данных. Темпоральные реляционные базы данных используют трехмерные таблицы для хранения информации и представляют собой целое направление в теории СУБД [14]. В теории такая логическая модель данных имеет непосредственное отношение к многомерным информационным пространствам, в которых атрибуты объектов в виде количественных показателей соответствуют атрибутивным переменным в принятых системах координат. В свою очередь, при совершении объектами процессов время выступает общим параметром по отношению к данным переменным. Состояния объектов в таких пространствах абстрактно представляются точками, а процессы изменения состояний – непрерывными кривыми. Подобные информационные пространства состояний систем могут быть идеализированы и формализованы. Если предложить меру (меры) информации для таких пространств и использовать принципы непрерывности и континуальности их представления, то можно установить законы сохранения для

такой меры – своего рода логические аналоги законов сохранения величин в естествознании. Некоторые авторы считают, что отсутствие в современной теории информации законов сохранения можно рассматривать как свидетельство незавершенности этой теории. Если для материи справедливы законы сохранения, то можно полагать, что некоторые аналоги таких законов могут быть применимы и к феномену информации.

Данной актуальной проблеме информатики и посвящена настоящая статья.

2. Постановка задачи

Известно, что в физике существуют скалярные величины, которые являются функциями состояния системы и сохраняются с течением времени. Такой наиболее известной величиной является энергия. Универсальность закона сохранения энергии, согласно теореме Нётер, является следствием принципа однородности времени, что определяет независимость от момента времени законов, характеризующих поведение физических систем. В свою очередь, Пуанкаре, а также Фальк и Юнг отмечали, что уравнение сохранения энергии является математическим выражением, отражающим континуальные закономерности пространств состояний физических систем [17, 29]. Данное уравнение изначально обосновано экспериментально и потом логически распространено на все физические системы.

Указанные принципы свойственны многим сложным системам, так как однородность времени и континуальность пространств состояний систем являются общими закономерностями для множества процессов и явлений, наблюдаемых в природе и обществе. Исходя из этого примем гипотезу, что для систем различной природы могут существовать скалярные величины, которые являются функциями состояния систем (функциями точки) и для которых могут быть сформулированы законы сохранения этих величин, справедливые в определенной предметной области. В данном случае нельзя оперировать понятием «энергия», которое свойственно предметной области физики, а следует использовать более общие категории.

Для того, чтобы получить общий логический аналог «закона сохранения энергии» для биологических, экономических или социальных систем необходимо использовать понятия, которые применимы во многих областях знаний. Естественно в данном случае говорить об информационных величинах по отношению к состояниям объектов, специфичных для каждого класса систем.

Используем информационный подход и связанные с ним понятия и определения, позволяющие провести формализацию задач моделирования состояний систем в информационных пространствах переменных. При этом сразу отметим, что авторы не стремятся дать общее определение понятию информация, понимая всю сложность данной задачи. В первую очередь, речь будет идти о различных мерах количественной информации при решении простых задач создания информационных моделей сложных систем и моделей описания данных, характеризующих эти системы. Только проведя изучение самых различных способов измерения и оценки информации для множества простых случаев, можно приступить к анализу сущности этого феномена и установлению фундаментальных закономерностей в теории информации.

Поэтому целью данной статьи является теоретическое и экспериментальное обоснование справедливости закона сохранения меры количественной информации на основе использования существующих естественнонаучных представлений о континуальности пространств состояний сложных систем.

Если удастся сформулировать такой закон сохранения, то этот результат будет существенным вкладом в процесс конвергенции естественнонаучного и гуманитарного знания.

Далее покажем, что в разных предметных областях информационный подход и системные аналогии, связанные с логикой построения феноменологических моделей, позволяют предложить общие методы описания структурированных опытных данных темпорального вида и сформулировать законы сохранения скалярных величин для систем различной природы.

3. О понятии и уровнях представления информации при описании сложных систем

Одна из фундаментальных проблем науки связана с информацией и ее количественными свойствами. Существующие научные представления в данной области [13, 18, 19, 21 – 24] определяют во многом формирование оснований теории информации, кибернетики, семиотики, теоретической информатики и т.д. В настоящее время имеется несколько десятков определений понятия «информация», наиболее известные из них приведены в таблице 1.

Анализируя существующие формулировки, проф. И. Бекман приводит более 80 определений [4]. Различные точки зрения о сущности информации исходят из того, что она является неотъемлемым свойством материи, субъективной реальностью, формой отражения материи, информационным содержанием живой и неживой природы, результатом взаимодействия материальных систем, особым видом энтропии, целевой функцией и т.д. Понятие информации является настолько сложным и многоаспектным, что на современном этапе развития науки ему крайне тяжело дать общее определение. Тем не менее, существуют различные подходы к оценке и измерению информации и, соответственно, способы введения меры информации. Под мерой информации обычно понимают некоторую непрерывную действительную аддитивную функцию, определенную на множестве событий. Одна из таких мер в виде информационной энтропии была определена К. Шенноном в теории информации путем установления связей с вероятностями состояний систем [24].

Понятие информационной энтропии введено в научный обиход, исходя из аналогий с обобщенным определением энтропии в статистической термодинамике, которое сформулировано Планком. Соответствующая зависимость для энтропии

$$h(Z) = - \sum_{i=1}^P w_i \cdot \log w_i \quad (w_i - \text{вероятность } i\text{-того состояния системы})$$

без теоретического обоснования и по соглашению распространена К. Шенноном на любые физические системы, исходя из аналогий и соображений простоты определения энтропии.

Таблица 1. Некоторые существующие определения понятия «Информация»

Понятие «Информация»	Авторы и источники
Сведения, передаваемые людьми устным, письменным или каким-либо другим способом	БСЭ [5]
Сведения, независимо от формы их представления, воспринимаемые человеком или устройствами как отражение фактов материального мира в процессе коммуникации	ГОСТ 7.0-99 [9]
Знания относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определённом контексте имеют конкретный смысл	ISO/IEC 2382:2015 [30]
Содержание сообщения или сигнала, сведения, рассматриваемые в процессе их передачи или восприятия; одна из исходных общенаучных категорий, отражающая структуру материи и способы её познания, несводимая к другим, более простым понятиям	Математический словарь [16]
Сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления	Федеральный закон № 149-ФЗ [20]
Содержание, полученное из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств.	Н. Винер [7, с. 14]
Мера неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени, мера изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы	В. Глушков [8, с. 53]
Снятая неопределенность наших знаний об объектах, процессах и явлениях	К. Шеннон [24]
Мера изменения во времени и пространстве структурного разнообразия систем	У. Эшби [25]
Сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся о них степень неопределенности, неполноты знаний	Н. Макарова [12]
Отрицательная энтропия (негэнтропия)	Л.Бриллюэн [6, с.12]

Теория информации основана на вероятностных закономерностях, свойственных процессам и явлениям. Однако множество ситуаций не укладываются в информационную модель Шеннона. Большой проблемой является нечеткость определений, что понимается под состоянием физической системы и вероятностью ее состояния. Не всегда представляется возможным установить перечень всех состояний системы, а также оценить их вероятности. Также слабо прослеживается связь информационной энтропии с разнообразными событиями и свойствами, несущими в себе информацию о состоянии и поведении систем.

