

УДК 303.732.4

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ СИСТЕМНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕРЫ ИНФОРМАЦИИ К.ШЕННОНА (конструирование коэффициента эмерджентности Шеннона)

Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13,
prof.lutsenko@gmail.com

В статье текст рассматривается как система, включающая вербальные и невербальные подсистемы различных уровней иерархии. Предложены системное обобщение классической меры Шеннона для количества информации в тексте и основанная на ней количественная мера уровня системности текста, названная «коэффициент эмерджентности Шеннона». Показана математическая взаимосвязь между полученным в 2002 году коэффициентами эмерджентности Хартли и предложенным коэффициентом эмерджентности Шеннона. Показано, что каждому объекту познания можно поставить в соответствие некий текст, отражающий его состав и структуру. Процесс познания с этой точки зрения рассматривается как процесс построения текстовых моделей объектов познания и процесс исследования этих моделей. Даны определение процедур шифрования и дешифрования, а также количественные меры их эффективности, основанные на количественных мерах системности текстов. С этих же позиций раскрыта взаимосвязь шифрования и дешифрования с архивированием и разархивированием. Предложена компьютерная программа для численного измерения уровня системности конкретных текстов и моделируемых ими систем, приведен ряд численных примеров

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», БАЗА ЗНАНИЙ, СИСТЕМА, ДЕТЕРМИНАЦИЯ, ЭМЕРДЖЕНТНЫЕ МАКРОСВОЙСТВА, ПОДСИСТЕМА, СЛОЖНОСТЬ, УРОВЕНЬ ИЕРАРХИИ ЭШБИ

Данная статья посвящена продолжению развития идей, разработке которых посвящены работы [6-23]. Естественный язык представляет собой мощную и гибкую систему моделирования реальности и является одним из начальных этапов объективации (опредмечивания) результатов мышления на слабо формализованном уровне [8]. Еще менее формализованным является только мышление без вербализации, известное как медитация (интуитивный уровень). Последовательное повышение степени формализации мышления приводит к его объективации в таких формах представления

UDC 303.732.4

QUANTIFICATION OF LEVEL OF A SYSTEM, BASED ON INFORMATION MEASURES OF K.SHENNON (building rate of emergence of Shannon)

Lutsenko Evgeny Veniaminovich
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

In the article, a text is considered as a system, which includes both verbal and nonverbal subsystems of different levels of hierarchy. System generalization of the classical Shannon measure of information in text and a quantitative measure of the level of systematic text, called the "coefficient of emergence of Shannon", which is based on it, is proposed. This article shows mathematical relationship between the obtained coefficients of emergence of Hartley in 2002 and Shannon's proposed rate of emergence. It is shown that every object of cognition can be associated with a text reflecting its composition and structure. The process of learning from this perspective is seen as a process of constructing a text object models of learning and research process of these models. The definition of procedures for encryption and decryption, as well as quantitative measures of their effectiveness based on quantitative measures systematic texts is given. From this standpoint, the relationship of encryption and decryption with zipping and unzipping is shown. We propose a computer program for the numerical measurement of systemic and specific texts of the simulated systems and present some numerical examples in this article

Keywords: AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, INTELLIGENT SYSTEM "EIDOS", BASE OF KNOWLEDGE, SYSTEM, DETERMINATION, EMERGENT MACRO PROPERTIES, SUBSYSTEM, COMPLEXITY, LEVEL OF THE HIERARCHY OF ASHBY

знаний как методики, алгоритмы и структуры данных, математические модели [15, 16].

Свою функцию системы моделирования язык способен выполнять лишь благодаря тому, что его структура приспособлена для отражения структуры реальности, для ориентации в которой он используется, т.е. *подобна* ей [4, 16]. А структура реальности представляет собой иерархию взаимосвязанных систем [6, 10, 23] и эти системы существуют, изменяются и обладают признаками. Соответственно, для моделирования (отображения) этих свойств систем в языке имеются такие грамматические конструкции, как существительные, глаголы и прилагательные. Но главная особенность языка, как системы моделирования, которая для нас наиболее существенна в данной работе, это его *иерархическая структура*. Это значит, что *различным элементам или подсистемам на различных уровнях иерархии систем мы можем поставить в соответствие определенные конструкции иерархической структуры языка*, что исключительно удобно и наглядно. После этого мы можем исследовать иерархическую структуру системы, исследуя ее языковую или текстовую модель, и это исследование вполне корректно можно считать исследованием самой моделируемой системы, если эта модель адекватна.

Традиционно это исследование языковых (лингвистических) моделей объектов и процессов реальности осуществляется на том же слабо формализованном уровне, который характерен для этих моделей. С одной стороны это придает этим моделям исключительную гибкость и универсальность, а с другой приводит к недостаточной сопоставимости или вообще к несопоставимости результатов исследований в пространстве и времени. Даже и при локальных исследованиях одни результаты сложно сравнивать с другими, т.к. они не выражены в количественной форме. Однако преодоление этих недостатков и ограничений *традиционного подхода* к исследованию уровня системности представляет собой определенную **проблему**, связанную с тем, что:

- недостаточно разработан математический аппарат, позволяющий количественно сравнивать уровень системности объектов моделирования в различных предметных областях;
- отсутствует универсальная методика разработки формальных моделей систем в различных предметных областях;
- отсутствует программный инструментарий, имеющий программный интерфейс с входной формой моделей систем и реализующий математический аппарат исследования их уровня системности.

Данная статья посвящена решению сформулированной проблемы путем постановки и решения соответствующих задач, являющихся этапами ее решения.

Естественный язык существует в различных формах представления, в т.ч. звуковой и текстовой. Текст на естественном языке может быть запи-

сан с помощью различных систем символов: петроглифов, иероглифов, а также с помощью фонетического алфавита и специальных знаков, как текст данной статьи (далее будем рассматривать этот вариант).

Естественно, структура текста также отражает структуру естественного языка и реальности. Поэтому текст, как и реальность, представляет собой систему, включающую подсистемы различных уровней иерархии: 0-м, 1-м, 2-м, 3-м, ..., k-м. Рассмотрим, какие уровни иерархии присутствуют в тексте монографии, как многоуровневой системе (рисунок 1):

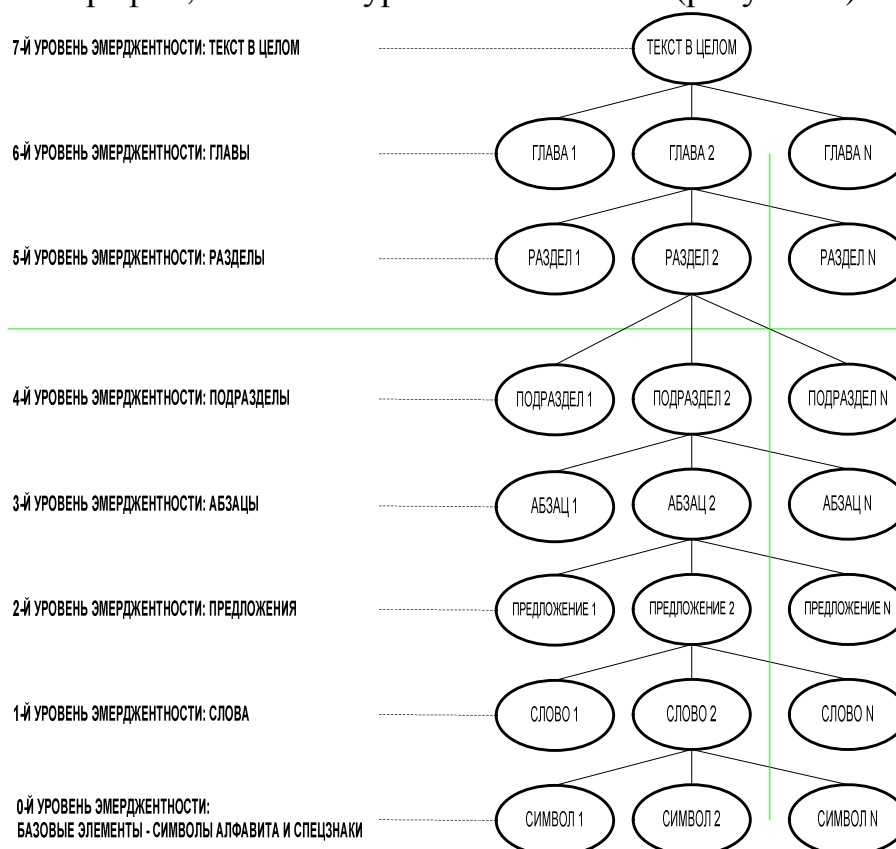


Рисунок 1. Текст, как система с 7-ю уровнями иерархии

На рисунке 1 показано 7 уровней иерархии текстовой системы¹:

– 0-й уровень иерархии системы – это сами базовые элементам, т.е. элементы исходного множества, на основе которого образуется система, т.е. в нашем случае – символы компьютерной таблицы символов;

– 1-й уровень иерархии системы – это подсистемы, образованные непосредственно из базовых элементов (исключая пробел и знаки препинания), в различном количестве, сочетаниях и порядке, т.е. это слова;

– 2-й уровень иерархии системы включает подсистемы, образованные из подсистем предыдущего, 1-го уровня, как элементов, т.е. из слов: это предложения;

¹ Предыдущая попытка исследовать многоуровневые текстовые системы предпринята автором в 2008 году в работе [17].

– 3-й уровень иерархии системы включает подсистемы, образованные из подсистем предыдущего, 2-го уровня, как элементов, т.е. из предложений: это абзацы;

– 4-й уровень иерархии системы включает подсистемы, образованные из подсистем предыдущего, 3-го уровня, как элементов, т.е. из абзацев: это подразделы;

 – здесь могут быть подразделы различных уровней;

– 5-й уровень иерархии системы включает подсистемы, образованные из подсистем предыдущего, 4-го уровня, как элементов, т.е. из подразделов: это разделы;

– 6-й уровень иерархии системы включает подсистемы, образованные из подсистем предыдущего, 5-го уровня, как элементов, т.е. из разделов: это главы;

– 7-й уровень иерархии системы представляет собой систему в целом;

– последующие уровни иерархии текстовых систем: различные виды каталогов и классификаторов текстов: по жанру, времени написания, автору, тематике и тому подобное, и так далее. Классификаторы текстов по тематике – это УДК, ББК, Перечень специальностей научных работников, сайты и сообщества в Internet.

Таким образом, будем считать, что:

1. Система включает в свой *состав* не только базовые элементы, на которых она основана, но и различные подсистемы из тех же базовых элементов в различных сочетаниях и эти подсистемы образуют иерархическую *структуру* системы.

2. Базовые элементы системы будем считать ее *подсистемами* нулевого уровня иерархии.

3. Свойства системы в целом соответствуют ее подсистемам различных уровней иерархии, поэтому *все уровни иерархии вполне обоснованно можно называть уровнями эмерджентности*.

Текст как система обладает определенными системными (эмерджентными или синергетическими) свойствами, которые отсутствуют у его элементов и подсистем различных уровней иерархии. Система есть множество взаимосвязанных элементов, что обеспечивает возникновение новых, так называемых системных или эмерджентных свойств, которых не было у элементов системы до их объединения в систему, что обеспечивает системе преимущества в достижении целей. Таким образом, понятие системы основано на понятии множества, но выходит за его пределы, т.е. является его *обобщением*, т.к. включает также понятия *взаимосвязей* между элемен-

тами, за счет которых образуются подсистемы различных уровней иерархии, образующие *структуру* системы [6-23].

Основными системными свойствами текстов являются логический *смысл*, достоверность, эмоциональная и духовная нагрузка, а также юридическая сила. В текстах различных типов эти системные свойства могут быть выражены в различной степени и играют различную роль:

- в научных текстах основным является смысл и достоверность;
- в художественных – смысл и эмоциональная и духовная нагрузка («заряд нетождественности»);
- в юридических – смысл и юридическая сила (последняя возникает когда в документе представлены все обязательные атрибуты).

В текстах, как системах, можно выделить вербальные (выраженные в словах) и невербальные подсистемы (рисунок 2):

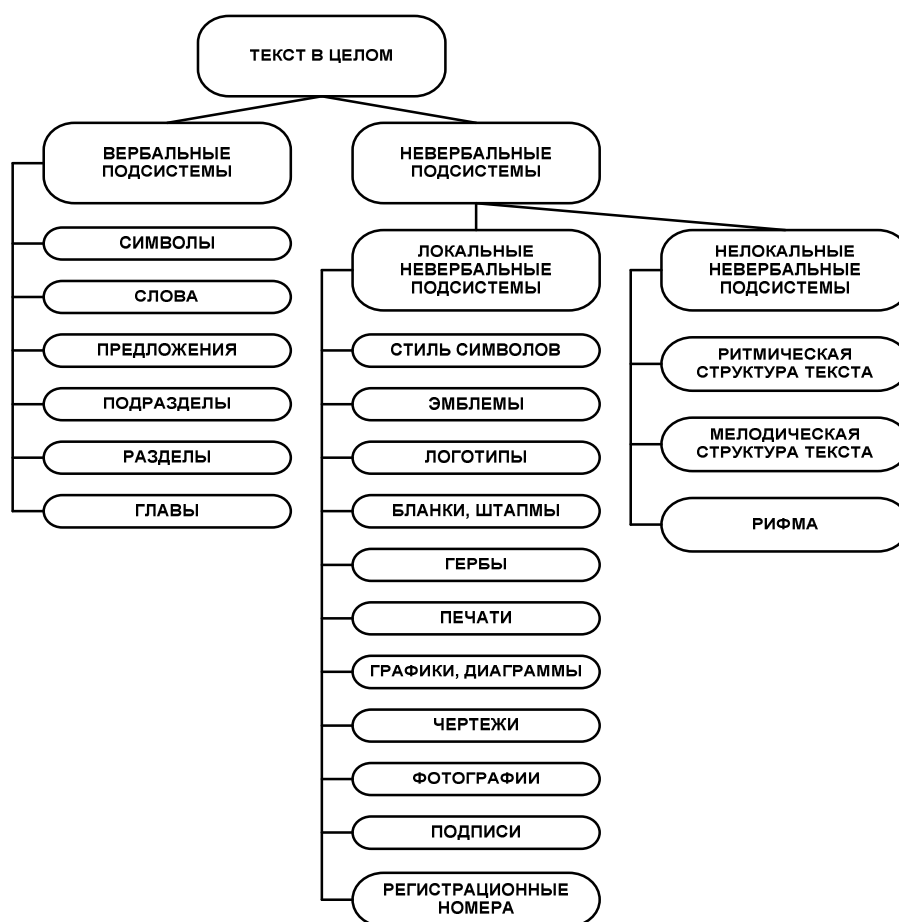


Рисунок 2. Классификация подсистем в текстах, как системах

1. Вербальные подсистемы это слова, предложения, абзацы, подразделы, разделы, главы (в т.ч. обязательные разделы документа, как системы).

2. Невербальные подсистемы можно классифицировать на локальные и нелокальные.

– локальные невербальные подсистемы – это различные изображения в тексте: сам стиль написания символов (размер и тип шрифта, его цвет, жирность, курсив, подчеркивание и другие свойства символов, определяющие их внешний вид), а также различные эмблемы, логотипы, бланки, гербы, печати, графики и диаграммы, фотографии.

– нелокальные невербальные подсистемы текста связаны с его ритмической и мелодической фонетической структурой, в т.ч. с рифмой.

Далее мы будем рассматривать лишь вербальные подсистемы текста. Основываясь на результатах работ [6-23] будем считать, что:

1. *Чем больше информации содержится в системе, тем более сложной она является.*

2. *Чем в большей степени количество информации в системе с учетом ее иерархической структуры и подсистем превосходит количество информации в ее базовом уровне иерархии, как множестве, тем выше уровень системности (эмерджентность, синергия) данной системы.*



Ральф Хартли²

В работах [6-23] предложены, обоснованы, развиты и исследованы абсолютные и относительные количественные меры уровня системности (эмерджентности) системы, в качестве которых автором в 2002 году предложены [6] системное обобщение выражения Ральфа Хартли³ для количества информации в системе (1), основанной на W базовых элементов и его отношение к классическому количеству информации по Р.Хартли (2) [1] в множестве тех же базовых элементов [1] (3):

$$I_{sys} = \text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m \quad (1)$$

$$I_{klas} = \text{Log}_2 W \quad (2)$$

Так, например, если в мешке W одинаковых пронумерованных шаров, и мы вытаскиваем наугад, т.е. случайным образом, **один** из них, то когда узнаем, какой шар мы вытащили, получаем количество информации, выражаемой формулой (2).

