

УДК 004.65

**МАТЕРИАЛЫ К РАЗРАБОТКЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ.
1. МЕРЫ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ**

Громов Ю.Ю., Тютюнник В.М.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, e-mail: vmt@tmb.ru

Выявлены пять этапов международной полемики учёных о сущности информации, её количественного и качественного описания. Проанализированы описанные в литературе меры для оценки количества информации, различные трактовки терминов «информация» и «данные», обобщены и описаны свойства информации, что позволило формализовать категорию «информация» и набор её свойств, представив их в тензорном виде. Введённые в рассмотрение линейные пространства векторных функций принадлежности позволили 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.

Ключевые слова: теория информации, информация, данные, меры количества и качества информации, свойства информации, тензорная интерпретация информации, T- и S-нормы

**MATERIALS TO THE THEORY OF INFORMATION ELABORATION.
1. MEASURES FOR INFORMATION'S QUANTITY AND QUALITY**

Gromov J.J., Tyutyunnik V.M.

Tambov State Technical University, Tambov, e-mail: vmt@tmb.ru

The five stage of international controversy on information nature and its quantitative and qualitative description had been revealed. Measures for information quantity estimation, various interpretations of “the information” and “the data” at the base of publications had been analyzed; the information properties had been summarized and described. This analysis allowed to formalize “the information” and collection of its properties, presenting at the tensor aspect. The new linear spaces of vector belonging functions allowed to register well-grounded that theory of information will be work out with the help of tensor analysis and fussy theory.

Keywords: theory of information, information, data, measures for information's quantity and quality, information properties, tensor interpretation of information, T-and S-norm

Единые представления об информации в современном информационном обществе [1] однозначно до сих пор не сформулированы. Полемика на эту тему прошла уже пять этапов. До начала XX в. этот термин практически не применялся, что подтверждено многими исследователями документально [1–3], хотя слово «информация» знакомо людям ещё с античных времен. Первый этап в начале XX в. привел к формированию атрибутивных концепций информации [1, 4–6], согласно которым наличие информации свойственно всем объектам вселенной, а сам термин определялся как отражённое разнообразие образца, образуя единую структуру с материей и энергией. На втором этапе в 40–60-е гг. XX в. главенствовали функциональные (кибернетические) концепции, которые сформировались после классических работ Н. Винера и К.Э. Шеннона. Третий этап в 60–70-е гг. XX в. привёл к формированию антропоцентрических (социоцентрических) концепций, которые свели представления об информации только до человеческого общества, т.е. до семантической информации [4]. К этому же времени относится первый всплеск внимания советских философов к осмыслению природы и сущности информации (А.Д. Урсул, Ю.А. Шрейдер, Б.В. Бирюков и др.). Четвёртый этап (в 80-90-е гг. XX в.) связан

с добавлением к биологической и семантической третьего типа информации – машинной, функционирующей в бурно развивающейся компьютерной технике. Этот этап значительно запутал ситуацию, т.к. практически каждый автор давал собственные определения информации. Термин получал всё более широкое распространение во всех сферах человеческой деятельности, формировалось информационное общество, но смысл информации, её количественная, а особенно качественная оценка воспринимались бессистемно. В научном и учебном обиходе использовалось множество мер количественной оценки информации (табл. 1).

Попытки рассмотрения вопроса о сущности информации не только с количественных, но и с семантических позиций описаны в [2–18]. В 80-е гг. к этой тематике подключился и один из авторов данной статьи [19, 20], вводя системные представления об информации (объединение атрибутивного и функционального подходов) через её визуализацию (непроявленную), качественную, проявленную и реализованную составляющие.

Пятый этап полемики об информации (начало XXI в.) характеризуется возвратом к переосмыслению природы информации, её количественной и семантической сторон [1–6, 21–29]. Наиболее часто используемые трактовки информации представлены в табл. 2.