В данном исследовании под референтом информации будем понимать конкретный атрибут, характеристику, факт или результат, содержание которого может быть непосредственно связано или отождествлено с содержанием, приписываемым феномену информации.

Как отмечают многие авторы, особенностью информации является объединение в своей сущности двух видов информации – статической и динамической. Другими словами, данное понятие имеет непосредственное отношение как к состояниям сложных систем, так и к процессам изменения этих состояний. При этом референтами информации могут выступать и сведения в виде данных, и различные факты в виде событий.

Нести в себе информацию могут также и знания, которые в идеальном случае представляются моделями объектов, процессов и явлений. Таким образом, состояния систем и связанные с этим понятия и закономерности формируют статические представления, а понятия, определения и законы, относящиеся к процессам, могут формировать динамические представления о сущности информации. Исходя из этого, в теории должны быть как модели, характеризующие информационное пространство состояний систем, так и модели, позволяющие описывать процессы в этом пространстве. Для привнесения в теорию реального содержания исходные информационные и математические модели должны основываться на использовании величин, позволяющих верифицировать полученные зависимости по отношению к данным опыта. Соответствующие величины часто носят феноменологический характер, и их использование позво-

ляет получать адекватные модели различных систем, которые уже несут в себе элементы знаний.

Исходя из сказанного выше, в этой статье под данными подразумеваем любые сведения об объекте исследования, его свойствах, параметрах и состоянии, а также окружающей среде в конкретный момент времени. Данные несут в себе статическую часть информации об объекте и выступают в качестве одного из ее референтов.

В качестве второго референта информации будем рассматривать любые факты об объекте исследования – сведения и сообщения о каком-либо событии, процессе или деятельности, свойственном объекту и наблюдаемом с течением времени. Все такие факты в дальнейшем будем называть событиями, несущими в себе динамическую часть информации об объекте.

В свою очередь, под знаниями в идеальном простом случае будем понимать достоверное и адекватное модельное описание или представление объекта исследования, процессов его развития или поведения, отражающее основные особенности и закономерности и предоставляющее новую информацию об объекте. При этом модельные описания понимаем в широком смысле как вербальные, логические, информационные, математические и т.п. модели.

Считаем, что данные, события и знания в комплексе будут нести полную информацию об объекте исследования и определять качественные уровни информации о системе в целом. При этом данные позволят создать формализованное информационное пространство, а вероятностный подход при анализе событий, выделенных по заданному признаку, даст возможность ввести меру информации, определенную на множестве таких событий. Связь между мерой и данными позволит создать вероятностные модели объектов исследования как элементов знаний.

Таким образом, референтами информации выступают данные, события и знания, формирующие различные иерархические уровни ее представления, где каждый следующий уровень отражает новые качества по отношению к предыдущему. В какой-то степени такое представление имеет отношение к информационным DKIW-моделям, используемым в теории информации.

Для того, чтобы применить подобный подход при определении меры информации, необходимо предложить типовую натурную модель сложной системы, которая может быть использована по отношению к объектам и процессам различной природы.

Будем представлять физическую, биологическую, экономическую или социальную систему в виде совокупности однородных объектов, например, изделий, устройств, установок, организаций, предприятий, природных или техногенных объектов, регионов, стран, граждан и т.д. В качестве параметров объектов могут использоваться различные величины физического, информационного, экономического, социального или идентификационного характера. Все объекты системы имеют равное число характерных (атрибутивных) свойств, которые определяются наблюдаемыми параметрами $z_1, z_2, \dots, z_n$ и формируют количественные данные о системе в целом. Каждый объект совершает естественный процесс изменения или развития, в связи с чем его параметры зависят от времени $z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t)$. В результате наблюдений за объектами системы формируется массив темпоральных данных, где каждая таблица имеет структуру «объекты – параметры», а множество таблиц упорядочено во времени с заданным шагом.

Описанной логической модели данных поставим в соответствие идеальную модель информационного пространства. Рассмотрим n -мерное пространство $H^n\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, охватывающее все наблюдаемые состояния объектов. Будем подразумевать под состоянием каждого объекта совокупность его параметров $z_1, z_2, \dots, z_n$, тогда в каждый из моментов времени состояние объекта будет отображаться точкой $M = M(z_1, z_2, \dots, z_n)$. Процессы изменения состояний объектов в пространстве H^n будут иметь вид кривых, описываемых точками M .

Для построения моделей описания данных, информация о которых может быть представлена в указанном выше виде, используем принципы моделирования, сформулированные в работах [1, 3, 11].

Континуальный принцип представления количественных данных в пространстве H^n позволяет учитывать закономерности, свойственные изучаемой предметной области, и рассматривать

имеющиеся опытные данные как некоторую дискретную выборку из сплошной информационной среды.

Вероятностный принцип распределения данных в информационном пространстве дает возможность проверить гипотезу о существовании многомерного распределения данных. Считается, что эмпирическое распределение может быть определено на основе оценок статистических вероятностей событий, характеризующих местоположение опытной точки относительно всей группы изучаемых объектов (всего облака точек M). С этой целью каждое состояние объекта в информационном пространстве характеризуется как совокупностью параметров объекта, так и совместным событием наблюдения данной совокупности. Для оценки вероятности такого события используются методы алгоритмического определения вероятностей событий [3, 11, 27].

Принцип феноменологического описания массивов темпоральных данных позволяет создавать модели континуального информационного пространства с учетом связей вероятности состояний с параметрами системы в целом.