Если из того же мешка вытаскивать наугад не только по одному шару, но и по 2, 3, ..., W , то когда узнаем, какие шары мы вытащили мы получаем количество информации, определяемое выражением (1). При этом сочетания шаров мы рассматривали как различные подсистемы, образо-

² Источник: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Hartley_ralph-vinton-lyon-001.jpg

³ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Хартли,%20Ральф>

ванные на одном и том же базовом множестве элементов. В качестве уровня системности автором было предложено отношение количества информации в системе к количеству информации в ее базовом множестве (3).

$$j = \frac{\log_2 \sum_{m=1}^M C_W^m}{\log_2 W} \quad (3)$$

где:

W – количество элементов в базовом множестве системы, т.е. на 0-м уровне ее иерархии;

M – максимальное количество базовых элементов в подсистеме (максимальный уровень сложности подсистем) $M \leq W$.

m – число базовых элементов в подсистеме (сложность подсистемы);

Таким образом, коэффициент эмерджентности Хартли количественно отражает *максимально возможную* степень отличия системы от множества его базовых элементов. Дело в том, что реальные системы включают не все *в принципе возможные* подсистемы, а лишь некоторые из них, т.к. действуют определенные правила запрета. Поэтому на одном и том же множестве базовых элементов могут основываться большое количество различных систем, одинаковых по составу (базовым элементам), но отличающихся своими структурами (подсистемами).

Поскольку для измерения количества информации в системе и ее базовом уровне применялась мера Р.Хартли, то и предложенная автором в 2002 году в работе [6] количественная мера уровня системности была названа в честь него «коэффициентом эмерджентности Хартли». Однако в работах ряда авторов эти и другие результаты преподносятся как собственные без ссылок на первоисточники⁴.

Из вышеизложенного ясно, что уровень системности (эмерджентности) системы или ее *сложность* определяется не только числом базовых элементов в ней, но и *взаимосвязями* между ними, т.е. *структурой* системы, и *при уменьшении интенсивности и количества этих взаимосвязей система дезинтегрируется, т.е. структура системы упрощается*, пока полностью не исчезнет и система не превратится в простое множество собственных базовых элементов. Значит *уровень системности или эмерд-*

⁴ Об этом см., например: Вяткин В.В. Групповой плагиат: от студента до министра. // Троицкий вариант. № 91: 08.11.2011 – Электронный ресурс. – [Режим доступа]: <http://trv-science.ru/2011/11/08/grupповојј-plagiat-ot-studenta-do-ministra/>. Более того, похоже, плагиаторы даже не поняли, что результаты, которые они «приписали себе», принадлежат не Хартли и Харкевичу, а просто названы в их честь автором. Это подтверждает и материал: «Примерная программа профессионального модуля ПМ.01 Эксплуатация и модификация информационных систем», который легко найти в Internet, сделал запрос: «мера мажоритарности и эмерджентности (ПО ХАРТЛИ И/ЛИ ХАРКЕВИЧУ) в проектах ИС». Похоже, они «судят по себе» и искренне полагают, что не воруют эти научные результаты, а просто «пересказывают классиков» и думают, что точно также как они поступили и те авторы, из работ которых они «взяли» тексты эти практически без изменений и без ссылок на источник.

жентность системы тем выше, чем выше сила и сложность взаимосвязей между ее базовыми элементами. В работе [6] сформулирована и численно исследована гипотеза о законе возрастания эмерджентности (рисунок 2):

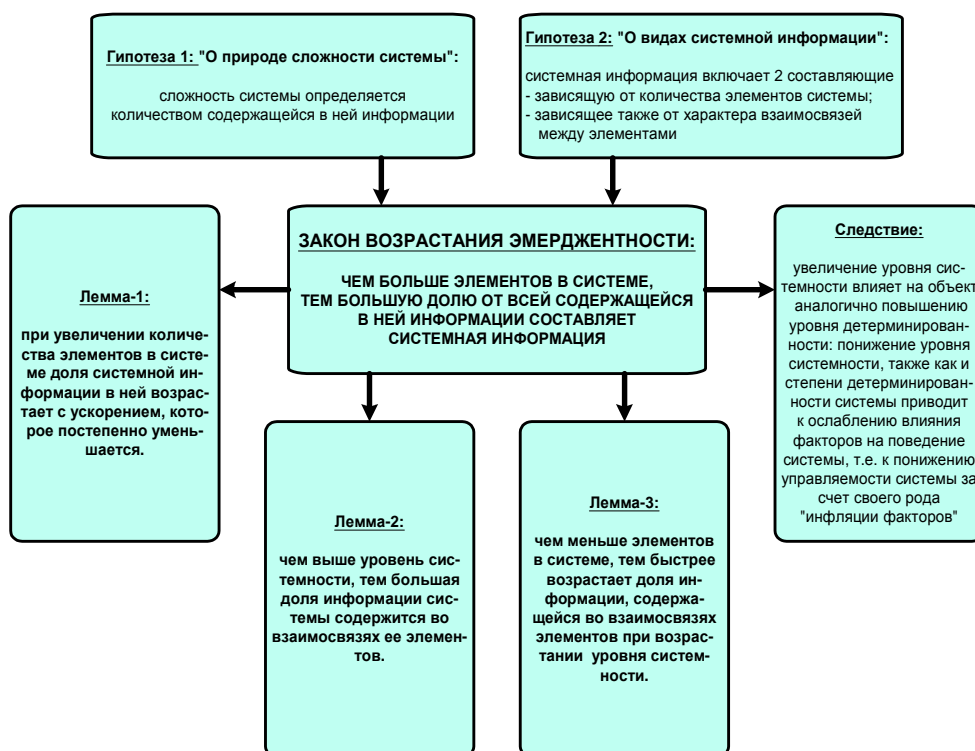
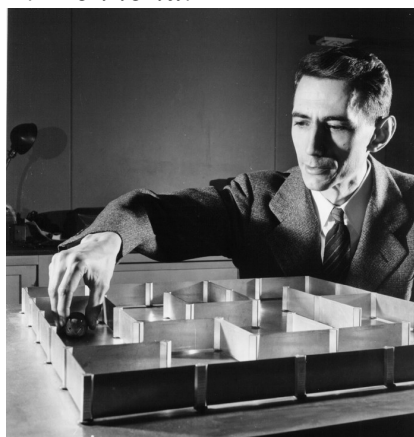


Рисунок 3. Гипотеза о законе возрастания эмерджентности согласно [6]

Основная идея данной статьи – это обобщение приведенных выше математических выражений для уровня системности, путем применения для измерения количества информации в базовом множестве элементов и в системе с учетом ее подсистем не меры Хартли, а более общей меры К.Шеннона.



Клод Шеннон в годы открытий⁵

Классическая формула, предложенная в 1948 году Клодом Шенноном⁶ для измерения суммарного количества информации, содержащегося в последовательности из W символов, каждый из которых встречается в последовательности N_i раз, имеет вид (4) [2, 3]:

$$I = -\sum_{i=1}^W p_i \text{Log}(p_i) \quad (4)$$

где:

$$p_i = \frac{1}{N_i} \quad (5)$$

⁵ Источник: http://internetua.com/upload/tinymce/images/AleX101/shannon.mouse_in_maze.jpg

⁶ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Шеннон,%20Клод>

Между выражениями Хартли и Шеннона для количества информации существует простая взаимосвязь. Если в некотором сообщении i -й символ встречается N_i раз, то по Р.Хартли (1928) при выборке конкретного i -го символа мы получаем:

$$I = \text{Log}N_i \quad (6)$$

информации. В среднем же на один символ при выборке i -го символа мы получаем:

$$I = \frac{\text{Log}N_i}{N_i} \quad (7)$$

информации.

При выборке i -го символа, используя в выражении (7) формулу для вероятности выборки какого-либо конкретного i -го символа из их общего количества N_i (5) получим:

$$I = -p_i \text{Log}(p_i) \quad (8)$$

В выражении (8) для среднего количества информации в i -м символе учтено, что:

$$\text{Log}N_i = -\text{Log}(p_i),$$

т.к.

$$\text{Log} \frac{1}{N_i} = \text{Log}1 - \text{Log}N_i = -\text{Log}N_i.$$

Всего же в сообщении из W символов суммарно в среднем будет содержаться:

$$I = -\sum_{i=1}^W p_i \text{Log}(p_i) \quad (9)$$

информации. Выражение (9) и представляет собой знаменитую формулу К.Шеннона для среднего количества информации в сообщении из W символов.

Формула К.Шеннона считается обобщением формулы Р.Хартли для не равновероятных событий. Действительно, если все символы равновероятны, то $N_i = 1/W$ и выражение (9) принимает вид (10), т.е. выражение Шеннона преобразуется в выражение Хартли:

$$I = -\sum_{i=1}^W \frac{1}{W} \text{Log} \frac{1}{W} = \text{Log}W \quad (10)$$

Если продолжить пример с шарами, которые мы наугад вытаскиваем из мешка, то классический подход К.Шеннона предполагает, что шары цветные, причем шары каждого цвета пронумерованы отдельно друг от друга и в мешке N_i шаров i -го цвета, а всего W шаров.

Концепция реализации основной идеи состоит в следующем:

1. Применим меру К.Шеннона для измерения количества информации не только в базовом множестве элементов, но и в системе с учетом ее подсистем.

2. Для этого подсистемы различных уровней иерархии будем считать элементами, из которых образуются эти уровни.

3. Поэтому будем считать, что подсистемы различных уровней иерархии содержат информацию этих уровней точно так же, как базовые элементы содержат информацию базового уровня.

4. Количество информации в системе будем считать суммой количества информации во всех ее уровнях иерархии, включая базовый уровень.

5. Получим системное обобщение классической формулы Шеннона, отражающее количество информации в системе с учетом ее подсистем, а не только в ее базовом множестве.

6. Получим количественную меру уровня системности на основе меры количества информации Шеннона, равную отношению количества информации в системе (измеряемому системным обобщением классической формулы Шеннона), к количеству информации в ее базовом множестве (измеряемому классической формулой Шеннона).

Если продолжить пример с шарами, то обобщать классическую меру Шеннона для количества информации, как в случае с выражением Хартли, предлагается, разрешив вытаскивать из мешка наугад не по одному шару, а по нескольку сразу. Причем, как мы помним, шары цветные и шары каждого цвета пронумерованы отдельно друг от друга, причем в мешке всего W шаров: по N_i шаров i -го цвета.

Реализуем данную концепцию и получим аналитическое выражение для количественной меры уровня системности на основе формулы количества информации Шеннона. Затем приведем конкретные численные примеры применения этой меры для оценки уровней системности различных текстов и моделируемых ими систем.

Обратимся к таблице 1, которая представляет собой результат выполнения первых пяти пунктов сформулированной концепции:

**Таблица 1 – КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ ПО К.ШЕННОНУ
В РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕКСТА
КАК СИСТЕМЫ И В СИСТЕМЕ В ЦЕЛОМ**

№ п/п	Наименование элементов уровня иерархии системы	Количество элементов в уровне иерархии	Формула для количества информации в уровне иерархии
0	Символы (Symbols)	$W=N_{Symbols}$	$I_{Symbols} = - \sum_{i=1}^{N_{Symbols}} p_i \text{Log}(p_i)$
1	Слова (Word)	$N_{Word} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Symbols}}^m$	$I_{Word} = - \sum_{i=1}^{N_{Word}} p_i \text{Log}(p_i)$
2	Подсистемы в предложениях (SubOffer)	$N_{SubOff} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Word}}^m$	$I_{SubOff} = - \sum_{i=1}^{N_{SubOff}} p_i \text{Log}(p_i)$
3	Предложения (Offer)	$N_{Offer} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Word}}^m$	$I_{Offer} = - \sum_{i=1}^{N_{Offer}} p_i \text{Log}(p_i)$
4	Абзацы (Paragraphs)	$N_{Paragr} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Offer}}^m$	$I_{Paragr} = - \sum_{i=1}^{N_{Paragr}} p_i \text{Log}(p_i)$
5	Подразделы (Subsections)	$N_{Subsect} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Paragr}}^m$	$I_{Subsect} = - \sum_{i=1}^{N_{Subsect}} p_i \text{Log}(p_i)$
6	Разделы (Sections)	$N_{Sect} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Subsect}}^m$	$I_{Sect} = - \sum_{i=1}^{N_{Sect}} p_i \text{Log}(p_i)$
7	Главы (Chapters)	$N_{Chapt} = \sum_{m=1}^M \bar{A}_{N_{Sect}}^m$	$I_{Chapt} = - \sum_{i=1}^{N_{Chapt}} p_i \text{Log}(p_i)$
8	Система в целом (System)	Количество элементов в наивысшем уровне иерархии системы тождественно равно 1, т.к. система одна: $N_{System} \equiv 1$	$I_{System} = - \sum_{i=1}^{N_{System}} p_i \text{Log}(p_i) \equiv 0$
	Суммарное количество информации в системе (во всех ее иерархических уровнях):	U – количество уровней иерархии системы; u – номер уровня иерархии: $u=0,1,2,\dots,U$; $W(u)$ – количество элементов в уровне иерархии номер u : $W(0)=N_{Symbols}$ $W(1)=N_{Word}$ $W(2)=N_{SubOff}$ $W(3)=N_{Offer}$ $W(4)=N_{Paragr}$ $W(5)=N_{Subsect}$ $W(6)=N_{Sect}$ $W(7)=N_{Chapt}$ $W(8)=N_{System}=1$	Суммарное количество подсистем на всех уровнях системы: $N_{SumSystem} = N_{Symbols} + N_{Word} + N_{SubOff} + N_{Offer} + N_{Paragr} + N_{Subsect} + N_{Sect} + N_{Chapt}$ Суммарное количество информации в системе (во всех ее иерархических уровнях): $I_{SumSystem} = - \sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} p_i^u \text{Log}(p_i^u)$ С учетом выражения (5): $I_{SumSystem} = \sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} \frac{\text{Log}(N_i^u)}{N_i^u}$

В таблице 1 символика: \bar{A}_N^m обозначает **число различных размещений с повторениями** из N символов по m . Конечно, реальные системы включают не все в *принципе возможные* подсистемы, образованные как размещения повторениями, а лишь некоторые из них, т.к. действуют определенные правила запрета. Иначе говоря, в реальном языке значительно меньше слов, чем **суммарное** число различных размещений с повторениями символов алфавита при их разном количестве в словах. Поэтому на одном и том же множестве базовых элементов могут основываться большое количество различных систем, одинаковых по составу (базовым элементам), но отличающихся своими структурами (подсистемами).

Выражения (11) и (12) и представляют собой **системное обобщение классической формулы Шеннона**, отражающее количество информации в системе с учетом ее подсистем, а не только в ее базовом множестве:

$$I_{System} = - \sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} p_i^u \text{Log}(p_i^u) \quad (11)$$

Если учесть в (11) выражение (5), то получим его форму, более удобную для практических расчетов (12):

$$I_{System} = \sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} \frac{\text{Log}(N_i^u)}{N_i^u} \quad (12)$$

Для взаимно эквивалентных выражений (11) и (12) выполняется *принцип соответствия*⁷ с классическим выражением Шеннона для количества информации (4), обязательный для более общих теорий: при количестве уровней иерархии в системе $U \rightarrow 0$ очевидно $I_{System} \rightarrow I_0$.

Выполним теперь 6-й пункт концепции, т.е. получим *количественную меру уровня системности на основе меры количества информации Шеннона*, равную отношению количества информации в системе (измеряемому системным обобщением классической формулы Шеннона), к количеству информации в ее базовом множестве (измеряемому классической формулой Шеннона). Для этого разделим количество информации в системе (11) и (12) на количество информации в ее базовом уровне (4) и получим, соответственно, выражения (13) и (14):

$$E_{System} = \frac{\sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} p_i^u \text{Log}(p_i^u)}{\sum_{i=1}^{W(0)} p_i^0 \text{Log}(p_i^0)} \quad (13)$$

Форма выражения (13), полученная с учетом (5), более удобная для практических расчетов (14):

⁷ См., например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Принцип%20соответствия>

$$E_{System} = \frac{\sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} \frac{Log(N_i^u)}{N_i^u}}{\sum_{i=1}^{W(0)} \frac{Log(N_i^0)}{N_i^0}} \quad (14)$$

Есть все более чем достаточные основания назвать полученную *количественную меру уровня системности, основанную на системном обобщении выражения для количества информации Клода Шеннона, в честь этого выдающегося ученого, «коэффициентом эмерджентности Шеннона».*

Отметим, что на практике вероятность встречи *i*-го символа в текстовом сообщении p_i , входящая в выражения (11) и (13), может вычисляться и не по формуле (5), используемой Шенноном, а более привычным классическим для теории вероятностей способом:

$$p_i = \frac{N_i}{W} \quad (15)$$

где:

N_i – количество встреч *i*-го символа в тексте;

W – суммарное количество всех символов тексте.