Таблица 1

Некоторые меры для оценки количества информации

К.Э. Шеннон [7]	$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i$	H – мера неопределенности вероятностного ансамбля (p_1, \dots, p_n)
Р. Фишер [8]	$I(\vartheta) = E_{\vartheta} \left([L'_{\vartheta}(x/\vartheta)]^2 \right) = \int_0 [L'_{\vartheta}(x/\vartheta)]^2 g(x/\vartheta) dx$	ϑ – оцениваемый параметр; $g(x/\vartheta)$ – условное выборочное распределение (функция правдоподобия); $L'_{\vartheta} x/\vartheta = \frac{g'(x/\vartheta)}{g(x/\vartheta)}$ – арифметическая производная функции правдоподобия; E_{ϑ} – символ математического ожидания.
Р. Фано [8]	$I(x_k, y_i) = \log \frac{P(x_k, y_i)}{P(x_k)}$	x_k, y_i – элементы ансамбля соответственно X и Y ; $P(x_k)$ – вероятность элемента $x_k \in X$; $P(x_k, y_i)$ – условная вероятность элемента $x_k \in X$ при условии y_i .
С. Кульбак [9]	$I(1:2) = \int_0 \log \frac{f_1(x)}{f_2(x)} d\mu_1(x),$ $I(2:1) = \int_0 \log \frac{f_2(x)}{f_1(x)} d\mu_2(x)$	$I(1:2)$ – среднее количество информации для различения в пользу H_1 против H_2 по мере μ_1 ; $I(2:1)$ – среднее количество информации для различения в пользу H_2 против H_1 по мере μ_2
Я.А. Рипс [10]	$I(x_i, y_k) = [-\ln L(y_k)] - [-\ln L(x_i/y_k)]$	$X = \{x_i\}$ – дискретный ансамбль; $Y = \{y_k\}$ – дискретный ансамбль; $-\ln L(y_k)$ – неправдоподобие следствия y_k ; $-\ln L(x_i/y_k)$ – неправдоподобие причины x_i с точки зрения наблюдаемого следствия y_k ; $I(x_i/y_k)$ – информация о причине x_i в наблюдаемом следствии y_k
Г. Хакен [11]	$-\frac{dI_f}{d\alpha} = -\alpha \langle \xi^2 \rangle + \alpha \langle \xi \rangle + \beta \langle \xi^2 \rangle \langle \xi^4 \rangle - \beta \langle \xi^6 \rangle$	$\langle \xi^2 \rangle$ – мера работы, произведенной системой; α – управляющий параметр; β – коэффициент

Таблица 2

Трактовка термина «информация»

Источник	Определение
1	2
[30]	(Осведомление, разъяснение, изложение) – в широком смысле абстрактное понятие, имеющее множество значений, в зависимости от контекста. В узком смысле – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления
[31]	В системно-кибернетическом смысле – совокупность сведений: об объектах управления и среде (информация состояния); о ситуации, которую необходимо достичь (целевая информация); о способе (плане) достижения цели, формируемом управляющим объектом (командная информация); совокупность сведений, описывающих правила преобразования информации состояния (в соответствии с целями функционирования системы) в командную информацию (процедурная информация) С одной стороны, представляет собой степень неоднородности распространения материи в пространстве и времени (при этом акцент делается на источник возникновения информации), с другой, – она является свойством материи, тесно связанным с понятием отражения (здесь акцент делается на способ получения информации)
[32]	Любой вид сведений о предметах, фактах, понятиях предметной области
[33]	Сообщение, осведомление о положении дел, сведения о чём-либо, передаваемые людьми

Окончание табл. 2

1	2
[34]	Значащая (смысловая) интерпретация и корреляция некоторого массива данных с целью принятия решений
[35]	Сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления
[36]	Совокупность знаний о конкретном предмете познания, т.е. понятий о нём
[37]	Сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся о них степень неопределенности, неполноты знаний

Анализ табл. 2 позволяет сделать вывод, что информацию определяют через данные, сведения, сообщения, знания. Однако данные, сведения, сообщения, знания имеют свои определения. В качестве примера рассмотрим табл. 3, в которой представлены определения данных из раз-

личных источников. Очевидным является факт, что в большинстве представленных определений данные трактуются через понятие информации. Получается порочный логический круг: информацию определяют через данные, а данные через информацию [21].