Введем понятие эмпирической меры состояния системы w . Будем рассматривать предлагаемую меру как некоторую скалярную функцию информационного пространства состояний, комплексно отражающую положение каждой точки M в пространстве H^n . Так как при оценке и измерении информации обычно используется вероятностный подход, примем в качестве эмпирической меры статистическую вероятность совместных событий, связанных с одновременным наблюдением совокупности параметров $w = W(z_1, z_2, \dots, z_n)$. Назовем эту вероятность вероятностью состояния системы в точке M . Поставим задачу определить меры количественной информации в пространстве H^n , используя статистическую связь вида $w = W(z_1, z_2, \dots, z_n)$. Принятая эмпирическая мера не может выступать в таком качестве, так как она не является аддитивной величиной.

4. Модели описания данных и закон сохранения меры количественной информации

Известно, что феноменологические модели характеризуют наблюдаемые свойства объектов, а также их изменения, без

рассмотрения механизмов и сущности происходящих процессов. Такие модели, в целом, с достаточной точностью позволяют описывать опытные данные и прогнозировать особенности формирования состояний объектов во времени.

Рассмотрим общую задачу феноменологического описания сложных систем, характеризующихся совокупностью разных параметров и совместным событием наблюдения этих величин. Предположим, что для m однотипных объектов, представляющих систему определенной природы, в темпоральных массивах данных содержится количественная информация об n параметрах, характеризующих множество свойств данной системы.

На основе переменных $z_1, z_2, \dots, z_n$ сформируем многомерное пространство координат H^n , в котором все состояния объектов отобразятся облаком точек. Состояния в своей сути содержат информацию о континуальных закономерностях пространства H^n , так как состояния объектов и процессы их изменения подчиняются определенным закономерностям, свойственным всему континууму H^n . Поэтому будем считать, что опытные точки являются ограниченной дискретной выборкой наблюдений из генеральной совокупности бесконечного количества состояний, непрерывно заполняющих пространство H^n .

Будем использовать следующие аксиомы.

1. Пусть в пространстве состояний системы H^n каждой точке M поставлено в соответствие действительное число w ($0 \leq w \leq 1$) в виде эмпирической меры, которое будем называть статистической вероятностью состояния M .

2. Величина $w(M)$ образует скалярное вероятностное поле, которое является непрерывным в пространстве H^n .

Предположим, что вероятностное поле $w(M)$ связано со скалярным полем некоторой аналитической функции $\theta(z_1, z_2, \dots, z_n)$, которую определим как абсолютный индекс пространства состояний системы. Пусть функция θ будет известна и представлена геометрической вероятностью $\theta = (z_1 \cdot \dots \cdot z_n) / (z_{1 \max} \cdot \dots \cdot z_{n \max})$ пространства H^n или функцией относительных изменений параметров объектов $\theta = (z_1 \cdot \dots \cdot z_n) / (z_{1_0} \cdot \dots \cdot z_{n_0})$, где $z_{k \max}$, z_{k_0} – соответственно максимально наблюдаемые или опорные значе-

ния величин z_k ($k = 1, \dots, n$). Для построения феноменологической модели описания данных сформулируем гипотезу.

3. Пусть в пространстве состояний некоторой системы H^n скалярные поля величин w и θ однозначно связаны между собой. Если в окрестности любой точки M объект системы осуществляет некоторый процесс l , то для линии процесса l справедливо соотношение $dw = c_l \cdot d\theta$, где c_l – эмпирические величины, которые являются функциями процесса.

Известно, что в любом процессе l элементарное изменение эмпирической меры w можно представить в виде:

$$(1) \quad dw = \left(\frac{\partial w}{\partial \theta} \right)_{z_2 \dots z_n} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z_1} \right) dz_1 + \dots + \left(\frac{\partial w}{\partial \theta} \right)_{z_1 \dots z_{n-1}} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z_n} \right) dz_n;$$

$$(2) \quad dw = c_1 \cdot \left(\frac{\partial \theta}{\partial z_1} \right) dz_1 + c_2 \cdot \left(\frac{\partial \theta}{\partial z_2} \right) dz_2 + \dots + c_n \cdot \left(\frac{\partial \theta}{\partial z_n} \right) dz_n.$$

Величины $c_k = \left(\frac{\partial w}{\partial \theta} \right)_{\dots, z_{k-1}, z_{k+1}, \dots}$ зависят от параметров

свойств.

Уравнение (2) представляет собой пфаффову дифференциальную форму, которая в окрестности точки M по определению является голономной [3]. Поэтому для уравнения (2) существует интегрирующий делитель, обращающий данное уравнение в полный дифференциал. Таким делителем будет функция θ , принятая в виде геометрической вероятности или функции относительных изменений. Подставив данную функцию в уравнение (2) и деля его на θ , получим:

$$(3) \quad ds = \frac{dw}{\theta} = c_1 \cdot \frac{dz_1}{z_1} + c_2 \cdot \frac{dz_2}{z_2} + \dots + c_n \cdot \frac{dz_n}{z_n}.$$

Интегрируя уравнение (3) при условно постоянных c_k , определим общий интеграл s :

$$(4) \quad s - s_0 = c_1 \cdot \ln \left(\frac{z_1}{z_{1*}} \right) + c_2 \cdot \ln \left(\frac{z_2}{z_{2*}} \right) + \dots + c_n \cdot \ln \left(\frac{z_n}{z_{n*}} \right),$$

где $z_{1*}, \dots, z_{n*}$ – параметры некоторого опорного состояния или максимально наблюдаемые значения величин z_k ($k = 1, \dots, n$).

Определим общий интеграл s как энтропию, исходя из аналогий с термодинамикой. Энтропия является характеристической функцией пространства состояний системы. Изменение данной функции зависит только от начального и конечного состояния объекта и не зависит от пути его перехода между этими состояниями.

Энтропия является аддитивной величиной и может быть принята в качестве одной из мер оценки и измерения количественной информации. Покажем, что таких мер информации может быть предложено бесконечно много.

Рассмотрим взаимосвязь различных общих интегралов уравнения (2). Из теории известно [15], что, если уравнение Пфаффа имеет интегрирующий делитель и общий интеграл $s(z_1, z_2, \dots, z_n) = C$, то может существовать бесконечное количество делителей и соответствующих им интегралов уравнения (2). Поэтому будем исходить из возможности представления любого общего интеграла ω уравнения (2) и известного вида зависимости (3) для энтропии, тогда:

$$(5) \quad d\omega = \frac{d\omega}{P}; \quad ds = \frac{d\omega}{\theta} \quad \text{или} \quad d\omega = P \cdot d\omega = \theta \cdot ds,$$

где P и θ – интегрирующие делители, а $1/\theta$ и $1/P$ – интегрирующие множители.