Может быть получена эта вероятность и другими способами, например принятыми в статистической физике или квантовой механике.

В реализованной программе для измерения уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона (приведена ниже) используется именно выражение (15).

Итак, ранее было предложено системное обобщение меры количества информации Хартли [6], а теперь предлагается системное обобщение меры Шеннона. Для этого к множеству базовых элементов предлагается добавить все подсистемы из них различных уровней иерархии и рассматривать их как элементы различных уровней иерархии. Предлагается количественная мера уровня системности, представляющая собой *отношение* количества информации в системе, к количеству информации в множестве ее базовых элементов, т.е. отношение системного обобщения меры К.Шеннона к классическому выражению Шеннона для количества информации. Эту меру предлагается назвать *коэффициентом эмерджентности К.Шеннона*, аналогично коэффициенту эмерджентности, полученному автором в 2002 году и названному в честь Р.Хартли, а также полученному тогда же коэффициенту эмерджентности, названному в честь А.Харкевича [6].

Объекты познания могут рассматриваться как некие тексты, если обозначить их базовые элементы с помощью вербальных и невербальных компонент, в частности символов. Каждому объекту познания можно по-

ставить в соответствие некий текст, отражающий его состав и структуру, который можно считать моделью объекта познания. Процесс познания можно рассматривать как процесс построения моделей объектов познания и процесс изучения этих моделей. При этом процесс исследования модели объекта познания корректно считать познанием самого моделируемого объекта только в случае, когда модель адекватна. В частности *в этом случае уровень системности объекта познания можно считать равным уровню системности отражающего его текста или модели.*

В качестве примеров подобных текстов можно рассматривать химические элементы таблицы Д.И.Менделеева и химические соединения (вещества), структуру ДНК, математические формулы, числовые системы и последовательности (прогрессии), различные конструкции (механические, электронные, строительные), программные системы, биологические системы, геометрические объекты, фрактальные системы, наноструктуры, и многие-многие другие [6-23].

Применим предложенное системное обобщение формулы Шеннона и коэффициент эмерджентности Шеннона в области шифрования – дешифрования.

Шифрование – это процесс понижения уровня системности текста с возможностью его восстановления до исходного уровня в результате дешифрования.

Дешифрование – это восстановление исходного уровня системности текста.

Качество шифра может количественно измеряться степенью понижения уровня системности текста (разностью или отношением исходного и результирующего коэффициентов эмерджентности Шеннона).

Идеальный шифр приводит к понижению уровня системности текста от любого исходного уровня до нуля. В идеально зашифрованном тексте формально содержится ноль информации, т.е. формально в нем нет никакой структурированности и никакой избыточности, т.е. каждый символ встречается только один раз.

Таковыми же свойствами обладают *архивы и шум*. Поэтому можно обоснованно считать, что архивирование – это шифрование, а разархивирование – дешифрование.

Процесс познания с этой точки зрения можно рассматривать как процесс дешифровки текстов, описывающих объекты познания, т.е. своего рода «чтение книги самой природы».

Развертывание множественного мира из единого состояния до «Большого взрыва», описываемого одной волновой функцией, также аналогично разархивированию и дешифровке, т.е. может рассматриваться не как физический, а как информационный процесс. Может быть, в этом может состоять еще один аспект понимания глубинного смысла слов: «В на-

чале было Слово»⁸. Причем архив и шифр были *идеальными* по сформулированным выше критериям. Поэтому такой архив с наивысшей плотностью информации *на практике* невозможно отличить от шума или хаоса. Поэтому тех, кто утверждал, что «в начале» был первозданный Хаос, тоже можно понять⁹.

Автором разработана компьютерная программа для измерения уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона (универсальная и специализированная версии). При этом использована лицензионная система программирования: Alaska (xBase++ v.1.9) +Tools III + eXpress++¹⁰. Скачать эту программу: исполнимый модуль, исходные комментированные тексты и примеры текстовых моделей можно по адресу: <http://www.twirpx.com/user/858406/>¹¹.

Ниже приводится исходный текст универсальной версии данной программы с комментариями.

```
*****
*** (c) Eugene Lutsenko (Russia) v.05/25/12 10:26am ***
*** Оценка уровня системности текстов с помощью ***
*** коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона ***
*** Alaska + Tools III + eXpress++ ***
*****

#include "dcdialog.CH"
#include "Gra.ch"
#include "xhp.ch"
#pragma library( "XBTBASE1.LIB" )
#pragma library( "XBTBASE2.LIB" )
#pragma library( "dclipx.lib" )

PROCEDURE AppSys
// Рабочий стол остается окном приложения
RETURN

PROCEDURE Main

PARAMETERS File_inp

SET COLLATION TO SYSTEM // Russification
*SET COLLATION TO ASCII // Russification

Pos_p = AT(".",File_inp)
IF Pos_p = 0
DC_MsgBox("Имя файла, заданное в качестве параметра, не имеет расширения")
ELSE
Ext = UPPER(SUBSTR(File_inp,Pos_p+1))
IF Ext <> "TXT"
DC_MsgBox("Имя файла, заданное в качестве параметра, имеет расширение не TXT")
ENDIF
ENDIF

TypeSystem := 1
@0,0 DCSAY "Структура системы может быть иерархическая или сетевая."
@2,0 DCSAY "В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ системе подсистема нижнего уровня входит в ЕДИНСТВЕННУЮ подсистему более высокого уровня."
@3,0 DCSAY "В этом случае подсистемы с одинаковыми наименованиями в текстовой модели считаются РАЗНЫМИ подсистемами."
@5,0 DCSAY "В СЕТЕВОЙ системе подсистема нижнего уровня может входить в НЕСКОЛЬКО подсистем более высокого уровня."
@6,0 DCSAY "В этом случае подсистемы с одинаковыми наименованиями в текстовой модели считаются ОДНОЙ подсистемой."
@8,0 DCSAY "Задание тип структуры системы: иерархическая - [1]; сетевая - [2]. * SET TypeSystem
DCREAD GUI FIT ADDBUTTONS TITLE "Выбор типа структуры системы"

***** Загрузка исследуемого текста

Lc = FILESTR(File_inp) // Load

***** Скопировать исследуемый текст,
***** пропуская непечатаемые коды, кроме CrLf (конца абзаца)

CrLf = CHR(13)+CHR(10) // Конец абзаца (CrLf)

**** Исследование загруженного текста

A_Symbols := {} // Массив символов
A_Words := {} // Массив слов
A_Offerts := {} // Массив предложений
A_Paragrs := {} // Массив абзацев

*** ИССЛЕДОВАНИЕ 0-ГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (СИМВОЛЫ) *****

Lc_buf := ""
FOR j=1 TO LEN(Lc)
M_Symbol = SUBSTR(Lc, j, 1);MS = ASC(M_Symbol)
IF MS = 13 .OR. MS = 10
Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
ENDIF
IF 32 <= MS .AND. MS <= 175
Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
```

⁸ См., например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Логос>

⁹ См., например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Хаос>

¹⁰ Более ранняя попытка решить аналогичную задачу предпринята автором в 2008 году в работе [17].

¹¹ По указанному адресу приведены и некоторые другие материалы

```

ENDIF
IF 224 <= MS .AND. MS <= 239
  Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
ENDIF
NEXT
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, ".", "") // Разделители не считать символами
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, "! ", "")
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, "? ", "")
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, " ", "")
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CHR(10), "")
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CHR(13), "")
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CHR(26), "")

*** Формирование БД символов *****
A_Symbols := {} // Массив символов
FOR j=1 TO LEN(Lc_buf)
  M_Symbol = SUBSTR(Lc_buf, j, 1)
  DO CASE
    CASE TypeSystem = 1 // Иерархический тип системы
      AADD(A_Symbols, M_Symbol)
    CASE TypeSystem = 2 // Сетевой тип системы
      IF ASCAN(A_Symbols, M_Symbol) = 0
        AADD(A_Symbols, M_Symbol)
      ENDIF
    ENDCASE
  NEXT
  *dc_debugout({"ASORT",ASORT(A_Symbols)})
  ASORT(A_Symbols)

PRIVATE A_Struc[6,4]
A_Struc[1,1]="Number";A_Struc[1,2]="N";A_Struc[1,3]= 9;A_Struc[1,4]=0
A_Struc[2,1]="Symbol";A_Struc[2,2]="C";A_Struc[2,3]= 1;A_Struc[2,4]=0
A_Struc[3,1]="SCount";A_Struc[3,2]="N";A_Struc[3,3]= 9;A_Struc[3,4]=0
A_Struc[4,1]="P_Simb";A_Struc[4,2]="N";A_Struc[4,3]=15;A_Struc[4,4]=13
A_Struc[5,1]="I_Simb";A_Struc[5,2]="N";A_Struc[5,3]=27;A_Struc[5,4]=13
A_Struc[6,1]="I_Shan";A_Struc[6,2]="N";A_Struc[6,3]=27;A_Struc[6,4]=13
DbCreate("Symbols",A_Struc,"DBFNIX")

CLOSE ALL
USE Symbols EXCLUSIVE NEW
SELECT Symbols
M_Number = 0
N_Symbol = 1
M_Symbol = A_Symbols[1]
FOR j=2 TO LEN(A_Symbols)
  IF M_Symbol = A_Symbols[j]
    ++N_Symbol
  ELSE
    APPEND BLANK
    FIELDPUT(1,++M_Number)
    FIELDPUT(2,M_Symbol)
    FIELDPUT(3,N_Symbol)
    N_Symbol = 1
    M_Symbol = A_Symbols[j]
  ENDIF
NEXT
APPEND BLANK
FIELDPUT(1,++M_Number)
FIELDPUT(2,M_Symbol)
FIELDPUT(3,N_Symbol)

**** Дорасчет БД:
* - расчет вероятностей встреч символов в тексте
* - расчет количества информации в символах по Шеннону
* - расчет слагаемых формулы Шеннона
* - расчет суммарного количества информации в сообщении по Шеннону
N_AllSymb = LEN(A_Symbols)
SELECT Symbols
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  P = FIELDGET(3)/N_AllSymb // Вероятность встречи i-го символа
  I = -LOG(P)/LOG(2) // Количество информации в i-н символе в битах
  FIELDPUT(4,P)
  FIELDPUT(5,I)
  FIELDPUT(6,P*I) // Слагаемое формулы Шеннона
  DBSKIP(1)
ENDDO

*** ИССЛЕДОВАНИЕ 1-ГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (СЛОВА) *****
Lc_buf := ""
FOR j=1 TO LEN(Lc)
  M_Symbol = SUBSTR(Lc, j, 1);MS = ASC(M_Symbol)
  IF MS = 13 .OR. MS = 10
    Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
  ENDIF
  IF 32 <= MS .AND. MS <= 175
    Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
  ENDIF
  IF 224 <= MS .AND. MS <= 239
    Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
  ENDIF
NEXT
** Чтобы последнее слово предыдущего предложения
** не склеивалось с первым словом следующего предложения
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CrLf, " ")
** Чтобы не формировалось пустой строки из признака конца текста
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CHR(26), "")

*** Формирование БД слов *****
A_Words := {} // Массив слов
*** Начало цикла по словам
FOR w=1 TO NUMTOKEN(Lc_buf, " ")
  M_Word = TOKEN(Lc_buf, " ",w)
  ***** Удаление символов, которые могут быть в начале и в конце слова,
  ***** но не являются его частью
  M_Word =STRTRAN(M_Word, " ", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, "!", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, "?", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, ":", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, ";", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, "(", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, ")", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, "[", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, "]", "")
  M_Word =STRTRAN(M_Word, "'", "")
  M_Word = UPPER(ALLTRIM(M_Word))

```



```

DO CASE
CASE TypeSystem = 1 // Иерархический тип системы
  AADD(A_Words, M_Word)
CASE TypeSystem = 2 // Сетевой тип системы
  // Сортировка символов по алфавиту внутри слова
  M_Word = CHARSORT(M_Word)
  IF ASCAN(A_Words, M_Word) = 0
    AADD(A_Words, M_Word)
  ENDDIF
ENDCASE

NEXT
ASORT(A_Words)

**** Печать слов в виде файла
ERASE("Out_word.txt")
SET PRINTER TO ("Out_word.txt") ADDITIVE
SET DEVICE TO PRINTER
s=0
FOR j=1 TO LEN(A_Words)
  @s++,0 SAY A_Words[j]
NEXT
SET PRINTER TO
SET DEVICE TO SCREEN

PRIVATE A_Struc[6,4]
A_Struc[1,1]="Number";A_Struc[1,2]="N";A_Struc[1,3]= 9;A_Struc[1,4]=0
A_Struc[2,1]="Word ";A_Struc[2,2]="C";A_Struc[2,3]=30;A_Struc[2,4]=0
A_Struc[3,1]="WCount";A_Struc[3,2]="N";A_Struc[3,3]= 9;A_Struc[3,4]=0
A_Struc[4,1]="P_Word";A_Struc[4,2]="N";A_Struc[4,3]=15;A_Struc[4,4]=13
A_Struc[5,1]="I_Word";A_Struc[5,2]="N";A_Struc[5,3]=27;A_Struc[5,4]=13
A_Struc[6,1]="I_Shen";A_Struc[6,2]="N";A_Struc[6,3]=27;A_Struc[6,4]=13
DbCreate("Words",A_struc,"DBFNTX")

CLOSE ALL
USE Words EXCLUSIVE NEW
SELECT Words
M_Number = 0
N_Word = 1
M_Word = A_Words[1]
FOR j=2 TO LEN(A_Words)
  IF M_Word = A_Words[j]
    ++N_Word
  ELSE
    APPEND BLANK
    FIELDPUT(1,++M_Number)
    FIELDPUT(2,M_Word)
    FIELDPUT(3,N_Word)
    N_Word = 1
    M_Word = A_Words[j]
  ENDDIF
NEXT
APPEND BLANK
FIELDPUT(1,++M_Number)
FIELDPUT(2,M_Word)
FIELDPUT(3,N_Word)

**** Дорасчет ЕД:
* - расчет вероятностей встреч слов в тексте
* - расчет количества информации в словах по Шеннону
* - расчет слагаемых формулы Шеннона
* - расчет суммарного количества информации в сообщении по Шеннону
N_Words = LEN(A_Words)
SELECT Words
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  P = FIELDGET(3)/N_Words // Вероятность встречи i-го слова
  I = -LOG(P)/LOG(2) // Количество информации в i-м слове в битах
  FIELDPUT(4,P)
  FIELDPUT(5,I)
  FIELDPUT(6,P*I) // Слагаемое формулы Шеннона
DBSKIP(1)
ENDDO

*** ИССЛЕДОВАНИЕ 2-ГО УРОВНЯ ИЕРАХИИ (ПРЕДЛОЖЕНИЯ) *****

Lc_buf := ""
FOR j=1 TO LEN(Lc)
  M_Symbol = SUBSTR(Lc, j, 1);MS = ASC(M_Symbol)
  IF MS = 13 .OR. MS = 10
    Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
  ENDDIF
  IF 32 <= MS .AND. MS <= 175
    Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
  ENDDIF
  IF 224 <= MS .AND. MS <= 239
    Lc_buf = Lc_buf + M_Symbol
  ENDDIF
NEXT
** Чтобы последнее слово предыдущего предложения
** не склеивалось с первым словом следующего предложения
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CrLf, " ")
** Чтобы не формировалось пустой строки из признака конца текста
Lc_buf = STRTRAN(Lc_buf, CHR(26), "")

*** Формирование ЕД предложений *****

A_Offerts := {} // Массив предложений
*** Начало цикла по предложениям
FOR w=1 TO NUMTOKEN(Lc_buf, ".!?")
  M_Offer = ALLTRIM(TOKEN(Lc_buf, ".!?",w))
  DO CASE
CASE TypeSystem = 1 // Иерархический тип системы
  AADD(A_Offerts, M_Offer)
CASE TypeSystem = 2 // Сетевой тип системы
  IF ASCAN(A_Offerts, M_Offer) = 0
    AADD(A_Offerts, M_Offer)
  ENDDIF
ENDCASE
NEXT
*dc debugout({"ASORT",ASORT(A_Offerts)})
ASORT(A_Offerts)

PRIVATE A_Struc[6,4]
A_Struc[1,1]="Number";A_Struc[1,2]="N";A_Struc[1,3]= 9;A_Struc[1,4]=0
A_Struc[2,1]="Offert";A_Struc[2,2]="C";A_Struc[2,3]=255;A_Struc[2,4]=0
A_Struc[3,1]="OCount";A_Struc[3,2]="N";A_Struc[3,3]= 9;A_Struc[3,4]=0
A_Struc[4,1]="P_Offir";A_Struc[4,2]="N";A_Struc[4,3]= 15;A_Struc[4,4]=13
A_Struc[5,1]="I_Offir";A_Struc[5,2]="N";A_Struc[5,3]= 27;A_Struc[5,4]=13
A_Struc[6,1]="I_Shen";A_Struc[6,2]="N";A_Struc[6,3]= 27;A_Struc[6,4]=13
DbCreate("Offerts",A_struc,"DBFNTX")

CLOSE ALL