Таблица 3

Некоторые определения термина «данные»

Источ-ник	Определение
[14]	Представление информации в формализованном виде, позволяющем передавать, хранить и обрабатывать её в сети передачи данных, вычислительной сети, информационной сети
[17]	Информация, представляемая в формализованном виде, пригодном для интерпретации, обработки и передачи её человеком или техническими средствами
[19]	Информация, представленная в виде, пригодном для обработки автоматическими средствами при возможном участии человека
[21]	Информация, представленная в формализованном виде, пригодном для автоматической обработки при возможном участии человека
[23]	Описание любого явления (или идеи), которое представляется достаточно ценным для того, чтобы его сформулировать и точно зафиксировать
[24]	Представление информации в формализованном виде, удобном для пересылки, сбора, хранения и обработки
[22]	Отдельные факты, характеризующие объекты, процессы и явления предметной области, а также их свойства
[10]	Информация, подготовленная для определённых целей

Если мы продолжим этот процесс и рассмотрим определение сведений, сообщений и знаний, то ситуация осложнится ещё больше, так как в определениях этих понятий будет снова использоваться понятие информации.

Таким образом, можно предварительно сделать следующий вывод, что символы, данные, сведения, сообщения и знания могут нести информацию, но при этом они будут информативными для определённого индивидуума или группы индивидуумов. Другими словами, то, что является информацией для одного индивидуума, может совершенно ею не являться для другого. Можно согласиться с мнением [5], что «информацией... отображение может стать

лишь тогда, когда его воспринимает и распознает какая-либо кибернетическая система, например, человек».

Анализ источников [30–44] даёт возможность рассмотреть набор требований, которыми должна обладать информация. В противном случае, нужно вести речь не об информации, а о способах её представления в виде символов, данных, сведений, сообщений, знаний и т.д.

В табл. 4 представлен набор требований, которыми обладает категория, называемая информацией.

Как видно из табл. 4, одним из свойств является измеримость, подходы к оценке которой были представлены в табл. 1. Но следует ещё раз подчеркнуть, что это лишь одно

из свойств. Понятно, что приведённый набор свойств вряд ли можно считать исчерпывающим.

Перейдем к формализации категории информации. Введём в рассмотрение объект первого порядка, как часть категории, подлежащей формализации:

$$I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\} \quad (1)$$

где I_1 – символ; I_2 – данное; I_3 – сведение; I_4 – сообщение, и т.д.

Введём в рассмотрение объект второго порядка, который характеризует свойства, представленные в табл. 4, их значение и имеет вид:

$$S_{ij} = \left\{ \begin{matrix} S_{11}, \dots, S_{1n} \\ S_{m1}, \dots, S_{mn} \end{matrix} \right\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Таблица 4

Некоторый набор свойств информации

№ п/п	Свойство	Описание
1	2	3
1	Конкретность направленности (ориентации)	Информация всегда связана хотя бы с одним из следующих отношений: «о ком» или «о чём», «кому» (возможно, «для чего» и «как»)
2	Многоаспектность	Различают количественный, семантический и прагматический аспекты исследования информации
3	Измеримость	Информацию при любом аспекте исследования можно всегда оценить на основе введенной субъектом метрической (количественной) или иной шкалы измерения
4	Динамичность	Способность информации к изменению во времени: любая зафиксированная информация со временем устаревает
5	Формальность существования	Поскольку информация нематериальна, то для её существования необходим материальный носитель (форма). Обычно это сигнально-знаковые системы, с той или иной точностью описывающие объективную реальность. Формальность существования информации (а форма – это всегда ограничение) приводит к тому, что в той или иной форме зафиксированная информация уже «неточна»
6	Преобразуемость	Способность, на основе введенных субъектом операторов, преобразования информации, изменять свою форму, место и актуальность
7	Размножаемость	В первую очередь, размножаемость в аспекте множества каналов её распространения (восприятия), во вторую – в аспекте «простоты» копирования и возможной множественности доступа к ней
8	Инерционность	Одно из свойств материи, а так как в результате взаимодействия и образуется информация, то инерционность присуща и ей. Отсюда можно сделать важный методологический вывод о возможности прогнозирования всех аспектов изменения информации
9	Взаимосвязь	Это свойство в генетическом и методологическом аспектах аналогично свойству инерционности. А так как все реальные процессы имеют уникальную причинно-следственную основу, то это же касается информации и возможности её «вычисления»
10	Уничтожимость	Теоретически информация, как и материя, неуничтожима (т.е. в принципе её можно «вычислить» по результатам – следам уничтожения, восстановить по «первоисточнику», определить по другой, взаимосвязанной с ней информацией и т.п.). Но на практике, как правило, это связано с большими, зачастую непреодолимыми сложностями
11	Объективность	Характеризует её независимость от чьего-либо мнения или сознания, а также от методов получения. Более объективна та информация, в которую методы получения и обработки вносят меньший элемент субъективности
12	Полнота	Информацию можно считать полной, когда она содержит минимальный, но достаточный для принятия правильного решения набор показателей
13	Достоверность	Свойство информации быть правильно воспринятой. Объективная информация всегда достоверна, но достоверная информация может быть как объективной, так и субъективной. Причинами недостоверности могут быть: преднамеренное искажение (дезинформация); непреднамеренное искажение субъективного свойства; искажение в результате воздействия помех; ошибки фиксации информации. В общем случае достоверность информации достигается: указанием времени свершения событий, сведения о которых передаются; сопоставлением данных, полученных из различных источников; своевременным вскрытием дезинформации; исключением искажённой информации и др.
14	Адекватность	Степень соответствия реальному объективному состоянию дела
15	Доступность	Возможность получить ту или иную информацию
16	Актуальность	Степень соответствия информации текущему моменту времени и месту.