Известно, что, если $1/\theta$ – интегрирующий множитель уравнения Пфаффа для двух переменных z_1 и z_2 , а s – соответствующий ему общий интеграл уравнения, то всякий интегрирующий множитель μ этого уравнения дается формулой [15]:

$$(6) \quad \mu = \frac{1}{\theta} \varphi(s),$$

где φ – произвольная дифференцируемая функция, а зависимость между величинами ω и s имеет вид $d\omega = \varphi(s)ds$.

Можно показать, что уравнение (6) справедливо и для многомерного уравнения Пфаффа (2).

Из приведенных выше уравнений получаем, что произвольную функцию $\varphi(s)$ можно представить как отношение

$$(7) \quad \varphi(s) = \frac{\theta}{P} = \frac{d\omega}{ds},$$

причем, подбирая различные множители P , можно получить бесконечное множество функций $\varphi(s)$, каждая из которых будет обладать определенными свойствами.

Величину P в уравнении (5) можно рассматривать как плотность распределения вероятности $P(\omega)$ по некоторой величине ω . Так как функция $\varphi(s)$ выбирается произвольно, то ее подберем так, чтобы плотность вероятности $P(\omega)$ соответствовала наиболее распространенному и изученному виду распределения, например, нормальному. В этом случае величина ω представляет собой инверсную функцию статистической вероятности, которую называют пробитом и обозначают Pr [28]. Исходя из этого, можно представить функцию $\varphi(s)$ в виде:

$$(8) \quad \varphi(s) = \frac{d\omega}{ds} = \theta \frac{d\omega}{d\omega} = \theta \cdot \sqrt{2\pi} \exp\left(-\frac{\omega^2(s)}{2}\right).$$

Из данной зависимости получаем, что

$$p(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\omega^2(s)}{2}\right).$$

Кроме нормального закона распределения можно использовать также и другие виды модельных или эмпирических распределений, если необходимость этого будет определена опытными данными.

Таким образом, в окрестности произвольного состояния M пробит может быть приближенно представлен в виде линейной функции энтропии пространства состояний:

$$(9) \quad d\text{Pr} = \varphi_* \cdot ds = \gamma_0 + \sum_{k=1}^n \gamma_k \frac{dz_k}{z_k},$$

где φ_* и γ_k – константы, причем $\gamma_k = \varphi_* \cdot c_k$. Поэтому в любом элементарном процессе изменения состояния системы может существовать связь между величинами Pr и s как общими интегралами одного уравнения Пфаффа. Исходя из этого, при эмпирической обработке данных важным является установление

факта справедливости этой закономерности для всего пространства состояний системы H^n .

Все сказанное выше позволяет теоретически обосновать принятую методику обработки данных, которая широко применяется при описании вероятностей сложных событий и основана на использовании метода пробит-анализа [28]. В этом случае статистические вероятности w преобразуют в пробиты $\text{Pr}\{-\infty, +\infty\}$ путем применения инверсного преобразования для нормального распределения. После этого функцию пробита подбирают по опытному данным путем нахождения уравнения регрессии относительно логарифмов параметров свойств. Если при такой обработке опытных данных пробит рассматривать как функцию энтропии, то зависимости (5) – (9) теоретически обосновывают существующие эмпирические методы оценки вероятностей и рисков, которые положены в основу анализа данных в биологии, токсикологии, радиологии, промышленной безопасности, оценке опасности стихийных явлений и т.д.

Таким образом, если в информационном пространстве H^n существуют континуальные закономерности, которые могут быть описаны интегральными решениями уравнений Пфаффа, то опытные данные должны с определенной точностью моделироваться феноменологическими зависимостями. При этом для величин, являющихся общими интегралами уравнения (2), можно искать взаимосвязи относительно энтропии в виде регрессионных зависимостей.

Покажем, что при наличии континуальных закономерностей, свойственных пространству состояний сложной системы, в информационном пространстве H^n будет существовать скалярная функция потенциала. В работе [3] установлено, что при сформулированных выше гипотезах для построения моделей описания данных в пространстве H^n можно использовать квазилинейные многомерные уравнения в частных производных первого порядка, которые тесно связаны с уравнениями Пфаффа вида (2). Такой подход позволяет применить существующие методы решения дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, основанные на теории характеристических функций. Исходя из этого показывается, что энтропия s является длиной дуги характеристики для поля на-

правлений, порождаемого скалярным полем эмпирической меры состояния w . Также в многомерном пространстве H^n для уравнения (2) существует общий интеграл (потенциал) вида $P(z_1, z_2, \dots, z_n) = C$, который представляет собой поверхность, ортогональную линиям характеристик и имеет вид:

$$(10) \quad P - P_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{z_1^2 - z_{1*}^2}{c_1} + \frac{z_2^2 - z_{2*}^2}{c_2} + \dots + \frac{z_n^2 - z_{n*}^2}{c_n} \right).$$

Потенциал также является аддитивной функцией и может быть принят в качестве одной из мер оценки и измерения количественной информации в пространстве H^n .

Теперь для представления закона сохранения меры количественной информации с целью упрощения и наглядности рассмотрим систему, состояния которой определяются двумя переменными. В этом случае для любой точки M дифференциал энтропии согласно (3) может быть представлен в виде:

$$(11) \quad ds = c_1 \cdot \frac{dz_1}{z_1} + c_2 \cdot \frac{dz_2}{z_2}.$$

В свою очередь, в пространстве переменных H^2 в качестве абсолютного индекса зададим меру относительных изменений или геометрическую вероятность, которые будут иметь вид:

$$(12) \quad \theta = \frac{z_1 \cdot z_2}{z_{1*} \cdot z_{2*}}, \quad z_{k*} = z_{k_0} \text{ или } z_{k*} = z_{k \max}.$$

Сделав обозначение $R_* = z_{1*} \cdot z_{2*}$, определим изменение вероятности состояния $dw = \theta \cdot ds$, тогда:

$$dw = \theta \cdot ds = \theta \cdot \left(c_1 \cdot \frac{dz_1}{z_1} + c_2 \cdot \frac{dz_2}{z_2} \right) = \frac{1}{R_*} (c_1 \cdot z_2 \cdot dz_1 + c_2 \cdot z_1 \cdot dz_2).$$

Преобразуя данное уравнение, получим зависимость в известном виде:

$$(13) \quad dw = du + \frac{z_2 \cdot dz_1}{R_*},$$

где изменение скалярной величины du равно:

$$du = \frac{1}{R_*} (c_1 \cdot z_2 \cdot dz_1 + c_2 \cdot z_1 \cdot dz_2) - \frac{1}{R_*} z_2 \cdot dz_1.$$

Применяя к величине u признак Эйлера для пфаффовых форм, получим, что du является полным дифференциалом (функцией состояния) при выполнении следующего условия относительно коэффициентов c_k :

$$(14) \quad c_1 - c_2 = 1.$$

В этом случае $du = c_2 \cdot d\theta$, $di = d(u + \theta) = c_1 \cdot d\theta$ и величины u и i зависят только от абсолютного индекса θ .