```

```

USE Offerts EXCLUSIVE NEW
SELECT Offerts
M_Number = 0
N_Offert = 1
M_Offert = A_Offerts[1]
FOR j=2 TO LEN(A_Offerts)
  IF M_Offert = A_Offerts[j]
    ++N_Offert
  ELSE
    APPEND BLANK
    FIELDPUT(1,++M_Number)
    FIELDPUT(2,M_Offert)
    FIELDPUT(3,N_Offert)
    N_Offert = 1
    M_Offert = A_Offerts[j]
  ENDIF
NEXT
APPEND BLANK
FIELDPUT(1,++M_Number)
FIELDPUT(2,M_Offert)
FIELDPUT(3,N_Offert)

**** Дорасчет БД:
* - расчет вероятностей встреч предложений в тексте
* - расчет количества информации в предложениях по Шеннону
* - расчет слагаемых формулы Шеннона
* - расчет суммарного количества информации в сообщении на уровне предложений по Шеннону
N_Offerts = LEN(A_Offerts)
SELECT Offerts
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  P = FIELDGET(3)/N_Offerts // Вероятность встречи i-го предложения
  I = -LOG(P)/LOG(2) // Количество информации в i-м предложении в битах
  FIELDPUT(4,P)
  FIELDPUT(5,I)
  FIELDPUT(6,P*I) // Слагаемое формулы Шеннона
  DBSKIP(1)
ENDDO

*** ИССЛЕДОВАНИЕ 3-ГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (АБЗАЦЫ) *****

*** Формирование БД абзацев *****

A_Paragrs := {} // Массив абзацев
*** Начало цикла по абзацам
FOR w=1 TO NUMTOKEN(Lc,CrLf)
  M_Paragr = ALLTRIM(TOKEN(Lc,CrLf,w))
  *** Убрать из абзаца непечатаемые коды
  FOR j=1 TO 31
    M_Paragr = STRTRAN(M_Paragr, CHR(j), "")
  NEXT
  FOR j=176 TO 223
    M_Paragr = STRTRAN(M_Paragr, CHR(j), "")
  NEXT
  FOR j=240 TO 255
    M_Paragr = STRTRAN(M_Paragr, CHR(j), "")
  NEXT
  ** Вписать абзац в 255 символов
  IF LEN(M_Paragr) > 255
    M_Paragr = SUBSTR(M_Paragr, 1, 255)
  ENDIF
  DO CASE
    CASE TypeSystem = 1 // Иерархический тип системы
      AADD(A_Paragrs,M_Paragr)
    CASE TypeSystem = 2 // Сетевой тип системы
      IF ASCAN(A_Paragrs,M_Paragr) = 0
        AADD(A_Paragrs,M_Paragr)
      ENDIF
  ENDCASE
NEXT
ASORT(A_Paragrs)

PRIVATE A_Struc[6,4]
A_Struc[1,1]="Number";A_Struc[1,2]="N";A_Struc[1,3]= 9;A_Struc[1,4]=0
A_Struc[2,1]="Paragr";A_Struc[2,2]="C";A_Struc[2,3]=255;A_Struc[2,4]=0
A_Struc[3,1]="PCount";A_Struc[3,2]="N";A_Struc[3,3]= 9;A_Struc[3,4]=0
A_Struc[4,1]="P_Parg";A_Struc[4,2]="N";A_Struc[4,3]= 15;A_Struc[4,4]=13
A_Struc[5,1]="I_Parg";A_Struc[5,2]="N";A_Struc[5,3]= 27;A_Struc[5,4]=13
A_Struc[6,1]="I_Shen";A_Struc[6,2]="N";A_Struc[6,3]= 27;A_Struc[6,4]=13
DbCreate("Paragraf",A_struc,"DBFNTX")

CLOSE ALL
USE Paragraf EXCLUSIVE NEW
SELECT Paragraf
M_Number = 0
N_Paragr = 1
M_Paragr = A_Paragrs[1]
FOR j=2 TO LEN(A_Paragrs)
  IF M_Paragr = A_Paragrs[j]
    ++N_Paragr
  ELSE
    APPEND BLANK
    FIELDPUT(1,++M_Number)
    FIELDPUT(2,M_Paragr)
    FIELDPUT(3,N_Paragr)
    N_Paragr = 1
    M_Paragr = A_Paragrs[j]
  ENDIF
NEXT
APPEND BLANK
FIELDPUT(1,++M_Number)
FIELDPUT(2,M_Paragr)
FIELDPUT(3,N_Paragr)

**** Дорасчет БД:
* - расчет вероятностей встреч абзацев в тексте
* - расчет количества информации в абзацах по Шеннону
* - расчет слагаемых формулы Шеннона
* - расчет суммарного количества информации в сообщении на уровне абзацев по Шеннону
N_Paragrs = LEN(A_Paragrs)
SELECT Paragraf
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  P = FIELDGET(3)/N_Paragrs // Вероятность встречи i-го абзаца
  I = -LOG(P)/LOG(2) // Количество информации в i-м абзаце в битах
  FIELDPUT(4,P)
  FIELDPUT(5,I)
  FIELDPUT(6,P*I) // Слагаемое формулы Шеннона
  DBSKIP(1)
ENDDO

***** Расчет сумм по БД всех уровней иерархии

```

```

CLOSE ALL
USE Symbols EXCLUSIVE NEW
USE Words EXCLUSIVE NEW
USE Offerts EXCLUSIVE NEW
USE Paragraf EXCLUSIVE NEW

PRIVATE Ar_s[6], Ar_w[6], Ar_o[6], Ar_p[6]
AFILL(Ar_s,0)
AFILL(Ar_w,0)
AFILL(Ar_o,0)
AFILL(Ar_p,0)

SELECT Symbols
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  FOR j=3 TO 6
    Ar_s[j] = Ar_s[j] + FIELDGET(j)
  NEXT
  DBSKIP(1)
ENDDO
SELECT Words
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  FOR j=3 TO 6
    Ar_w[j] = Ar_w[j] + FIELDGET(j)
  NEXT
  DBSKIP(1)
ENDDO
SELECT Offerts
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  FOR j=3 TO 6
    Ar_o[j] = Ar_o[j] + FIELDGET(j)
  NEXT
  DBSKIP(1)
ENDDO
SELECT Paragraf
DBGOTOP()
DO WHILE .NOT. EOF()
  FOR j=3 TO 6
    Ar_p[j] = Ar_p[j] + FIELDGET(j)
  NEXT
  DBSKIP(1)
ENDDO

**** Расчет коэффициента эмерджентности Шеннона
E_Shannon = (Ar_s[6]+Ar_w[6]+Ar_o[6]+Ar_p[6]) / Ar_s[6]

*** Расчет коэффициента эмерджентности Хартли
E_Hartley = LOG(Ar_s[3]+Ar_w[3]+Ar_o[3]+Ar_p[3]) / LOG(Ar_s[3])

***** Вывод результатов
g=1
@s++,0 DCSAY "Измерение уровня системности текста с помощью"
@s++,0 DCSAY "коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона"
s++
Mess = "Количество базовых элементов и подсистем текста: [#], как системы:"
Mess = STRTRAN(Mess, "#",UPPER(ALLTRIM(File_inp)))
@s++,0 DCSAY Mess
@s ,0 DCSAY "- символов" ;@s++,22 DCSAY " : "+ALLTRIM(STR(Ar_s[3],15))
@s ,0 DCSAY "- слов" ;@s++,22 DCSAY " : "+ALLTRIM(STR(Ar_w[3],15))
@s ,0 DCSAY "- предложений" ;@s++,22 DCSAY " : "+ALLTRIM(STR(Ar_o[3],15))
@s ,0 DCSAY "- абзацев" ;@s++,22 DCSAY " : "+ALLTRIM(STR(Ar_p[3],15))
s++
@s++,0 DCSAY "Структура предложений, разделители предложений (.!?), "
@s++,0 DCSAY "пробел, подразделы, разделы и главы не учитываются !!"
s++
@s ,0 DCSAY "Коэффициент эмерджентности Хартли ";@s++,30 DCSAY " : "+ALLTRIM(STR(E_Hartley,17,13))
@s ,0 DCSAY "Коэффициент эмерджентности Шеннона";@s++,30 DCSAY " : "+ALLTRIM(STR(E_Shannon,17,13))
s++
@s++,0 DCSAY "Исследование текста, как системы, завершено успешно !!!"
DCREAD GUI FIT ADDBUTTONS TITLE "(c) prof.E.V.Lutsenko: http://ic.kubagro.ru. v.05/25/12 10:26am"
RETURN

```

Для исследования системных свойств текста с помощью данной программы необходимо убрать в нем не ДОСовские символы (длинное тире, специальные кавычки и др.), а также убрать переносы и преобразовать текст в стандарт MS DOS TXT. Кроме того, после всех знаков препинания в тексте должен быть пробел. Если это делается из MS Word, то для этого надо задать имя файла латинскими символами с расширением .TXT и выбрать в меню: **Файл – Сохранить как – Тип файла – Обычный текст – MS DOS.**

Таким способом был подготовлен следующий текст, представляющий собой фрагмент из Русской былины:

**У ласкова у князя у Владимира
 Было пированице, почестен пир.
 Для многих князей, для бояр,
 Для русских могучих богатырей.
 Красное солнышко к вечеру -
 Почестный пир идет на веселие.
 Все на пиру пьяны - веселы,**

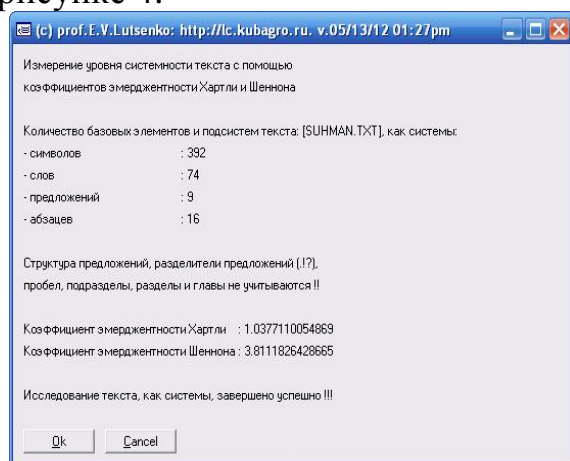
**Все на пиру порасхвастались.
 Богатый хвастает золотой казной.
 Глупый хвастает молодой женой.
 Умный хвастает старой матерью.
 Сильный хвастает своей силою -
 Силою, ухваткою богатырскою.
 За тем за столом за дубовым
 Сидит один богатырь -
 Ничем-то он молодец не хвастает.**

*(Русская былина "Сухман".
 Владимиро-Суздальский период.
 Сер. XII - конец XIII века)*

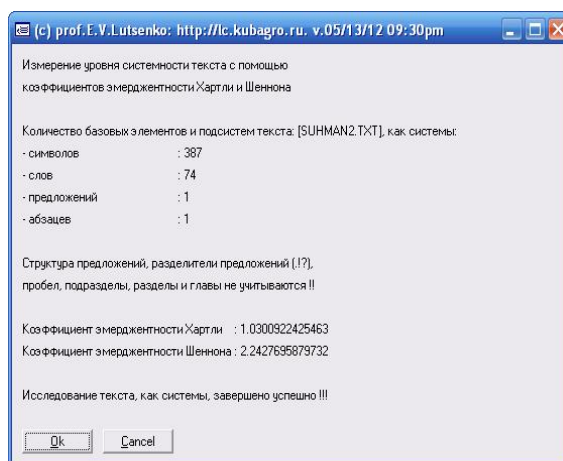
Чтобы проанализировать этот текст как систему с помощью данной программы необходимо запустить ее из командной строки (для этого удобнее всего использовать Total Commander) с именем анализируемого файла в качестве параметра, например:

lc_shen.exe Suhman.txt

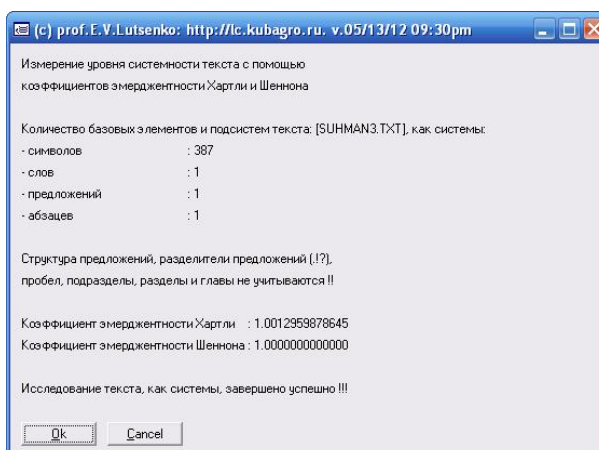
В результате работы программы появляется окно, представленное на рисунке 4:



а) уровень системности исходного текста



б) уровень системности текста без предложений и абзацев



в) уровень системности текста без предложений, абзацев и слов

Рисунок 4. Результаты исследования уровня системности фрагмента былинного текста из Русской быliny "Сухман" (Владимиро-Суздальский период, Сер. XII - конец XIII века)

При этом анализе не учитывались ритмические, мелодические и рифмические характеристики текста, попытка исследования которых была предпринята автором в 2008 году в работе [17].

Отметим, что в MS Word есть функция «Статистика», дающая информацию, которая могла бы стать основой для расчета уровня системности текста (рисунок 5):



Рисунок 5. Результаты стандартной функции «Статистика» MS Word с тем же фрагментом текста

Эта статистка текста получена на том же тексте, результаты системного анализа которого приведены на рисунке 4. Различие в количестве символов связано с тем, что за символы нами не считаются разделители слов (пробелы) и предложений (!?), а также служебные символы конца абзаца. Именно в MS Word удобнее всего было реализовать учет и остальных уровней системности, которые пока не реализованы в предлагаемой программе, т.е. структуры предложений, а также подразделов и разделов всех уровней и глав (т.е. заголовков).

Рассмотрим, какие базы данных создает приведенная выше программа и как они используются для измерения уровня системности текста и расчета коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона.