Окончание табл. 4

1	2	3
17	Содержательность	Качество, присущее собственно информации и сохраняющееся при её переносе из одной системы в другую
18	Значимость	Свойство иметь ценность для потребителя.
19	Идентичность	Соответствие информации состоянию объекта
20	Кумулятивность	Свойство информации концентрироваться в массиве небольшого объёма
21	Защищённость	Качество, присущее информации, находящейся или используемой только в определённой системе
22	Распознаваемость	Свойство быть идентифицированной при определённых условиях
23	Управляемость	Возможность быть произведённой, переданной, сохранённой, перемещённой, изменённой и т.п. субъектом
24	Точность	Соответствие запросу или потребности пользователя

Для того чтобы подчеркнуть многообразие способов реализации объектов I , введём в рассмотрение объект второго порядка

$$I_{il} = \left\{ \begin{matrix} I_{i1}, \dots, I_{iq} \\ I_{in1}, \dots, I_{inq} \end{matrix} \right\}, t = \overline{1, n}, l = \overline{1, q}, \quad (3)$$

где каждая строка есть способ реализации объекта I , $t = \overline{1, n}$.

Таким образом, мы получили возможность поставить в соответствие каждому l -му варианту I_l конкретный набор свойств, рассматривая для этого объект третьего порядка S_{ijl} .

Таким образом, говоря о категории «информация», мы можем характеризовать её, как совокупность элементов (1) или как набор определенных в табл. 4 свойств S_{ijl} .

Использование индексного обозначения можно интерпретировать следующим обра-

зом: I – информация, как нечто целое и неделимое; I_l – информация, как совокупность отдельных частей; I_{il} – различные варианты реализации i -й части.

Целесообразно ввести в рассмотрение объект третьего порядка, имеющий индексное представление вида I_{itr} . Объект третьего порядка можно рассматривать как детальное описание некоторого класса объектов. В данном случае I_{itr} можно рассматривать как класс объектов I . I_{il} является частью объектов класса I_{itr} , которая объединяет ряд видов объектов этого класса.

Тогда, рассматривая свёртку объекта S_{ijl} , мы можем сделать вывод, что S является мерой. Таким образом, конструкция I_{ijk} – это совокупность проекций объекта I в системе отображения его своими частями (рис. 1), а конструкция S_{plr} – совокупность проекций того же объекта I в системе отображения его своими свойствами (рис. 2).

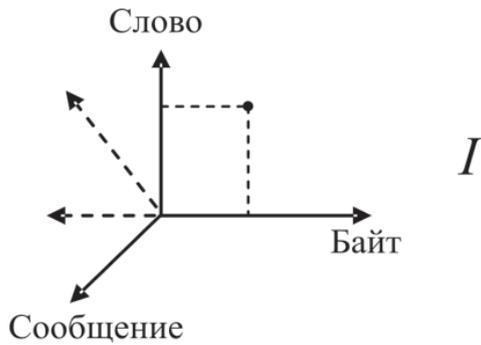


Рис. 1

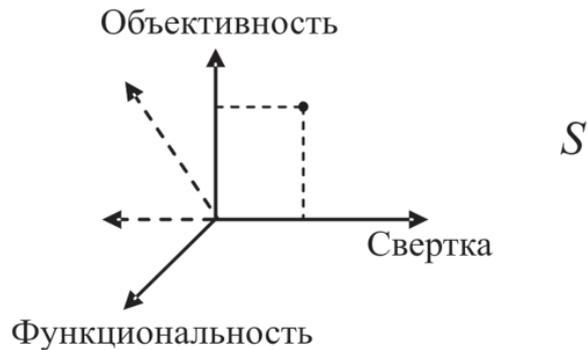


Рис. 2

Так как индексные конструкции I_{ijk} и S_{plr} являются различным представлением одного и того же объекта, то между ними должна существовать связь, которую можно определить соотношением:

$$S_{ijk} = C_{ip} C_{jl} C_{kr} I_{plr},$$

где C_{ip} , C_{jl} , C_{iq} , C_{kr} – матрицы переходов, составленные из коэффициентов преобразования проекций отображаемых объектов.

Введенное в рассмотрение преобразование позволяет рассмотреть ряд философских категорий, формализация которых в тензорной интерпретации представлена в табл. 5.

Как было показано, существует достаточное количество хорошо известных мер, применимых для оценки количества информации (см. табл. 1). Однако представленные меры не учитывают ни семантического содержания, ни, тем более, свойства информации, представленных в табл. 4.

Таблица 5

Традиционная и тензорная трактовка философской категории

Категория	Традиционное толкование	Тензорная интерпретация	
		Формальная	Содержательная
Сущность	Главное, основное, определяющее в содержании объекта, заключенное в объекте основание всех происходящих с ним изменений при взаимодействии его с другими объектами	C_{ip}	Организованная совокупность внутренних связей объекта, выраженных в виде сил, процессов, взаимодействий и отношений его частей
Форма	Схема, способ организации объекта	$C_{ip} C_{jq}$	Сочетание реальных внутренних связей объекта с регламентирующей их структурой
Качество	Внешняя и внутренняя определенность объекта, система его характерных черт, теряя которую он перестает быть тем, чем он есть, целостность, тождественная основному закону объекта	$C_{ip} C_{jq} C_{kr}$	Совокупность внутренних связей объекта, организованная в конкретную структуру в соответствии с определенным архетипом как основным законом его строения и развития
Содержание	Всё, что содержится в объекте, включая его части, отношения, связи, процессы и тенденции развития, т.е. векторы и градиенты изменения его свойств	$C_{ip} C_{jq} C_{kr} I_{pqr}$	Совокупность частей и компонентов объекта, объединённых внутренними связями, организованных в конкретную структуру в соответствии с определенным архетипом как основным законом его строения и развития
Целое	Форма существования и кооперации частей, сложное единство простых, качественная определенность взаимосвязанных компонентов	pq $C_{ip} C$	Совокупность частей, объединённых в единое организованным заданной структурой множеством внутренних связей
		$C_{ip} I_p$	Совокупность частей, объединённых в единое организованным множеством внутренних связей
Часть	То, из чего состоит целое и на что оно может распасться или быть расчленено	I_{pqr}	Класс объектов бытия, как часть всего множества-универсума всех объектов.
		I_{pq}	Совокупность объектов-изомеров, часть класса объектов
		I_p	Совокупность частей целого или часть совокупности объектов-изомеров
Количество	Внешняя определенность объекта	S_i	Проекция объекта на ось системы восприятия или отображения его совокупностью присущих ему свойств
Явление	Внешняя форма существования объекта, форма проявления его сущности	S_{ij}	Проекция объекта на систему восприятия или отображения его совокупностью присущих ему свойств

Рассмотрим построение меры S . Для этого поставим в соответствие каждому из рассмотренных свойств табл. 4 лингвистическую переменную.

Введём в рассмотрение лингвистические переменные A_i в виде кортежа $\langle A_i, T_i, G_i, M_i \rangle$, $i = 1, n$, где A_i – наименование лингвистической переменной (табл. 4); T_i – множество её значений, представляющих собой наименование нечётких переменных, область определения каждой из которых является множеством X_i ; G_i – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами теории множеств T_i , в частности генерировать новые термы; M_i – семантическая процедура,

позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G , в лексическую переменную, то есть сформировать соответствующее лексическое множество.

Применяя процедуру M_i , определим на множествах X_i соответствующие нечёткие подмножества A_i , $i = 1, n$, $j = 1, k$ введя для этого функции принадлежности $\mu_{A_{ij}}(x_i)$, $x_i \in X_i$ [45–48]. Для работы с такими функциями принадлежности целесообразно в каждом конкретном случае использовать соответствующие T - и S -нормы, часть которых представлена в табл. 6.