Величина u является аддитивной функцией и может также выступать в качестве меры количественной информации.

В результате данного простого вывода получены в виде уравнений (13) и (14) логические аналоги уравнения сохранения энергии и уравнения Майера в термодинамике для безразмерных переменных.

Следует отметить, что найденные соотношения справедливы для любых континуальных пространств состояний систем независимо от природы изучаемых данных. Поэтому вполне естественно, что суть величин u и i далека от соответствующих аналогов (энергия и энтальпия) в термодинамике. Это же относится и к уравнению (13), которое нельзя рассматривать как уравнение сохранения энергии в обычном физическом представлении.

В заключение отметим, что уравнения вида (13) и (14) можно получить для трех и более переменных z_k , например, так как это сделано в работе [3].

5. Примеры построения информационных моделей для сложных систем

Таким образом, если приведенные выше гипотезы являются справедливыми, то на основе обработки опытных данных можно получить эмпирические аналоги уравнений (13) и (14) и тем самым установить для изучаемой сложной системы закон сохранения некоторой фундаментальной скалярной величины.

Физическая система. Для построения информационной модели системы, состоящей из химических элементов периодической таблицы Менделеева, примем в качестве параметров: z_1 – радиус атома, пм; z_2 – атомную массу элемента, а.е.м.

Рассмотрим сложное совместное событие одновременного наблюдения этих показателей в пространстве состояний системы. Найдем статистическую вероятность этого события на основе данных, которые имеются в базе данных, используя алгоритмы непосредственного подсчета вероятности [3, 11, 27].

Для периодической таблицы Менделеева получено регрессионное уравнение в виде пробит-зависимости вероятности совместных событий от энтропии состояния системы:

$$(15) \quad w = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad \text{Pr} = -4,030 + s;$$

$$s = 1,109 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{1H}}\right) + 0,540 \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_{2H}}\right).$$

Коэффициент корреляции зависимости (15) составил 0,96, ошибка – 10,2 %, результаты обработки данных для 90 химических элементов приведены на рисунке 1. Показатели z_1, z_2 относились к значениям z_{1H}, z_{2H} , которые соответствуют свойствам водорода и равны: $z_{1H} = 53$ п.м.; $z_{2H} = 1,0078$ а.е.м.

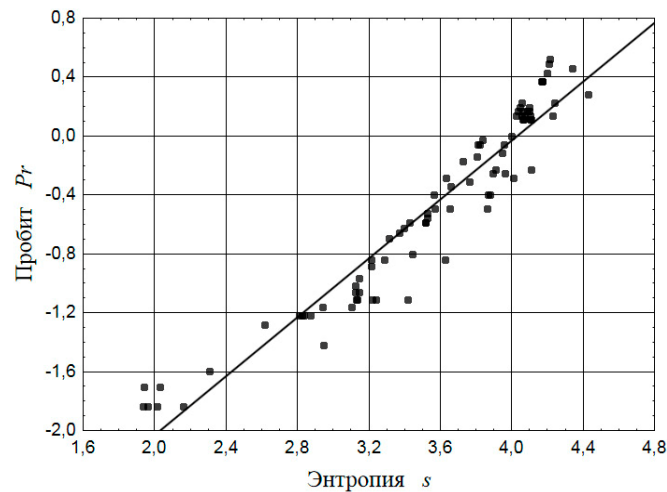


Рис. 1. Зависимость вероятности w от величины s для радиуса атома и атомной массы элементов согласно уравнения (15)

Из уравнения состояния (15) видно, что $c_1 - c_2 = 0,569$. Так как соотношение (14) не выполняется ($c_1 - c_2 \neq 1$), то уравнение (13) будет давать определенные погрешности. Поэтому, используя вид уравнения сохранения (13), определим его параметры путем обработки всего массива данных для пространства состояний, образованного двумя свойствами химических элементов. Результаты обработки данных приведены на рисунке 2, соответствующее уравнение в конечно-разностной форме имеет вид:

$$(16) \quad \theta \cdot \Delta s = \Delta u + 5,304 \cdot \frac{z_2}{R_*} \cdot \Delta z_1 - 56,38,$$

где $\Delta s = s - s_0$; $\Delta u = c_2 \cdot (\theta - 1)$; $\Delta z = z_1 - 53$ пм – приращения величин относительно опорной точки (свойства водорода); $R_* = 53,41$ пм·а.е.м.

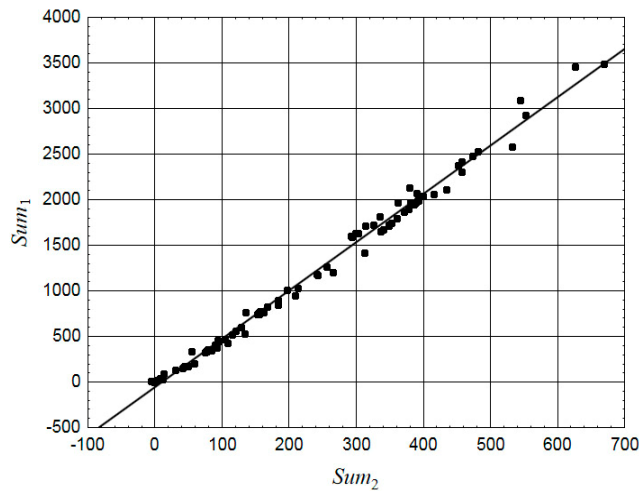


Рис. 2. Результаты обработки данных согласно уравнения (16):

$$Sum_1 = \theta \cdot \Delta s - \Delta u ; Sum_2 = (z_2 / R_*) \cdot \Delta z_1$$

Значение величин s и u для водорода приняты равными нулю. Коэффициент корреляции для уравнения (16) составляет 0,997, относительная ошибка – 6,5%.