**Таблица 2 – БАЗА ДАННЫХ SIMBOLS.DBF:
ЭЛЕМЕНТЫ 0-ГО УРОВНЯ ИЕРАХИИ ТЕКСТА (СИМВОЛЫ)**

№	Символ	Количество встреч символов в исследуемом тексте	Вероятность встречи символа в тексте	Количество информации в символе по Хартли	Среднее количество информации в символе по Шеннону
1	-	5	0,0127551020408	6,2927817492278	0,0802650733320
2	,	5	0,0127551020408	6,2927817492278	0,0802650733320
3	а	33	0,0841836734694	3,5703157247568	0,3005622931555
4	б	7	0,0178571428571	5,8073549220576	0,1037027664653
5	в	17	0,0433673469388	4,5272470028649	0,1963346914508
6	Г	7	0,0178571428571	5,8073549220576	0,1037027664653
7	д	10	0,0255102040816	5,2927817492278	0,1350199425823
8	е	29	0,0739795918367	3,7567288489876	0,2779212668894

9	ж	1	0,0025510204082	8,6147098441152	0,0219763006227
10	з	7	0,0178571428571	5,8073549220576	0,1037027664653
11	и	21	0,0535714285714	4,2223924213364	0,2261995940002
12	й	13	0,0331632653061	4,9142701259741	0,1629732439736
13	к	10	0,0255102040816	5,2927817492278	0,1350199425823
14	л	18	0,0459183673469	4,4447848426729	0,2040972631840
15	м	11	0,0280612244898	5,1552782254779	0,1446634195925
16	н	20	0,0510204081633	4,2927817492278	0,2190194770014
17	о	38	0,0969387755102	3,3667823306716	0,3263717565447
18	п	10	0,0255102040816	5,2927817492278	0,1350199425823
19	р	16	0,0408163265306	4,6147098441152	0,1883555038414
20	с	27	0,0688775510204	3,8598223419517	0,2658551102875
21	т	26	0,0663265306122	3,9142701259741	0,2596199573350
22	у	12	0,0306122448980	5,0297473433941	0,1539718574508
23	х	10	0,0255102040816	5,2927817492278	0,1350199425823
24	ц	2	0,0051020408163	7,6147098441152	0,0388505604292
25	ч	5	0,0127551020408	6,2927817492278	0,0802650733320
26	ш	1	0,0025510204082	8,6147098441152	0,0219763006227
27	ы	13	0,0331632653061	4,9142701259741	0,1629732439736
28	ь	5	0,0127551020408	6,2927817492278	0,0802650733320
29	ю	5	0,0127551020408	6,2927817492278	0,0802650733320
30	я	8	0,0204081632653	5,6147098441152	0,1145859151860
Всего:		392	0,9999999999996	161,0993409390630	4,5388211919261

В таблице 2 значения показателей рассчитываются по следующей методике:

- большие и маленькие буквы считаются одной буквой (маленькой);
- вероятность встречи символа в тексте¹² рассчитывается по формуле (16):

$$p_i = \frac{N_i}{W} \quad (16)$$

где:

N_i – количество встреч i -го символа в тексте;

W – суммарное количество всех символов тексте.

- количество информации в символе по Хартли:

$$I_i = -\text{Log}(p_i)$$

- среднее количество информации в символе по Шеннону:

$$I_i = -p_i \text{Log}(p_i).$$

- суммарное среднее количество информации во всех символах сообщения с учетом вероятностей их встречаемости по Шеннону:

$$I_i = -\sum_{i=1}^W p_i \text{Log}(p_i).$$

В таблицах 3, 4 и 5 расчеты соответствующих столбцов осуществляются аналогично, т.е. по этой же методике.

¹² Если известно, что исследуемый фрагмент текста принадлежит некоторой генеральной совокупности, то можно использовать вероятности встреч символов, известные для этой генеральной совокупности, но поскольку это, вообще говоря, неизвестно, то более общим и универсальным подходом является приведенный вариант расчета этих вероятностей по исследуемому фрагменту текста. При этом вероятности рассматриваются как предел, к которому стремятся относительные частоты встреч символов при неограниченном объеме выборки. Если выборка ограничена, а на практике это всегда так, то существует некоторая погрешность или отличие относительной частоты от вероятности. Но эта погрешность быстро уменьшается с увеличением объема выборки (правда все медленнее и медленнее) и при 400 объектах обычно уже не превышает 5%, а при 1000 – 3%, что на практике в большинстве случаев вполне приемлемо.

**Таблица 3 – БАЗА ДАННЫХ WORDS.DBF:
ЭЛЕМЕНТЫ 1-ГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ ТЕКСТА (СЛОВА)**

№	Слово	Количество встреч слова в исследуемом тексте	Вероятность встречи слова в тексте	Количество информации в слове по Хартли	Среднее количество информации в слове по Шеннону
1	-	4	0,0540540540541	4,2094533656289	0,2275380197637
2	БОГАТЫЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
3	БОГАТЫРЕЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
4	БОГАТЫРСКОЮ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
5	БОГАТЫРЬ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
6	БОЯР	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
7	БЫЛО	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
8	ВЕСЕЛИЕ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
9	ВЕСЕЛЫ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
10	ВЕЧЕРУ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
11	ВЛАДИМИРА	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
12	ВСЕ	2	0,0270270270270	5,2094533656289	0,1407960369089
13	ГЛУПЫЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
14	ДЛЯ	3	0,0405405405405	4,6244908649078	0,1874793593882
15	ДУБОВЫМ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
16	ЖЕНОЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
17	ЗА	3	0,0405405405405	4,6244908649078	0,1874793593882
18	ЗОЛОТОЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
19	ИДЕТ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
20	КАЗНОЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
21	КНЯЗЕЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
22	КНЯЗЯ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
23	КРАСНОЕ	2	0,0270270270270	5,2094533656289	0,1407960369089
24	ЛАСКОВА	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
25	МАТЕРЬЮ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
26	МНОГИХ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
27	МОГУЧИХ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
28	МОЛОДЕЦ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
29	МОЛОДОЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
30	НА	3	0,0405405405405	4,6244908649078	0,1874793593882
31	НЕ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
32	НИЧЕМ-ТО	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
33	ОДИН	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
34	ОН	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
35	ПИР	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
36	ПИРУ	2	0,0270270270270	5,2094533656289	0,1407960369089
37	ПИРОВАНИЦЕ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
38	ПИРУ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
39	ПОРАСХВАСТАЛИСЬ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
40	ПОЧЕСТЕН	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
41	ПОЧЕСТНЫЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
42	Пьяны	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
43	РУССКИХ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
44	СВОЕЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
45	СИДИТ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
46	СИЛОЮ	2	0,0270270270270	5,2094533656289	0,1407960369089
47	СИЛЬНЫЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
48	СОЛНЫШКО	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
49	СТАРОЙ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
50	СТОЛОМ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
51	ТЕМ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
52	У	2	0,0270270270270	5,2094533656289	0,1407960369089
53	УМНЫЙ	2	0,0270270270270	5,2094533656289	0,1407960369089
54	УХВАТКОЮ	1	0,0135135135135	6,2094533656289	0,0839115319680
55	ХВАСТАЕТ	5	0,0675675675676	3,8875252707416	0,2626706264015
	Сумма:	74	0,9999999999992	326,4431195125390	5,5895303523752

**Таблица 4 – БАЗА ДАННЫХ OFFERTS.DBF:
ЭЛЕМЕНТЫ 2-ГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ ТЕКСТА (ПРЕДЛОЖЕНИЯ)**

№	Предложение	Количество встреч предложения в исследуемом тексте	Вероятность встречи предложения в тексте	Количество информации в предложении по Хартли	Среднее количество информации в предложении по Шеннону
1	Богатый хвастает золотой казной	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
2	Все на пиру пьяны - веселы, Все на пиру порасхвастались	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
3	Глупый хвастает молодой женой	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
4	Для многих князей, для бояр, Для русских могучих богатырей	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
5	За тем за столом за дубовым Сидит один богатырь - Ничем-то он молодец не хвастает	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
6	Красное солнышко к вечеру - Почестный пир идет на веселие	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
7	Сильный хвастает своей силою - Силою, ухваткою богатырскою	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
8	У ласкова у князя у Владимира Было пированице, почестен пир	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
9	Умный хвастает старой матерью	1	0,11111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
Сумма:		9	0,99999999999999	28,5293250129807	3,1699250014419

**Таблица 5 – БАЗА ДАННЫХ PARAGRAF.DBF:
ЭЛЕМЕНТЫ 3-ГО УРОВНЯ ИЕРАРХИИ ТЕКСТА (АБЗАЦЫ)**

№	Абзац	Количество встреч абзаца в исследуемом тексте	Вероятность встречи абзаца в тексте	Количество информации в абзаце по Хартли	Среднее количество информации в абзаце по Шеннону
1	Богатый хвастает золотой казной.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
2	Было пированице, почестен пир.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
3	Все на пиру порасхвастались.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
4	Все на пиру пьяны - веселы,	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
5	Глупый хвастает молодой женой.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
6	Для многих князей, для бояр,	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
7	Для русских могучих богатырей.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
8	За тем за столом за дубовым	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
9	Красное солнышко к вечеру -	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
10	Ничем-то он молодец не хвастает.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
11	Почестный пир идет на веселие.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
12	Сидит один богатырь -	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
13	Силою, ухваткою богатырскою.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
14	Сильный хвастает своей силою -	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
15	У ласкова у князя у Владимира	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
16	Умный хвастает старой матерью.	1	0,06250000000000	4,00000000000000	0,25000000000000
Сумма:		16	1,00000000000000	64,00000000000000	4,00000000000000

Чтобы посчитать коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона согласно выражениям (3) и (13) на основе этих таблиц №№2-5 сделаем из них выборку суммарного среднего количества информации по Шеннону на разных уровнях иерархии текста (таблица 6):

Таблица 6 – РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ ХАРТЛИ И ШЕННОНА НА ОСНОВЕ ТАБЛИЦ 2-5

Уровень иерархии системы	Количество элементов на уровне иерархии	Суммарное количество информации по Шеннону на уровне иерархии
Абзацы:	16	4,000000000000
Предложения:	9	3,1699250014419
Слова:	74	5,5895303523752
Символы:	392	4,5388211919261
Сумма:	491	17,2982765457432
Коэф.эмердж.Хартли (3)		1,0377110054869
Коэф.эмердж.Шеннона (13)		3,8111826428665

Далее рассмотрим пример исследования системных свойств химических элементов таблицы Д.И.Менделеева.

Этот пример представляет интерес в связи с идеями, развиваемыми в работе [23]. Попытаемся ответить на интригующий вопрос о том, *что получится, если рассчитать коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона для различных химических элементов и расположить их в порядке возрастания уровня системности (эмерджентности, синергетичности)?*

Отметим, что таблица Д.И.Менделеева (рисунок 6) является одним из наиболее привлекательных объектов системных исследований, т.к. свойства химических элементов определяются структурой их электронных оболочек и ядер и имеют ярко выраженный системный характер. Интереснейшим примером подобного исследования является работа [6].

PERИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

1 H He

2 Li Be B C N O F Ne

3 Na Mg Al Si P S Cl Ar

4 K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr

5 Rb Sr Y Zr Nb Mo Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe

6 Cs Ba La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

7 Fr Ra Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

ЛАНТАНОИДЫ

АКТИНОИДЫ

ВЫСШИЕ ОКСИДЫ: R₂O, RO, R₂O₃, RO₂, R₂O₅, RO₃, RO₄

ЛЕГКИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ: RH₄, RH₃, H₂R, HR

ДИ. Менделеев 1834-1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР

НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

1-элементы (розовые)

2-элементы (желтые)

3-элементы (синие)

4-элементы (зеленые)

Рисунок 6. Таблица Д.И.Менделеева

Для этого в соответствии развиваемой в данной статье методологией:

1. Опишем химические элементы текстами, моделирующими их состав и структуру.
2. Рассчитаем коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона для всех известных химических элементов.
3. Проведем небольшой анализ полученных результатов.

Структура энергетических уровней и подуровней химических элементов таблицы Д.И.Менделеева, т.е. исходные данные для разработки иерархических текстовых моделей элементов, приведены в таблице 7:

Таблица 7 – СТРУКТУРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ И ПОДУРОВНЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАБЛИЦЫ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА: ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ТЕКСТОВЫХ МОДЕЛЕЙ

№	Элемент	Симв.	Электронная оболочка																							
			Ядро			K		L			M			N				O				P			Q	
			А.е.	P	N	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s	7p		
1	Водород	H	1,0079410	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	Гелий	He	4,0026024	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	Литий	Li	6,9416000	3	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4	Бериллий	Be	9,0121829	4	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5	Бор (элемент)	B	10,8111000	5	6	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	Углерод	C	12,0107120	6	6	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7	Азот	N	14,0067140	7	7	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8	Кислород	O	15,9994150	8	8	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
9	Фтор	F	18,9984032	9	10	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	Неон	Ne	20,1797200	10	10	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11	Натрий	Na	22,9897693	11	12	2	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	Магний	Mg	24,3050240	12	12	2	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13	Алюминий	Al	26,9815386	13	14	2	2	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14	Кремний	Si	28,0855280	14	14	2	2	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	Фосфор	P	30,9737623	15	16	2	2	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16	Сера	S	32,0653200	16	16	2	2	6	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17	Хлор	Cl	35,4533500	17	18	2	2	6	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19	Калий	K	39,0983390	19	20	2	2	6	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18	Аргон	Ar	39,9483900	18	22	2	2	6	2	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
20	Кальций	Ca	40,0784000	20	20	2	2	6	2	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21	Скандий	Sc	44,9559124	21	24	2	2	6	2	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
22	Титан	Ti	47,8674700	22	26	2	2	6	2	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23	Ванадий	V	50,9415500	23	28	2	2	6	2	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
24	Хром	Cr	51,9961510	24	28	2	2	6	2	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
25	Марганец	Mn	54,9380455	25	30	2	2	6	2	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
26	Железо	Fe	55,8455500	26	30	2	2	6	2	6	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
28	Никель	Ni	58,6934580	28	31	2	2	6	2	6	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
27	Кобальт	Co	58,9331956	27	32	2	2	6	2	6	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
29	Медь	Cu	63,5466300	29	35	2	2	6	2	6	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
30	Цинк	Zn	65,4096500	30	35	2	2	6	2	6	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
31	Галлий	Ga	69,7236900	31	39	2	2	6	2	6	10	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
32	Германий	Ge	72,6472000	32	41	2	2	6	2	6	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
33	Мышьяк	As	74,9216074	33	42	2	2	6	2	6	10	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
34	Селен	Se	78,9678000	34	45	2	2	6	2	6	10	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
35	Бром	Br	79,9047900	35	45	2	2	6	2	6	10	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
36	Криптон	Kr	83,7988300	36	48	2	2	6	2	6	10	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
37	Рубидий	Rb	85,4678850	37	48	2	2	6	2	6	10	2	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
38	Стронций	Sr	87,6287000	38	50	2	2	6	2	6	10	2	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0			
39	Иттрий	Y	88,9058588	39	50	2	2	6	2	6	10	2	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0			
40	Цирконий	Zr	91,2249100	40	51	2	2	6	2	6	10	2	6	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0			

41	Ниобий	Nb	92,2069200	41	51	2	2	6	2	6	10	2	6	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
42	Молибден	Mo	95,9495000	42	54	2	2	6	2	6	10	2	6	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0
43	Технеций	Tc	98,0000000	43	55	2	2	6	2	6	10	2	6	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
44	Рутений	Ru	101,0710100	44	57	2	2	6	2	6	10	2	6	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0
45	Родий	Rh	102,9051020	45	58	2	2	6	2	6	10	2	6	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
46	Палладий	Pd	106,4210600	46	60	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	Серебро	Ag	107,8682107	47	61	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0
48	Кадмий	Cd	112,4111120	48	64	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0
49	Индий	In	114,8181140	49	66	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	1	0	0	0	0	0	0
50	Олово	Sn	118,7101180	50	69	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	2	0	0	0	0	0	0
51	Сурьма	Sb	121,7601210	51	71	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	3	0	0	0	0	0	0
52	Теллур	Te	127,6012700	52	76	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	4	0	0	0	0	0	0
53	Иод	I	126,9041260	53	74	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	5	0	0	0	0	0	0
54	Ксенон	Xe	131,2931310	54	77	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	6	0	0	0	0	0	0
55	Цезий	Cs	132,9054519	55	78	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	6	0	0	1	0	0	0
56	Барий	Ba	137,3271370	56	81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	6	0	0	2	0	0	0
57	Лантан	La	138,9054714	57	82	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	6	1	0	2	0	0	0
58	Церий	Ce	140,1161400	58	82	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6	0	0	2	0	0	0
59	Празеодим	Pr	140,9076514	59	82	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6	0	0	2	0	0	0
60	Неодим	Nd	144,2421440	60	84	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6	0	0	2	0	0	0
61	Прометий	Pm	145,0000000	61	84	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6	0	0	2	0	0	0
62	Самарий	Sm	150,3615000	62	88	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6	0	0	2	0	0	0
63	Европий	Eu	151,9641510	63	89	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	0	0	2	0	0	0
64	Гадолиний	Gd	157,2515700	64	93	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1	0	2	0	0	0
65	Тербий	Tb	158,9253516	65	94	2	2	6	2	6	10	2	6	10	8	2	6	1	0	2	0	0	0
66	Диспрозий	Dy	162,5001620	66	97	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6	0	0	2	0	0	0
67	Гольмий	Ho	164,9301640	67	98	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6	0	0	2	0	0	0
68	Эрбий	Er	167,2591670	68	99	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6	0	0	2	0	0	0
69	Тулий	Tm	168,9342117	69	100	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6	0	0	2	0	0	0
70	Иттербий	Yb	173,0417300	70	103	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	0	0	2	0	0	0
71	Лютеций	Lu	174,9671740	71	104	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1	0	2	0	0	0
72	Гафний	Hf	178,4917800	72	106	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2	0	2	0	0	0
73	Тантал	Ta	180,9478818	73	108	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3	0	2	0	0	0
74	Вольфрам	W	183,8418300	74	110	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4	0	2	0	0	0
75	Рений	Re	186,2071860	75	111	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5	0	2	0	0	0
76	Осмий	Os	190,2319000	76	114	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6	0	2	0	0	0
77	Иридий	Ir	192,2171920	77	115	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7	0	2	0	0	0
78	Платина	Pt	185,0841950	78	107	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9	0	1	0	0	0
79	Золото	Au	196,9665692	79	118	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	1	0	0	0
80	Ртуть	Hg	200,5920000	80	121	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	0	0	0
81	Таллий	Tl	204,3833204	81	123	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	1	0	0
82	Свинец	Pb	207,2207000	82	125	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	2	0	0
83	Висмут	Bi	208,9804021	83	126	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	3	0	0
84	Полоний	Po	210,0000000	84	126	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	4	0	0
85	Астат	At	210,0000000	85	125	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	5	0	0
86	Радон	Rn	220,0000000	86	134	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	0	0