Таблица 6

Примеры наиболее часто используемых T - и S -норм

$T(a, b)$	$S(a, b)$	Параметры
$\min \{a, b\}$	$\max \{a, b\}$	
$a \cdot b$	$a + b - a \cdot b$	
$\max \{0, a + b - 1\}$	$\min \{1, a + b\}$	
$\begin{cases} a, & \text{если } b = 1 \\ b, & \text{если } a = 1 \\ 0, & \text{если } a, b < 1 \end{cases}$	$\begin{cases} a, & \text{если } b = 0 \\ b, & \text{если } a = 0 \\ 0, & \text{если } a, b > 0 \end{cases}$	
$\frac{ab}{\max \{a, b, \gamma\}}$	$\frac{(1-a)(1-b)}{\max \{(1-a), (1-b), \gamma\}}$	$\gamma \in [0, 1]$
$\frac{ab}{\gamma + (1-\gamma)(a + b - ab)}$	$\frac{a + b - (2-\gamma)ab}{\gamma - (1-\gamma)ab}$	$\gamma > 0$
$\frac{1}{1 + \left(\left(\frac{1}{a} - 1 \right)^\gamma + \left(\frac{1}{b} - 1 \right)^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}}$	$\frac{1}{1 + \left(\left(\frac{1}{a} - 1 \right)^{-\gamma} + \left(\frac{1}{b} - 1 \right)^{-\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}}}$	$\gamma > 0$
$\frac{1}{\left(\frac{1}{a^\gamma} + \frac{1}{b^\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}$	$1 - \frac{1}{\left(\frac{1}{(1-a)^\gamma} + \frac{1}{(1-b)^\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}}}$	$\gamma > 1$
$\frac{1}{1 - ((1-a)^\gamma + (1-b)^\gamma - (1-a)^\gamma(1-b)^\gamma)^{\frac{1}{\gamma}}}$	$\frac{1}{(a^\gamma + b^\gamma - a^\gamma b^\gamma)^{\frac{1}{\gamma}}}$	$\gamma > 0$
$\max \left\{ 0, 1 - ((1-a)^\gamma + (1-b)^\gamma)^{\frac{1}{\gamma}} \right\}$	$\min \left\{ 1, (a^\gamma + b^\gamma)^{\frac{1}{\gamma}} \right\}$	$\gamma \geq 1$
$\log_\gamma \left(1 + \frac{(\gamma^a - 1)(\gamma^b - 1)}{\gamma - 1} \right)$	$1 - \log_\gamma \left(1 + \frac{\gamma^{1-a} + \gamma^{1-b}}{\gamma - 1} \right)$	$\gamma > 1, \gamma \neq 1$
$\max \{0, (\gamma - 1)(a + b) - 1 - \gamma ab\}$	$\min \{1, a + b + \gamma ab\}$	$\gamma > -1$

В этой таблице a, b – соответствующие функции принадлежности. Выбирая T - и S -нормы, а также подбирая настроечные параметры, с учётом накладываемых ограничений, можно получить результаты, достаточно близкие к тем, которые получают эксперты.

Отметим факт, что у каждой лингвистической переменной A_i $card(T_i) = j_i$. Таким образом, каждой лингвистической переменной

A_i можно поставить в соответствие вектор с координатами

$$\mu_{A_i} = \left\{ \begin{matrix} \mu_{A_i}^{j_i}(x_i) \\ \mu_{A_i}^{j_i}(x_i) \end{matrix} \right\}.$$

Введём в рассмотрение множество векторов $\mu_{A_i}(x_i)$, и пусть определены две опе-

рации сложения векторов в L и умножение векторов на элементы поля K . Это значит, что для $\forall \mu_{A_i}(x_i)$ и $\mu_{A_i}(x_{i+1})_1$ определено

$$\mu_{A_i}(x_i) + \mu_{A_i}(x_{i+1})_1,$$

$$T(\mu_{A_i}(x_i), \mu_{A_i}(x_{i+1}))$$

и $\forall \mu_{A_i}(x_i), \forall \lambda \in K$ определено

$T(\lambda, \mu_{A_i}(x_i)) \in L$, при этом выполняются свойства [48]. Тогда множество L_1 с указанными операциями называется линейным пространством.