Уравнение (16) может быть приведено к общему виду уравнения сохранения энергии $dw = du + z_2 \cdot dz_1$ путем выбора наибо-

лее оптимальных значений параметров в опорной точке и установления эквивалентности между величинами. Анализ показывает, что подобные результаты могут быть получены для различных комбинаций параметров свойств химических элементов.

Биологическая система. Покажем, что предложенные методы могут найти применение при изучении биологических организмов в информационных пространствах их показателей. С этой целью используем массивы информации из базы данных AnAge Database [26], которая представляет собой результат большой работы многих ученых. Нынешняя версия базы включает сведения о 4083 видах позвоночных и охватывает количественные характеристики амфибий, рыб, рептилий, птиц и млекопитающих. В базу внесены данные о продолжительности жизни, массе тела при рождении и во взрослом состоянии, скорости роста, интенсивности метаболизма, а также некоторые другие характеристики (всего более 25 показателей). Имеется информация о систематике видов позвоночных животных.

В качестве показателей биологических видов для построения уравнения состояния примем следующие показатели: максимальную продолжительность жизни в неволе z_1 , лет; вес взрослой особи z_2 , кг.

Регрессионное уравнение для описания показателей видов животных получено в виде пробит-зависимости величины вероятности совместных событий наблюдения показателей z_1, z_2 от энтропии состояния системы [11]:

$$(17) \quad w = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad \text{Pr} = 3,767 + s;$$

$$s = 0,778 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{1 \max}}\right) + 0,184 \left(\frac{z_2}{z_{2 \max}}\right).$$

Коэффициент корреляции зависимости (17) составил 0,97, относительная ошибка – 9,1 %. Результаты обработки данных для 2548 видов животных приведены на рисунке 3.

Показатели z_1, z_2 относились к величинам $z_{1 \max}, z_{2 \max}$, которые соответствуют максимально наблюдаемым показателям видов и соответственно равны: $z_{1 \max} = 211$ лет; $z_{2 \max} = 136000$ кг.

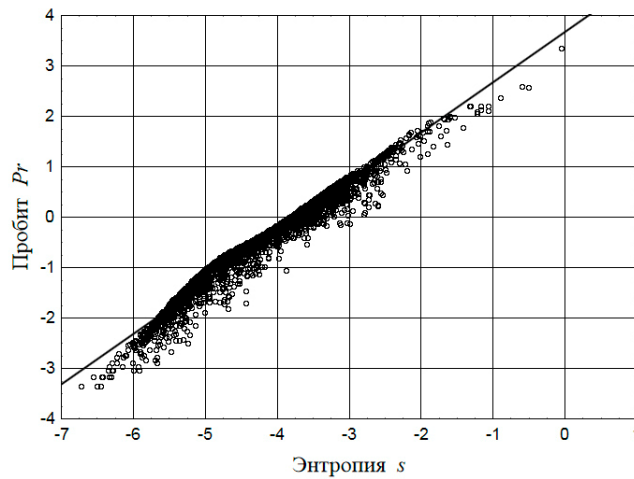


Рис. 3. Зависимость вероятности w от величины s для продолжительности жизни и веса позвоночных животных согласно уравнения (17)

Получим на основе обработки опытных данных эмпирический аналог уравнения (13) и тем самым установим некоторый закон сохранения для изучаемой биологической системы. Из уравнения состояния (17) следует, что $c_1 - c_2 = 0,594$. Используя вид уравнения сохранения (13) определим параметры уравнения для двух биологических показателей позвоночных животных.

Результаты обработки данных приведены на рисунке 4, а соответствующее уравнение в конечно-разностной форме имеет вид:

$$(18) \quad \theta \cdot \Delta s = \Delta u - 0,466 \cdot \frac{z_2}{R_*} \cdot \Delta z_1 - 7,4 \cdot 10^{-7},$$

где $\Delta s = s - s_0$, $\Delta u = u - u_0 = c_2 \cdot \theta$, $\Delta z_1 = 211 - z_1$ (лет) – приращения величин относительно максимально наблюдаемых значений переменных; $R_* = 28,7 \cdot 10^6$ (лет·кг). Значение величин s_0 и u_0 при геометрической вероятности $\theta = 1$ приняты равными нулю.

Коэффициент корреляции для уравнения (17) составляет 0,95, средняя относительная ошибка – 7,2 %.

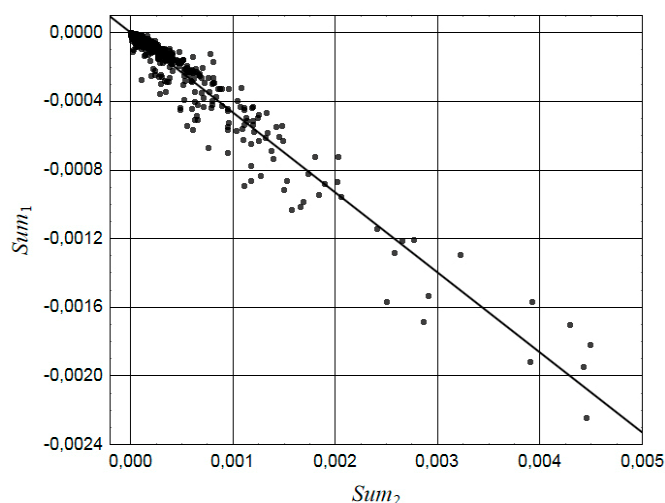


Рис. 4. Результаты обработки данных согласно уравнения сохранения (18): $Sum_1 = \theta \cdot \Delta s - \Delta u$; $Sum_2 = (z_2 / R_*) \cdot \Delta z_1$

Полученные соотношения позволяют количественно сравнивать между собой биологические виды по совокупности физиологических показателей.

Социальная система. Аналогичные результаты, связанные с обоснованием закона сохранения вида (13), получены для социальной системы [3, 11]. В качестве такой сложной системы изучались страны мира, для чего использовалась информация Докладов ПРООН [10], которая охватывает данные по странам мира с 2008 по 2013 годы.

В качестве показателей для изучения поведения такой системы использовались: уровень грамотности населения z_1 , %; ВВП страны в пересчете по паритету покупательной способности (ППС) z_2 , доллары США; доля городского населения z_3 , %. Статистическая вероятность w подсчитывалась во всей группе объектов (169 стран мира).