87	Франций	Fr	223,0000000	87	136	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	0	1	0
88	Радий	Ra	226,0000000	88	138	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	0	2	0
89	Активный	Ac	227,0000000	89	138	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	1	2	0
90	Торий	Th	232,0380623	90	142	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	0	2	6	2	2	0
91	Протактиний	Pa	231,0358823	91	140	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1	2	0
93	Нептуний	Np	237,0000000	93	144	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2	0
92	Уран	U	238,0289124	92	146	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1	2	0
94	Плутоний	Pu	244,0000000	94	150	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6	0	2	0
95	Америций	Am	243,0000000	95	148	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	0	2	0
96	Кюрий	Cm	247,0000000	96	151	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2	0
97	Берклий	Bk	247,0000000	97	150	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2	0
98	Калифорний	Cf	251,0000000	98	153	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6	0	2	0
99	Эйнштейний	Es	252,0000000	99	153	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6	0	2	0
100	Фермий	Fm	257,0000000	100	157	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6	0	2	0
101	Менделевий	Md	258,0000000	101	157	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6	0	2	0
102	Нобелий	No	259,0000000	102	157	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	0	2	0
103	Лоуренсий	Lr	262,0000000	103	159	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1	2	0
104	Резерфордий	Rf	261,0000000	104	157	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	2	2	0
105	Дубний	Db	262,0000000	105	157	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	3	2	0
106	Сиборгий	Sg	266,0000000	106	160	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	4	2	0
107	Борий	Bh	264,0000000	107	157	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	5	2	0
108	Хассий	Hs	277,0000000	108	169	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	6	2	0
109	Мейтнерий	Mt	268,0000000	109	159	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	7	2	0
110	Дармштадтий	Ds	271,0000000	110	161	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	9	1	0
111	Рентгений	Rg	272,0000000	111	161	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	1	0
112	Унунбий	Uub	285,0000000	112	173	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	0
113	Унунтрий	Uut	284,0000000	113	171	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	1
114	Унунквадий	Uuq	289,0000000	114	175	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	2
115	Унунпентий	Uup	288,0000000	115	173	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	3
116	Унунгексий	Uuh	292,0000000	116	176	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	4
117	Унунсептий	Uus	293,0000000	117	176	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	5
118	Унуноктий	Uuo	294,0000000	118	176	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	2	6

Принципы кодирования исходных данных, приведенных в таблице 7, и методика формирования текстовых моделей иерархической структуры атомов, поясняются в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – ПРИНЦИП КОДИРОВАНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО УРОВНЯМ ИЕРАРХИИ

№ уровня иерархии	Элементы уровня иерархии	Уровень иерархии
4	Не используется	атом в целом
3	Абзацы	ядро, электронная оболочка
2	Предложения	протонная подсистема, нейтронная подсистема, энергетические уровни электронов (K, L, M, N, O, P, Q)
1	Слова	энергетические подуровни электронов (1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s, 4p, 4d, 4f, 5s, 5p, 5d, 5f, 6s, 6p, 6d, 7s, 7p)
0	Символы	протоны, нейтроны, электроны

Таблица 9 – ПРИНЦИП КОДИРОВАНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ УРОВНЯМ И ПОДУРОВНЯМ ЭЛЕКТРОНОВ

Способы кодирования	Ядро		Электронная оболочка (энергетические уровни и подуровни)																		
			K		L			M			N				O				P		Q
	P	N	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s	7p
1-й способ	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
2-й способ	p	n	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e

Для исследования уровней системности атомов приведенная выше программа была модифицирована:

- добавлен программный интерфейс, который на основе данных таблицы 7 формировал текстовые модели иерархической структуры атомов и выводил их в виде отдельного текстового файла;

- организован цикл по текстовым моделям всех атомов, представленных в таблице 7, с выводом результатов вычисления коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона в базу данных.

Модифицированная программа также размещена в общем доступе по адресу: <http://www.twirpx.com/user/858406/>¹³.

Текстовые модели иерархической структуры некоторых атомов приведены ниже (для всех атомов они есть в файле: Out_data.txt по указанному выше адресу):

001 H **Водород** :
a
с.

002 He **Гелий** :
aa bb
сс.

003 Li **Литий** :
aaa bbbb
сс. d.

004 Be **Бериллий** :
aaaa bbbbb
сс. dd.

¹³ С некоторыми другими материалами

005 В **Бор (элемент)** :
aaaaa bbbbbb
cc. dd e.

006 С **Углерод** :
aaaaa bbbbbb
cc. dd ee.

007 N **Азот** :
aaaaaa bbbbbb
cc. dd eee.

008 O **Кислород** :
aaaaaaa bbbbbbbb
cc. dd eeee.

009 F **Фтор** :
aaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee.

010 Ne **Неон** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee.

011 Na **Натрий** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. f.

012 Mg **Магний** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff.

013 Al **Алюминий** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff g.

014 Si **Кремний** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff gg.

015 P **Фосфор** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggg.

016 S **Сера** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff gggg.

017 Cl **Хлор** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff gggg.

019 K **Калий** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg.

018 Ar **Аргон** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg. i.

020 Ca **Кальций** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg. ii.

021 Sc **Скандий** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg h. ii.

022 Ti **Титан** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg hh. ii.

023 V **Ванадий** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg hhh. ii.

024 Cr **Хром** :
aaaaaaaaa bbbbbbbbb
cc. dd eeeee. ff ggggg hhhh. ii.

025 Mn **Марганец** :

aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
 cc. dd eeeee. ff gggggg hhhhh. ii.

026 Fe Железо :
 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
 cc. dd eeeee. ff gggggg hhhhh. ii.

028 Ni Никель :
 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
 cc. dd eeeee. ff gggggg hhhhhh. ii.

027 Co Кобальт :
 aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
 cc. dd eeeee. ff gggggg hhhhhhhh. ii.
 cc. dd eeeee. ff gggggg hhhhhhhh. i.

Результаты измерения уровня системности атомов приведены в таблице 10:

Таблица 10 – РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ СИСТЕМНОСТИ АТОМОВ

№	Элемент		Коэффициенты эмерджентности		Тренд коэффициента эмерджентности Шеннона
	Наименование	Символ	Р.Хартли	К.Шеннона	
1	Водород	H	3,000000000000	3,000000000000	0,000000000000
2	Гелий	He	1,4315254929651	2,6309297535715	-0,3690702464285
3	Литий	Li	1,2787536009528	3,1220820739999	0,4911523204284
4	Бериллий	Be	1,2051085704154	3,0794288085538	-0,0426532654461
5	Бор (элемент)	B	1,1751099295353	3,0633326277778	-0,0160961807760
6	Углерод	C	1,1528636415271	3,0064625789315	-0,0568700488463
7	Азот	N	1,1279231060793	3,0154610922988	0,0089985133673
8	Кислород	O	1,1095974809936	3,0337171184016	0,0182560261028
9	Фтор	F	1,0916455303445	3,0739049408919	0,0401878224903
10	Неон	Ne	1,0845825867099	3,0765602332599	0,0026552923680
11	Натрий	Na	1,0857203538217	3,3882737909288	0,3117135576689
12	Магний	Mg	1,0802792108518	3,3299264298018	-0,0583473611270
13	Алюминий	Al	1,0762867052010	3,3599083013556	0,0299818715538
14	Кремний	Si	1,0721475128861	3,3132540651617	-0,0466542361939
15	Фосфор	P	1,0650089735865	3,3203574006593	0,0071033354976
16	Сера	S	1,0619117562199	3,3040306144272	-0,0163267862321
17	Хлор	Cl	1,0564742565144	3,3239075687354	0,0198769543082
19	Калий	K	1,0508140907956	3,3577949561616	0,0338873874262
18	Аргон	Ar	1,0555550138815	3,5523641912351	0,1945692350735
20	Кальций	Ca	1,0545004329565	3,4931501451170	-0,0592140461181
21	Скандий	Sc	1,0518096403172	3,5506275958495	0,0574774507325
22	Титан	Ti	1,0484529327388	3,5426410331375	-0,0079865627120
23	Ванадий	V	1,0454790001748	3,5457653783255	0,0031243451880
24	Хром	Cr	1,0441161396352	3,5274928213957	-0,0182725569298
25	Марганец	Mn	1,0416066747179	3,5406283644706	0,0131355430749
26	Железо	Fe	1,0404491916559	3,5309187137173	-0,0097096507533
28	Никель	Ni	1,0383053914934	3,5456511694404	0,0147324557231
27	Кобальт	Co	1,0378021367860	3,5342114189798	-0,011437504606
29	Медь	Cu	1,0350236965158	3,6048332689989	0,0706218500191
30	Цинк	Zn	1,0341803947311	3,5702214600418	-0,0346118089571
31	Галлий	Ga	1,0337074854398	3,6218355847910	0,0516141247492
32	Германий	Ge	1,0322436555719	3,6109594073995	-0,0108761773915
33	Мышьяк	As	1,0312213611894	3,5976802190131	-0,0132791883864
34	Селен	Se	1,0296456811071	3,6099382821674	0,0122580631543
35	Бром	Br	1,0290562205092	3,5947945685806	-0,0151437135868
36	Криптон	Kr	1,0276740285236	3,6117384279388	0,0169438593582
37	Рубидий	Rb	1,0313080845956	3,7044452393367	0,0927068113979
38	Стронций	Sr	1,0299219093756	3,6793796444595	-0,0250655948772
39	Иттрий	Y	1,0307641143342	3,6875698662857	0,0081902218262
40	Цирконий	Zr	1,0299781202421	3,6716166706034	-0,0159531956823
41	Ниобий	Nb	1,0297243933887	3,6780863667466	0,0064696961432
42	Молибден	Mo	1,0285136539396	3,6926853168103	0,0145989500637
43	Технеций	Tc	1,0278304996527	3,6912279896551	-0,0014573271552
44	Рутений	Ru	1,0269658504191	3,6998753383475	0,0086473486924
45	Родий	Rh	1,0263496294811	3,7010797073770	0,0012043690295
46	Палладий	Pd	1,0222771850842	3,6058975151635	-0,0951821922135
47	Серебро	Ag	1,0250093715827	3,7143183711031	0,1084208559396

48	Кадмий	Cd	1,0239582328427	3,6992307191639	-0,0150876519392
49	Индий	In	1,0243455539461	3,7254840317429	0,0262533125790
50	Олово	Sn	1,0235384192435	3,7262496220565	0,0007655903136
51	Сурьма	Sb	1,0229279113234	3,7240279673107	-0,0022216547458
52	Теллур	Te	1,0219279708173	3,7472179511084	0,0231899837977
53	Иод	I	1,0219279708173	3,7200499311917	-0,0271680199167
54	Ксенон	Xe	1,0212623448024	3,7314813129101	0,0114313817184
55	Цезий	Cs	1,0226703634718	3,8546238970039	0,1231425840938
56	Барий	Ba	1,0220125509141	3,8553377345867	0,0007138375828
57	Лантан	La	1,0224846325035	3,8697184410756	0,0143807064889
58	Церий	Ce	1,0222302718973	3,8491826018080	-0,0205358392676
59	Празеодим	Pr	1,0219812426071	3,8333655814299	-0,0158170203781
60	Неодим	Nd	1,0214985367722	3,8344187418479	0,0010531604180
61	Прометий	Pm	1,0212645553380	3,8235881875115	-0,0108305543364
62	Самарий	Sm	1,0205903896328	3,8413058384663	0,0177176509548
63	Европий	Eu	1,0202681139529	3,8397351576151	-0,0015706808512
64	Гадолиний	Gd	1,0203953433820	3,8737472101617	0,0340120525466
65	Тербий	Tb	1,0200891772221	3,8730294674435	-0,0007177427182
66	Диспрозий	Dy	1,0188812655374	3,8719481459714	-0,0010813214721
67	Гольмий	Ho	1,0186069608361	3,8728899593553	0,0009418133839
68	Эрбий	Er	1,0183400255369	3,8743367516552	0,0014467922999
69	Тулий	Tm	1,0180801735035	3,8762210824693	0,0018843308141
70	Иттербий	Yb	1,0176620956034	3,8905280481119	0,0143069656426
71	Лютеций	Lu	1,0180830051159	3,9057439591896	0,0152159110777
72	Гафний	Hf	1,0177580767608	3,8994743767832	-0,0062695824064
73	Тантал	Ta	1,0174439190498	3,8966506604384	-0,0028237163448
74	Вольфрам	W	1,0171400173807	3,8959553241536	-0,0006953362848
75	Рений	Re	1,0169185301394	3,8910372398018	-0,0049180843518
76	Осмий	Os	1,0165610807449	3,8986784291068	0,0076411893050
77	Иридий	Ir	1,016353335961	3,8958937091763	-0,0027847199305
78	Платина	Pt	1,0167738302936	3,8552156920876	-0,0406780170887
79	Золото	Au	1,0158871014785	3,9090387200925	0,0538230280049
80	Ртуть	Hg	1,0155690737772	3,9081993210265	-0,0008393990660
81	Таллий	Tl	1,0158867484199	3,9286238674480	0,020424546215
82	Свинец	Pb	1,0156395310879	3,9226806647108	-0,0059432027372
83	Висмут	Bi	1,0154588057858	3,9144791736843	-0,0082014910265
84	Полоний	Po	1,0153404841292	3,9030872087089	-0,0113919649754
85	Астат	At	1,0152819582777	3,8881739138675	-0,0149132948414
86	Радон	Rn	1,0146647967809	3,9252548290798	0,0370809152123
87	Франций	Fr	1,0149647191531	4,0542931048988	0,1290382758190
88	Радий	Ra	1,0147503902426	4,0485027419821	-0,0057903629167
89	Актиний	Ac	1,0151462372285	4,0554054196394	0,0069026776573
90	Торий	Th	1,0148293279068	4,0603186949257	0,0049132752863
91	Протактиний	Pa	1,0153186864457	4,0558114293883	-0,0045072655374
93	Нептуний	Np	1,0149530873627	4,0664155385124	0,0106041091241
92	Уран	U	1,0148516232915	4,0600413405898	-0,0063741979226
94	Плутоний	Pu	1,0140421667656	4,0580230796970	-0,0020182608928
95	Америций	Am	1,0140421667656	4,0403912173791	-0,0176318623179
96	Кюрий	Cm	1,0142690126041	4,0618288859592	0,0214376685801
97	Берклий	Bk	1,0142223961511	4,0501026713623	-0,0117262145969
98	Калифорний	Cf	1,0135451160011	4,0452434321706	-0,0048592391917
99	Эйнштейний	Es	1,0134582769235	4,0399140607102	-0,0053293714604
100	Фермий	Fm	1,0132039256062	4,0536247280563	0,0137106673461
101	Менделевий	Md	1,0131211380738	4,0490303134340	-0,0045944146223
102	Нобелий	No	1,0130393201291	4,0448480045361	-0,0041823088979
103	Лоуренсий	Lr	1,0133056084715	4,0617844723940	0,0169364678579
104	Резерфордий	Rf	1,0133056084715	4,0387716301785	-0,0230128422155
105	Дубний	Db	1,0132240673392	4,0274093724620	-0,0113622577165
106	Сиборгий	Sg	1,0130242655255	4,0308831971854	0,0034738247234
107	Борий	Bh	1,0130637706403	4,0093033307958	-0,0215798663896
108	Хассий	Hs	1,0125304140969	4,0535829453061	0,0442796145103
109	Мейтнерий	Mt	1,0128300608753	4,0037268152596	-0,0498561300465
110	Дармштадтий	Ds	1,0126785743388	4,0135009075392	0,0097740922796
111	Рентгений	Rg	1,0126040851565	4,0083987832241	-0,0051021243151
112	Унунбий	Uub	1,0121048537454	4,0454272695572	0,0370284863331
113	Унунтрий	Uut	1,0124936172717	4,0450826632566	-0,0003446063006
114	Унунквадий	Uuq	1,0122845708819	4,0487995024621	0,0037168392055
115	Унунпентий	Uup	1,0122845708819	4,0300111917891	-0,0187883106730
116	Унунгексий	Uuh	1,0121153277439	4,0331192044889	0,0031080126998
117	Унунсептий	Uus	1,0120488522443	4,0251004937384	-0,0080187107505
118	Унуноктий	Uuo	1,0119830591411	4,0179779155966	-0,0071225781418