Таким образом, мы получили возможность установить связь между I и S посредством преобразования соответствующих координат, значения которых определяются величинами функций принадлежности.

Введение в рассмотрение линейного пространства, а в общем случае линейных пространств, элементами которых являются векторные функции принадлежности, позволяет обоснованно показать, что информация является тензорной величиной, т.е. при изменении соответствующих базисов её координаты изменяются линейно. Тем самым мы построили необходимые предпосылки, дающие возможность перейти к разработке теории информации, в основу которой будут положены методы тензорного анализа и теории нечетких множеств.

Список литературы

- Белоногов Г.Г. О природе информации / Г.Г. Белоногов, Р.С. Гиляревский, А.А. Хорошилов // Науч.-техн. информация. Сер.2. Информ. процессы и системы. – 2009. – №1. – С. 1–6.
- Черный А.И. Магические числа и информация // Междунар. форум по информации. – 2009. – Т. 34, №1. – С. 22–26.
- Соколов А.В. Онтология информации. Философские очерки // Науч.-техн. информация. Сер.1. Орг. и методика информ. работы. – 2010. – №2. – С. 1–21.
- Соколов А.В. Информация: понятие, категории, амбивалентная природа. Философские очерки // Науч.-техн. информация. Сер. 1. Орг. и методика информ. работы. – 2010. – №5. – С. 1–13.
- Партико З.В. Современная парадигма науки об информации – информологии // Науч.-техн. информация. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 2009. – №11. – С. 1–9.
- Белоногов Г.Г. Ещё раз о гносеологическом статусе понятия «информация» / Г.Г. Белоногов, Р.С. Гиляревский // Науч.-техн. информация. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 2009. – №2. – С. 1–6.
- Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике: пер. с англ.; под ред. Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова. – М.: ИЛ, 1963. – С. 243–668.
- Фано Р. Передача информации. Статистическая теория связи: пер. с англ.; под ред. Р.Л. Добрушина. – М.: Мир, 1965. – 438 с.
- Кульбак С. Теория информации и статистика: пер. с англ.; под ред. А.Н. Колмогорова. – М.: Наука, 1967. – 408 с.
- Рипс Я.А. Оптимизация планирования и оценки результатов испытаний аппаратуры управления на надежность. – М.: Информэлектро. (Отд-ние ВНИИЭМ по науч.-техн. информации в электротехнике), 1976. – 80 с.
- Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам: пер. с англ. – 2-е изд., доп. – М.: КомКнига, 2005. – 248 с.
- Бонгард М.М. О понятии «полезная информация» // Проблемы кибернетики. Вып.9: сб. ст. / под ред. А.А. Ляпунова. – М.: Наука, 1963. – С. 71–102.
- Харкевич А.А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. Вып.4: сб. ст. / под ред. А.А. Ляпунова. – М.: Физматгиз, 1960. – С. 53–57.
- Хартли Р. Передача информации // Теория информации и её приложения / под ред. А.А. Харкевича. – М.: Физматгиз, 1959. – С. 5–35.
- Шрейдер Ю.А. Об одной модели семантической теории информации // Проблемы кибернетики. Вып.13 / под ред. А.А. Ляпунова. – М.: Наука, 1965. – С. 233–240.
- Эшби У.Р. Введение в кибернетику: пер. с англ.; под ред. В.А. Успенского. – М.: ИЛ, 1959. – 432 с.
- Урсул А.Д. Проблема информации в современной науке. – М.: Наука, 1975. – 287 с.
- Стратонович Р.Л. Теория информации. – М.: Сов. радио, 1975. – 424 с.
- Тютюнник В.М. От текущей информации к пониманию информатики / В.М. Тютюнник, В.А. Доронкин, А.К. Дьячек, В.Н. Смольков // Информатика и науковедение. – Тамбов, 1986. – С. 2–5.
- Тютюнник В.М. Взаимосвязи информатики и науковедения: анализ данных и модели. – Тамбов, 1989. – С. 1–3, 29–35.
- Гиляревский Р.С. Информационная культура в высшей школе // Науч.-техн. информация. Сер.1. Орг. и методика информ. работы. – 2007. – №2. – С. 18–22.
- Романенко В.Н. Понятие «информация» / В.Н. Романенко, Г.В. Никитина // Сетевой информационный поиск: практ. пособие / Рос. акад. естественных наук. – СПб.: Профессия, 2005. – С. 36–40.
- Коллин К.К. Философия информатики и фундаментальные проблемы современной информатики // Информ. ресурсы России. – 2010. – №1. – С. 25–28.
- Максимов Н.В. Информационная среда науки и образования: от информационного обслуживания к распределенной системе управления знаниями // Информ. о-во. – 2009. – №6. – С. 58–67.
- Максимов Н.В. Информация и знания: природа, концептуальная модель // Науч.-техн. информация. Сер.2. Информ. процессы и системы. – 2010. – №7. – С. 1–10.
- Климешова Д. Преобразование данных, информации и знаний // Междунар. форум по информ. – 2009. – Т. 34, №4. – С. 3–8.
- Гуревич И.М. Информация как универсальная неоднородность // Информ. технологии. – 2010. – №4. – С. 66–74.
- Волченков Е.Я. О природе информации: физико-семантический подход // Науч.-техн. информация. – 2010. – №3. – С. 1–7.
- Вяткин В.Б. Синергетический подход к определению количества информации // Информ. технологии. – 2009. – №12. – С. 68–73.
- Бушуев С.Н. Теоретические основы создания информационно-технических систем / С.Н. Бушуев, А.С. Осадчий, В.М. Фролов. – СПб.: ВАС, 1998. – 404 с.
- ОСТ ВШ 01.002-95. Отраслевой стандарт Госкомвуза Российской Федерации. Информационные технологии в высшей школе. Термины и определения. Дата введения 01.03.96.
- Горский Д.П. Краткий словарь по логике / Д.П. Горский, А.А. Ивин, А.Л. Никифоров; под ред. Д.П. Горского. – М.: Просвещение, 1991. – 208 с.