Соответствующее уравнение вида (13) получено на основе регрессионного анализа данных в виде:

$$(19) \quad \theta \cdot \Delta s = \Delta u + \frac{1,294}{R_*} \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot \Delta z_1 - \frac{1,183}{R_*} \cdot z_1 \cdot z_3 \cdot \Delta z_2,$$

где Δs , Δu , Δz_1 , Δz_2 – приращения величин относительно опорного состояния, $R_* = z_{1_0} \cdot z_{2_0} \cdot z_{3_0}$. Коэффициент корреляции для уравнения (19) составляет 0,985, относительная ошибка – 11 %. В опорном состоянии величины z_k принимались равными: $z_{1_0} = 99,4$ %; $z_{2_0} = 6394$ \$; $z_{3_0} = 67,6$ %.

Таким образом, базы данных информации в комплексе с феноменологическими методами описания данных позволяют построить информационные модели систем и предложить логические аналоги законов сохранения в предметных областях.

6. Сравнительная оценка мер количественной информации

В заключение сформулируем несколько дискуссионных вопросов в области теории информации, которые требуют обоснования в свете дальнейших исследований. Самый важный вопрос дискуссии связан с проблемой: какая величина или система величин наиболее полно отражает содержание информации о состояниях объектов и их изменениях во времени и может выступать адекватной мерой количественной информации? Ранее речь велась об энтропии s и потенциале P пространства состояний системы вида (4) и (10), скалярной величине $u = c_2 \cdot \theta$, которая входит в уравнение сохранения (13), а также информационной энтропии Шеннона $h(Z)$. Естественно, что такой сложный феномен, как информация, может характеризоваться множеством различных мер.

Полученные выше логические аналоги закона сохранения «энергии» для физической, биологической и социальной систем в виде соотношения (13) указывают на существование меры для информационного пространства состояний любой системы, если для этого пространства свойственны континуальные закономерности. Однако, получаемые закономерности будут отражать особенности предметной области и формулируемые при этом определения, положения и соотношения только математически

будут соответствовать общепринятым в естествознании и, в частности, в термодинамике. Поэтому соотношение (13) будет носить специфический характер для каждой сложной системы, а также определенной комбинации ее параметров z_k . При этом, как было показано ранее, мер количественной информации для пространств состояний систем может быть бесконечно много.

Информационная энтропия $h(Z) = -\sum_{i=1}^p w_i \cdot \log w_i$ (p – коли-

чество опытных точек) качественно отличается от предлагаемых мер количественной информации, т.к. определяется только числом возможных состояний и вероятностями этих состояний. Для каждого состояния M можно предложить частную энтропию в виде $h_i = -w_i \cdot \log w_i$, однако данная величина применительно к информационному пространству H^n не будет аддитивной, так как ей присуща явная нелинейность в связи с использованием вероятности состояния w_i .

В свою очередь, энтропия s и потенциал P свойственны всему информационному пространству и отражают в своей сущности существующие континуальные закономерности. Данные величины позволяют в пространстве H^n построить естественные криволинейные координаты. Энтропия и потенциал будут однозначно определять положение любого состояния M в информационном пространстве H^n [2].

Здесь уже видна сущность энтропии и потенциала как функций состояния, которые характеризуют криволинейную ортогональную сетку для скалярного поля вероятности состояния системы. Поле статистической вероятности, которое описывается распределением $w(z_1, z_2, \dots, z_n)$, не является потенциальным, так как очевидно, что криволинейный интеграл по величине w зависит от пути интегрирования.

В свою очередь, энтропия является векторной линией, направление которой в точке M совпадает с направлением вектора $\vec{A} = \frac{z_1}{c_1} \vec{e}_1 + \dots + \frac{z_n}{c_n} \vec{e}_n$, где $\vec{e}_k$ – единичные векторы координатных осей z_k . Поэтому в параметрическом представлении энтропия в соответствии с уравнением (3) является длиной дуги

векторной линии этого поля направлений, порождаемого скалярным полем эмпирической меры w . Данный вектор является потенциальным, так как из (10) следует, что $\vec{A} = grad(P)$. Учитывая, что уравнения векторных линий векторного поля $\vec{A}$ имеют вид

$$c_1 \frac{dz_1}{n \cdot z_1} = c_2 \frac{dz_2}{n \cdot z_2} = \dots = c_n \frac{dz_n}{n \cdot z_n} = ds,$$

сразу получаем уравнение (3) для энтропии [3].

Таким образом, энтропия и потенциал пространства состояний могут выступать в виде аддитивных мер количественной информации, присущих всему пространству H^n .

В свою очередь, скалярная величина u представляется математической функцией, характеризующей изменение состояния объекта по отношению к однородному (равновероятному) информационному пространству, в котором отсутствовали бы континуальные закономерности, статистически свойственные сложной системе. Данная величина является аддитивной и также может выступать в виде меры количественной информации. Из приведенного выше материала видны явные аналогии, связанные с построением феноменологических моделей в термодинамике. Однако логически переносить представления о фундаментальности величины u , которые сложились в физике в виде энергетической концепции, в теорию информатики, пока преждевременно. Для такого вывода пока недостаточно обработано данных применительно к различным сложным системам.

7. Выводы и предложения

Предложенный метод построения феноменологических моделей применительно к темпоральным данным позволяет применить в информатике существующие принципы математического моделирования систем и процессов на основе законов сохранения скалярных величин. Научная значимость метода связана с возможностью построения на основе общего подхода информационных моделей физических, биологических и соци-

альных систем. Это актуальное направление исследований позволяет развить методы теоретической информатики.

Однако сложность задачи модельного описания данных для систем различной природы состоит в том, что теория должна опираться на обширные опытные данные. Очевидно, что получение, накопление и обработка данных должны касаться естественных процессов для всех основных классов объектов и систем. Уже видна обширность такой задачи, так как для систем различной природы необходимо построить множество информационных моделей и в каждом конкретном случае сформулировать закон сохранения некоторой фундаментальной скалярной величины. Примеры таких информационных моделей, приведенные в статье, указывают на реальность решения данной научной задачи. Экспериментальная проверка сформулированного закона сохранения меры количественной информации по отношению к различным сложным системам позволит сделать окончательный вывод о его фундаментальности.