Рассмотрим зависимость уровня системности атомов от их порядкового номера в таблице Д.И.Менделеева в графическом виде (рисунок 7):

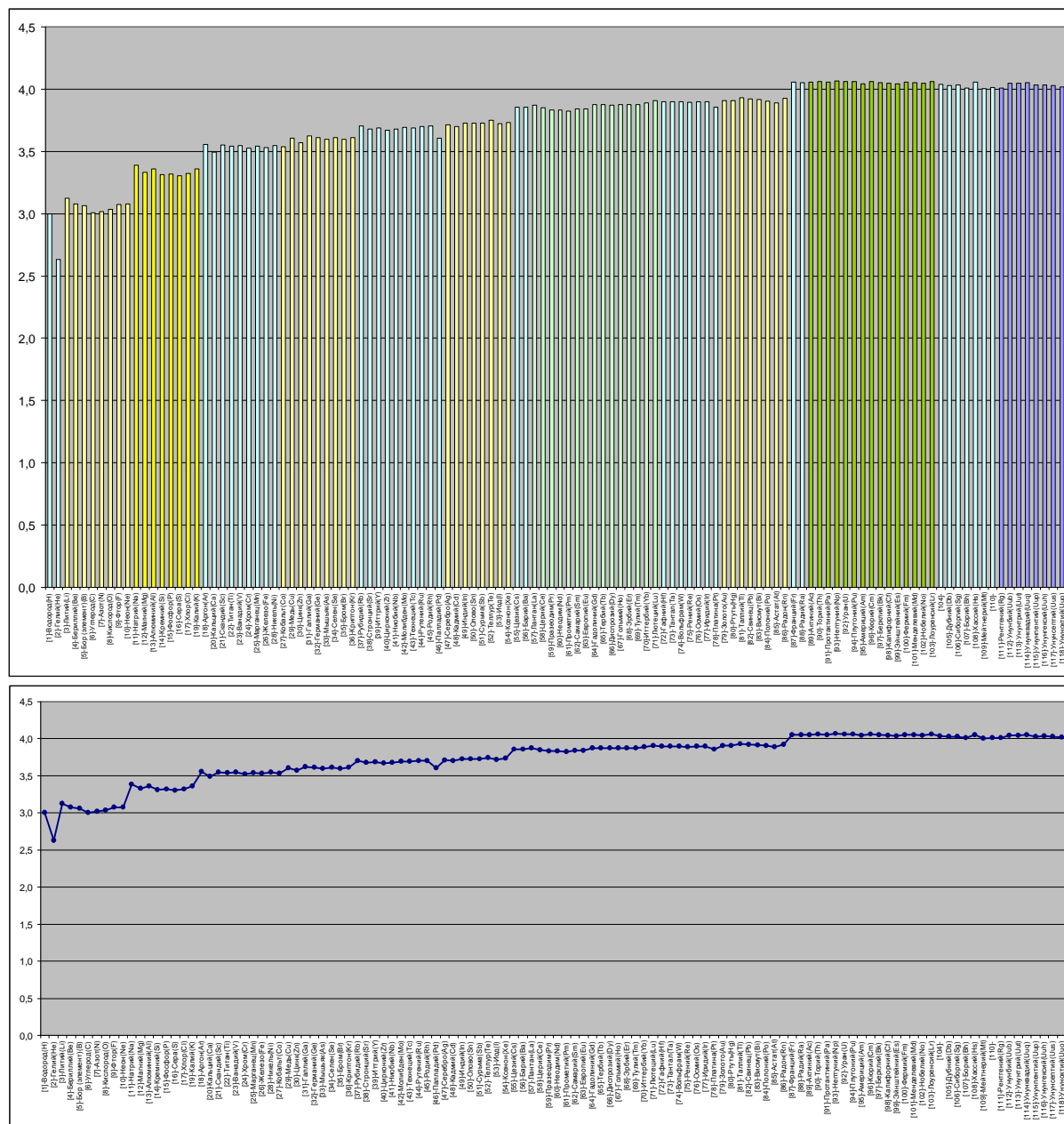


Рисунок 7. Зависимость уровня системности атомов от их порядкового номера в таблице Д.И.Менделеева

Цвета на рисунке 7 соответствуют периодам таблицы Д.И.Менделеева (рисунок 6). Из рисунка 7 видно, что уровень системности атомов скачкообразно повышается при переходе к следующему периоду, к середине периода немного падает и затем достигает начального для периода значения к его концу. Особенно наглядно это видно на графике тренда коэффициента эмерджентности Шеннона, имеющего ярко-выраженную периодическую структуру (рисунок 8):

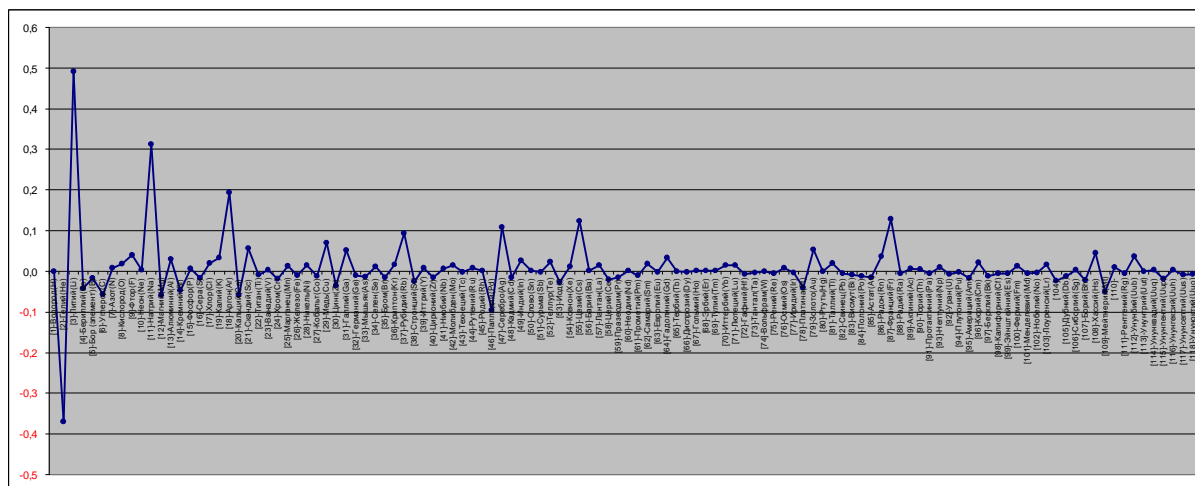


Рисунок 8. Тренд (1-я производная) коэффициента эмерджентности Шеннона для элементов таблицы Д.И.Менделеева

Из рисунка 8 видно, что тренд (1-я производная) коэффициента эмерджентности Шеннона для элементов таблицы Д.И.Менделеева весьма напоминает периодическое затухающее колебание.

В рассмотренной модели электроны атома, находящиеся на его различных энергетических уровнях и подуровнях, рассматривались как различные, т.е. для их кодирования в текстовой модели использовались различные символы. Это эквивалентно тому, чтобы считать различные энергетические подуровни состоящими из различных частиц, характерных для этих подуровней.

Ниже приведем модель (назовем ее: «рп-модель»), в которой считается, что электроны всех энергетических подуровней тождественны. Для этого есть все основания¹⁴. Текстовые модели иерархической структуры некоторых атомов для этой модели имеют вид:

001 H **Водород** :
р
е.

002 He **Гелий** :
рр пп
ее.

003 Li **Литий** :
ррр ппп
ее. е.

004 Be **Бериллий** :
рррр пппп
ее. ее.

005 B **Бор (элемент)** :
ррррр ппппп
ее. ее е.

006 C **Углерод** :
рррррр пппппп
ее. ее ее.

007 N **Азот** :

¹⁴ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Принцип%20тождественности>

rrrrrrr pppppp
ee. ee eee.

008 O **Кислород** :
rrrrrrrrr pppppppp
ee. ee eeee.

009 F **Фтор** :
rrrrrrrrrr pppppppppp
ee. ee eeeee.

010 Ne **Неон** :
rrrrrrrrrrr pppppppppp
ee. ee eeeee.

011 Na **Натрий** :
rrrrrrrrrrrr pppppppppppp
ee. ee eeeee. e.

012 Mg **Магний** :
rrrrrrrrrrrrr pppppppppppp
ee. ee eeeee. ee.

013 Al **Алюминий** :
rrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee e.

014 Si **Кремний** :
rrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee ee.

015 P **Фосфор** :
rrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eee.

016 S **Сера** :
rrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeee.

017 Cl **Хлор** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee.

019 K **Калий** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee.

018 Ar **Аргон** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee. e.

020 Ca **Кальций** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee. ee.

021 Sc **Скандий** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee e. ee.

022 Ti **Титан** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee ee. ee.

023 V **Ванадий** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee eee. ee.

024 Cr **Хром** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee eeee. ee.

025 Mn **Марганец** :
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr pppppppppppppppppppp
ee. ee eeeee. ee eeeee eeeee. ee.

На рисунке 9 приведен график зависимости коэффициента эмерджентности Шеннона от атомного номера химического элемента для текстовой модели «рпс»:

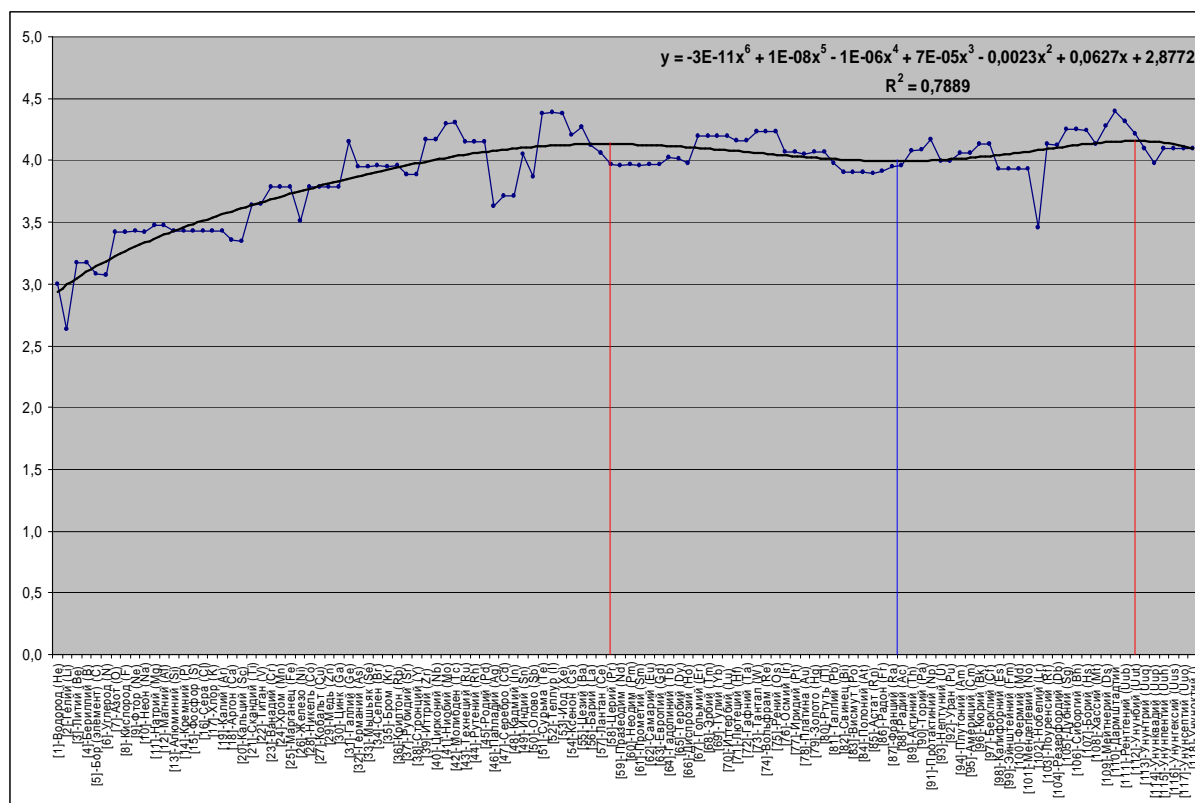


Рисунок 9. Зависимость коэффициента эмерджентности Шеннона от атомного номера для текстовой модели «рпе»

Из вида полиномиального тренда коэффициента эмерджентности Шеннона химических элементов:

$$y = -3 \times 10^{-11} x^6 + 10^{-8} x^5 - 10^{-6} x^4 + 7 \times 10^{-5} x^3 - 0.0023 x^2 + 0.0627 x + 2.8772$$

приведенного на рисунке 9, видно, что уровень системности атомов, посчитанный по сути на основе их электронных оболочек, т.е. в предположении, что ядро представляет собой просто множество нуклонов (которое, очевидно, не соответствует действительности), сначала закономерно, но не монотонно растет, достигает первого локального максимума в районе элемента [58]-Церий, затем несколько уменьшается, достигая локального минимума в районе элемента [88]-Радий¹⁵, а затем опять увеличивается в районе элементом [112]-Унунбий в центре «плюс-минус несколько элементов». Можно предположить, что этот второй локальный максимум коэффициента эмерджентности Шеннона химических элементов соответствует так называемому «острову стабильности»¹⁶.

Таким образом, *установлено, что:*

– уровень системности химических элементов, количественно измеряемый коэффициентом эмерджентности Шеннона, закономерно расцвет с увеличением их номера в таблице Д.И.Менделеева, однако он растет не

¹⁵ Который, как известно (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Радий>), является одним из самых радиоактивных элементов, встречающихся в природе.

¹⁶ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Остров%20стабильности>

монотонно, а с временными спадами, которые имеют периодический характер;

– *существует периодическая зависимость тренда коэффициента эмерджентности Шеннона (его 1-й производной) от порядкового номера элемента в таблице Д.И.Менделеева.*

Возникает закономерный вопрос *о причинах* существования периодичности тренда коэффициента эмерджентности Шеннона в таблице Д.И.Менделеева. В данной статье мы можем лишь сформулировать несколько гипотез об этих причинах:

1. Универсальный информационный вариационный принцип (УИВП) [23] выполняется не точно, а лишь приблизительно, «средне статистически».

2. В данной статье мы учитывали не всю информацию об атоме, как системе: мы имеем более-менее подробную информацию о структуре электронных оболочек атома, но структура его ядра является, по сути «белым пятном» и в данной работе никак не учитывалась. Можно высказать гипотезу, что если учесть структуру ядра, то Универсальный информационный вариационный принцип для атома будет выполняться точно.

3. Временные уменьшения коэффициента эмерджентности Шеннона являются локальными минимумами, через которые поисковая система построения структур атомов должна пройти на пути к глобальному максимуму.

4. Если дополнить таблицу Д.И.Менделеева *изотопами элементов* и рассмотреть их уровень системности также, как нами рассмотрены элементы, то, возможно, все станет на свои места.