33. Искусственный интеллект: Применение в интегрированных производственных системах / под ред. Э. Кьюсиака; пер. с англ. А.П.Фомина; под ред. А.И. Дашенко, Е.В. Левнера. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.
34. Закон РФ № 24-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации». – 1995. – 20 февр.
35. Ростовцев Ю.Г. Основы построения автоматизированных систем сбора и обработки информации: учебник. – СПб.: ВИККИ им. А.Ф.Можайского, 1992. – 718 с.
36. Информатика: учебник / под ред. проф. Н.В. Макаровой. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 768 с.
37. Терминологический словарь по проблеме «Базы данных в сетях ЭВМ». – М.: МЦНТИ, 1984.
38. Архитектура, интерфейсы и протоколы вычислительных сетей (базовый перечень терминов). – Рига: ИЭВТ, 1988. – 119 с.
39. Першиков В.И. Толковый словарь по информатике / В.И. Першиков, В.М. Савинков. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 543 с.
40. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы: справ. кн. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 368 с.
41. Цикритзис Д. Модели данных / Д. Цикритзис, Ф. Лоховски; пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 344 с.
42. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
43. Толковый словарь по вычислительным системам; под ред. В. Иллинуорта / пер. с англ. А.К. Белоцкого и др.; под ред. Е.К. Масловского. – М.: Машиностроение, 1991. – 560 с.
44. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: пер. с фр.; под ред. С.И. Травкина. – М.: Радио и связь. – 1982. – 432 с.
45. Кузьмин В.Б. Построение групповых решений в пространствах чётких и нечётких бинарных отношений. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1982. – 168 с.
46. Аверкин А.Н. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун; под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1986. – 312 с.
47. Обработка нечёткой информации в системах принятия решений / А.Н.Борисов, А.В.Алексеев, Г.В.Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
48. Мантуров О.В. Элементы тензорного исчисления: учеб пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. – М.: Просвещение, 1991. – 255 с.

Рецензенты:

Крапивин В.Ф., д.ф.-м.н., профессор, Российская академия естественных наук, Институт проблем экоинформатики, Московская обл., г. Фрязино;

Мкртчян Ф.А., д.ф.-м.н., профессор, Российская академия естественных наук, Институт проблем экоинформатики, Московская обл., г. Фрязино;

Антонов А.В., д.т.н., профессор, декан факультета кибернетики Института атомной энергетики национального исследовательского ядерного университета МИФИ, г. Обнинск.

Работа поступила в редакцию 15.02.2011.