Литература

1. АВЕРИН Г.В., КОНСТАНТИНОВ И.С., ЗВЯГИНЦЕВА А.В. *О континуальном подходе к модельному представлению данных* // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. № 10. – С. 47 – 52.
2. АВЕРИН Г.В. *О принципе существования и законе возрастания энтропии в свете общесистемных представлений системодинамики* // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2015. № 1(8)–2(9). – С. 12 – 42. URL: <http://sait.csm.donntu.org/> (дата обращения: 08.02.17).
3. АВЕРИН Г.В. *Системодинамика*. Донецк: Донбасс, 2014. – 405 с. URL: <http://www.chronos.msu.ru/ru/rnameindex/item/averin-s> (дата обращения: 07.02.17).
4. БЕКМАН И.Н. *Информатика*. Курс лекций. URL: <http://profbeckman.narod.ru/InformLeks.htm> (дата обращения: 08.02.17).
5. *Большая советская энциклопедия*: [В 30 Т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия. – С. 1969 – 1978.

6. БРИЛЛЮЭН Л. *Наука и теория информации* / Л. Бриллюэн. – М.: Изд. Физ.-мат. литературы, 1960. – 392 с.
7. ВИНЕР Н. *Человек управляющий* / Перевод Е.Г. Панфилова. СПб.: Питер, 2001. – 288 с.
8. ГЛУШКОВ В.М. *О кибернетике как науке* // Кибернетика, мышление, жизнь. – М.: Мысль, 1964. – С. 53 – 62.
9. ГОСТ 7.0-99 *Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения*. – ИПК Издательство стандартов, 1999. – 23 с.
10. *Доклады о человеческом развитии (2008 – 2013 гг.)*. Программа развития ООН. Сайт. – URL: <http://hdr.undp.org/en/gerports/> (дата обращения: 07.02.17).
11. ЗВЯГИНЦЕВА А.В. *Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем* / Под науч. ред. д.т.н., проф. Г.В. Аверина. – М.: Издательский дом «Спектр», 2016. – 258 с. URL: http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/17837/1/Zviagintseva_Veroyatnostnye_2016.pdf (дата обращения: 08.02.17).
12. *Информатика. Учебник* / Под ред. проф. Н.В. Макаровой. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 768 с.
13. КОЛМОГОРОВ А.Н. *Теория информации и теория алгоритмов*. М.: Наука, 1987. – 304 с.
14. КОСТЕНКО Б.Б., КУЗНЕЦОВ С.Д. *История и актуальные проблемы темпоральных баз данных* // Citforum. – 2007. – URL: <http://citforum.ru/database/articles/temporal/> (дата обращения: 07.02.17).
15. *Курс обыкновенных дифференциальных уравнений: уч. пос.* / Еругин Н.П., Штокало И.З. и др. К.: Вища школа, 1974. – 472 с.
16. *Математический энциклопедический словарь* / Гл. ред. Ю.В. Прохоров. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 847 с.
17. ПУАНКАРЕ А. *О науке* / Пер. с франц. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
18. СТРАТОНОВИЧ Р.Л. *Теория информации*. М.: Сов. радио, 1975. – 424 с.
19. ФАЙНСТЕЙН А. *Основы теории информации*. Пер. с англ. Под ред. И.И. Гихмана. М.: Мир, 1960. – 138 с.

20. *Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».*
21. ХАРТЛИ Р.В.Л. (Hartley R.V.L.). *Передача информации*, 1928. – С. 5 – 35. – В кн.: Теория информации и ее приложения. Пер. с англ. Под ред. А.А. Харкевича, М.: Физматгиз, 1959. – 328 с.
22. ХИНЧИН А.Я. *Об основных теоремах теории информации* // Успехи математических наук. 1956, том 11, вып. 1(67). – С. 17 – 75.
23. ЧЕРНАВСКИЙ Д.С. *Синергетика и информация: динамическая теория информации*. Изд. 5. URSS, 2017. – 304 с.
24. ШЕННОН К.Э. *Работы по теории информации и кибернетике*. Пер. с англ. Под ред. Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова, М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 829 с.
25. ЭШБИ У.Р. *Введение в кибернетику* / У Росс Эшби. – М.: Изд. ин. лит., 1959. – 432 с.
26. *AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database*. Available at: <http://genomics.senescence.info/species/> (accessed 29 Jan 2017).
27. AVERIN G., ZVIAGINTSEVA A., KONSTANTINOV I., IVASHCHUK O. *Data Intellectual Analysis Means Use for Condition Indicators Assessment of the Territorial and State Formations* // Research Journal of Applied Sciences. 2015. no. 10(8). pp. 411 – 414. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=rjasci.2015.411.414> (accessed 29 Jan 2017). DOI: 10.3923/rjasci.2015.411.414.
28. BLISS C. *The Method of Probits* // Science. 1934. V. 79 no. 2037, pp. 38 – 39. DOI: 10.1126/science.79.2037.38.
29. FALK G., JUNG H. *Axiomatik der Thermodynamik* // Hdb. Phys. III/2, Berlin, 1959. pp. 119 – 175.
30. ISO/IEC 2382:2015 *Information technology – Vocabulary: knowledge concerning objects, such as facts, events, things, processes, or ideas, including concepts, that within a certain context has a particular meaning.*

ON CONSERVATION LAW OF THE MEASURE OF QUANTITATIVE INFORMATION

Gennady Averin, Belgorod State National Research University, Belgorod, Doctor of technical science, professor (averin@bsu.edu.ru, averin.gennadiy@gmail.com).

Igor Konstantinov, Belgorod State National Research University, Belgorod, Doctor of technical science, professor (konstantinov@bsu.edu.ru).

Anna Zviagintseva, Belgorod State National Research University, Belgorod, Candidate of technical science, docent (zviagintseva@bsu.edu.ru, anna_zv@ukr.net).

Abstract: Approaches to studying of the information's phenomenon are offered from the application of information measures while creating the description models of the temporal data which characterize difficult systems. Theoretical and experimental reasons for justice of conservation law of the measure of quantitative information are executed based on using the existed natural-science ideas of a continuity of system conditions' spaces. The general system statements connected to the principles of entropy's and potential's existence in information spaces of system conditions' spaces are formulated. For an example possibilities of using the offered method at the description of the skilled data which characterize respectively physical, biological and social systems are presented. The scientific importance of a method is tied to a possibility of construction on the basis of phenomenological approach to information models of difficult systems of various nature.

Keywords: theoretical informatics, difficult systems, information measures, conservation laws

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии*

*Поступила в редакцию
Опубликована*