Автор склоняется ко второй гипотезе, поэтому на ее основе и рисунка 8 сделаем еще некоторые интересные предположения. Предположим, что Универсальный информационный вариационный принцип выполняется точно. Тогда при определенном достигнутом уровне адекватности понимания структуры атома, определяемым в основном уровнем понимания структуры электронных оболочек, мы видим, что иногда уровень системности атома изменяется так, как ожидалось в соответствии с Универсальным информационным вариационным принципом, а иногда мы видим отклонения от него. Есть все основания предположить, что эти отклонения вызваны недостаточным уровнем адекватности понимания структуры ядра атома. Это значит, что для некоторых элементов простой модели ядра достаточно для получения результатов, согласующихся с Универсальным информационным вариационным принципом, а для других нет. Из этих рассуждений можно сделать предположения о сложности организации ядер различных химических элементов. *По сути это означает, что рисунок 8 можно интерпретировать как график, отражающий степень адекватности **простой** модели ядра применительно к разным элементам:*

– для элементов, для которых значения графика положительны, есть все основания так считать, т.е. считать, что ядро этих элементов не имеет выраженной внутренней структуры;

– для элементов, для которых значения графика отрицательны, есть все основания считать, что ядро этих элементов не является простым, т.е. имеет выраженную внутреннюю структуру и высокий собственный уровень системности, который мы не учитываем в рассматриваемых моделях, что и приводит к кажущемуся локальному несоблюдению Универсального информационного вариационного принципа. Можно даже оценить уровень системности ядра по «недостающему» для соблюдения Универсального информационного вариационного принципа значению коэффициента эмерджентности Шеннона для данного атома.

Если в будущем подтвердятся какие-либо из сформулированных выше предположений, основанных на гипотезе о точном выполнении Универсального информационного вариационного принципа, то это будет означать, что он имеет *прогностическую силу* и, следовательно, есть основания перевести его из статуса научной гипотезы в статус подтвержденной на опыте теории.

Вид кривой на рисунке 7 очень напоминает *график скорости увеличения количества информации в системе в зависимости от числа элементов и количества уровней иерархии в ней*, теоретически полученной в работе [23] и представленной на рисунке 10:

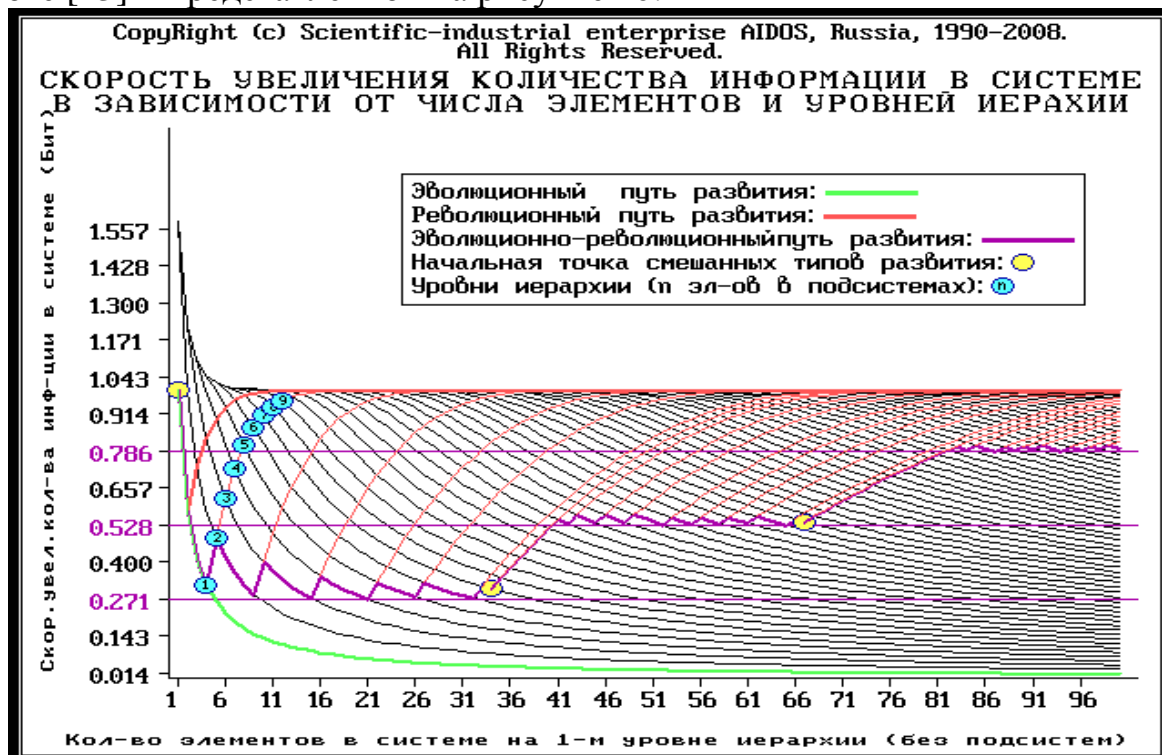


Рисунок 10. Скорость увеличения количества информации в системе в зависимости от ее мощности при различных уровнях сложности (с переходами между нижним, средним и верхним путями развития, мощность и сложность 100) (рисунок 19 из работы [23])

На рисунке 10 показаны [23]:

– все три типа эволюции: чисто эволюционный, чисто революционный, и три смешанных: нижний – почти эволюционный, средний, и верхний – почти революционный;

– возможность перехода с одного смешанного типа развития на другой после некоторого определенного количества качественных скачков и периодов количественного роста, что *означает изменение принципа усложнения структуры системы.*

Таблицу Д.И.Менделеева можно рассматривать как последовательность, в которой одни элементы получались из других в ходе процесса их непрерывного усложнения, который можно было бы назвать «*эволюций элементов*». Рассмотрим переход от эволюции элементов к эволюции их соединений, т.е. к *химической эволюции* с позиций реализации в этом процессе Универсального информационного вариационного принципа.

Из рисунка 7 видно, что при усложнении элементов, находящихся в начале таблицы Д.И.Менделеева их уровень системности возрастет быстро и очень существенно, но чем более тяжелые элементы усложняются путем добавления одного протона и нейтронов в ядре и одного электрона на электронных оболочках, тем в меньшей степени это повышает уровень системности. По-видимому, этим обусловлено удлинение 8-го и 10-го периодов и появление семейств лантаноидов и актиноидов. Появление очень сложных элементов практически ничего не дает для увеличения уровня системности по сравнению с элементами, предшествующими им в таблице Д.И.Менделеева. Если обратиться к рисункам 7 и 9, то можно предположить, что для элементов, находящихся в начале таблицы Д.И.Менделеева вполне эволюционно оправданным является путь усложнения атома, например, эволюционно оправданной выглядит синтез гелия из двух атомов дейтерия в ходе термоядерной реакции. Но для тяжелых элементов подобный синтез практически не приведет к повышению уровня системности, поэтому он и невозможен или крайне маловероятен. И напротив, для тяжелых элементов эволюционно предпочтительной выглядит реакция ядерного распада, т.к. элементы этого распада имеют суммарный уровень системности превосходящий, уровень системности исходной системы. Кроме того, из элементов распада могут образоваться химические соединения, имеющие уровень системности значительно более высокий, чем у исходных элементов. Добавим в рисунке 7 линию тренда и выделим кранными границами область, начиная с которой повышение уровня системности при усложнении элементов заметно замедляется (10) и практически прекращается. Примечательно, что линия тренда коэффициента эмерджентности Шеннона практически совпадает с логистической кривой, часто встречающейся в задачах Парето-оптимизации¹⁷.

¹⁷ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон%20Парето>

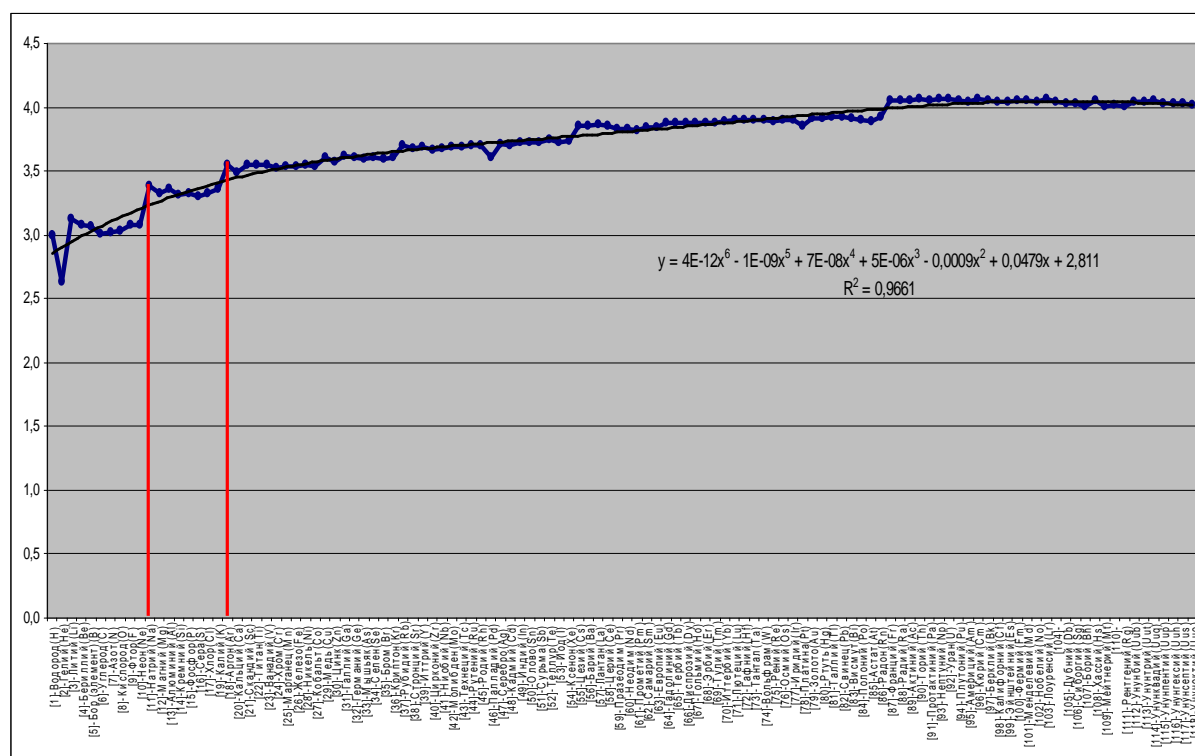


Рисунок 11. Зона перехода эволюции элементов в химическую эволюцию (выделена красными границами с элементами: [11]-Натрий(Na) – [18]-Аргон(Ar))

Это означает, что примерно с третьего периода таблицы Д.И.Менделеева резко возрастает целесообразность перехода эволюции элементов в химическую эволюцию (это «точки бифуркации» процесса эволюции), т.е. с этого периода уровень системности, количественно измеряемый предложенным в данной статье коэффициентом эмерджентности Шеннона, сильнее повышается не при синтезе более тяжелых атомов из более легких, а при синтезе химических соединений, т.е. молекул из более простых атомов. Наверное, не случайно в самом этом диапазоне и в непосредственной близости от него находятся практически все элементы, являющиеся основой белковой формы жизни.

В соответствии с Универсальным информационным вариационным принципом [23]:

1. Синтез более сложных систем из более простых происходит тогда, когда уровень системности образующейся системы выше суммы уровней системностей исходных систем.

2. Если же наоборот, сумма уровней системности подсистем, входящих в некоторую систему, но рассматриваемых по отдельности, выше уровня системности этой системы, то данная система распадается.

Это очень напоминает явление «дефекта масс», известное в физике: если сумма масс реагентов **больше** суммы масс продуктов, то разница в массах, умноженная на квадрат скорости света равна **выделяющейся** в

процессе данной реакции энергии (не важно, реакция ли это ядерного синтеза или ядерного распада), если же сумма масс реагентов *меньше* суммы масс продуктов, то разница в массах, умноженная на квадрат скорости света равна энергии, которую необходимо *затратить* на осуществление реакции.

«Согласно соотношению Эйнштейна, энергия связи пропорциональна дефекту массы:

$$\Delta E = \Delta(m \cdot c^2) = c^2 \Delta m \quad (17)$$

где Δm — дефект массы и c — скорость света в вакууме.

Дефект массы характеризует *устойчивость ядра*.

Дефект массы, отнесённый к одному нуклону, называется упаковочным множителем»¹⁸.

Поскольку:

– *уровень системности*, измеряемый предложенным в данной работе коэффициентом эмерджентности Шеннона, тем выше, чем выше интенсивность взаимодействия подсистем;

– и интенсивность взаимодействия подсистем тем выше, чем выше их *энергия связи и дефект масс*;

то можно обоснованно высказать важную гипотезу о том, что *уровень системности (13) пропорционален энергии связи (17) и дефекту масс*. Возможно, на этой основе можно вывести соотношение между энергией и информацией, аналогичное соотношению Эйнштейна-Хэвисайда, связывающему энергию и массу (18):

$$E_{System} = \frac{\sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} p_i^u \text{Log}(p_i^u)}{\sum_{i=1}^{W(0)} p_i^0 \text{Log}(p_i^0)} = L \Delta m c^2 \quad (18)$$

Коэффициент пропорциональности в выражении (18) представляет собой *размерный* множитель, имеющий размерность обратную единицам измерения энергии, преобразующий выражение для энергии связи к безразмерному виду, что необходимо, т.к. коэффициент эмерджентности Шеннона является *безразмерной* величиной. Численное значение константы L может быть получено при исследовании *реальных* физических и других, в т.ч. экономических [24], систем, для которых *известен* дефект массы и *возможно определить* уровень системности, подсчитав значение коэффициента эмерджентности Шеннона¹⁹.

¹⁸ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Дефект%20массы>

¹⁹ Точно таким же методом определяются и другие физические константы, например гравитационная постоянная. В случае экономических систем дефект массы – это, например, экономия энергии за счет внедрения автоматизированной системы управления (АСУ), выраженная в единицах массы [24], т.е. до создания системы управления и после ее создания.

Дефект массы системы Δm равен разности масс системы в целом и масс ее частей, взятых по отдельности:

$$\Delta m = m_s - m_0 = m_s - \sum_{i=1}^W m_i$$

$$m_s = \sum_{i=1}^W m_i + \Delta m \quad (19)$$

где:

m_s – масса системы в целом;

m_0 – суммарная масса частей (элементов) системы, взятых по отдельности;

m_i – масса i -го элемента системы;

W – количество элементов в системе.

Итак, чем сложнее система, тем **выше ее уровень системности** (т.е. тем в большей степени количество информации в ней, как системе превосходит количество информации в множестве ее частей), а уровень системности тем выше, чем выше энергия взаимодействия частей системы, а чем выше энергия взаимодействия частей, тем больше дефект масс и **тем меньше масса системы по сравнению с массой ее частей**²⁰, тем сильнее система отличается от множества и тем сильнее нарушается в ней *принцип суперпозиции* и проявляется *нелинейность*²¹ в форме дефекта масс.

В выражении (19) мы видим *разность* масс системы и ее частей. Это наводит на мысль, что *масса представляет собой логарифм некоторого физически осмысленного параметра систем X*:

$$m_s = \text{Log} X_s$$

$$m_0 = \text{Log} X_0 = \text{Log} \sum_{i=1}^W X_i \quad (20)$$

С использованием выражений (20) выражение (18) можно переписать в виде:

²⁰ Значит, самые сложные системы могут иметь ничтожные массы, возможно, это и есть элементарные частицы, а самая сложная система – Вселенная-в-Целом, вообще должна иметь нулевую суммарную массу, как и все виды зарядов, и другие физические параметры, используемые для описания ее частей (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Дефект%20массы>).

²¹ В теории управления *система называется линейной*, если суммарный результат одновременного влияния на нее совокупности факторов представляет собой **сумму** эффектов, вызываемых каждым фактором в отдельности. Это означает, что факторы не взаимодействуют друг с другом, т.е. выполняется *принцип суперпозиции*. Если бы масса системы была равна сумме масс ее частей, то эта система была бы линейной по отношению к массе. Но как мы знаем, эта *линейность по массе нарушается тем в большей степени, чем выше энергия взаимодействия, дефект масс и уровень системности*. Следовательно в общем случае *принцип суперпозиции при сложении масс элементов для систем не выполняется* (<http://slovari.yandex.ru/Суперпозиция%20принцип>).

$$E_{System} = \frac{\sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} p_i^u \text{Log}(p_i^u)}{\sum_{i=1}^{W(0)} p_i^0 \text{Log}(p_i^0)} = Lc^2 \cdot (m_s - m_0) = Lc^2 (\text{Log}X_s - \text{Log}X_0)$$

Или окончательно (21):

$$E_{System} = \frac{\sum_{u=0}^U \sum_{i=1}^{W(u)} p_i^u \text{Log}(p_i^u)}{\sum_{i=1}^{W(0)} p_i^0 \text{Log}(p_i^0)} = Lc^2 \text{Log} \frac{X_s}{X_0} \quad (21)$$

Физический смысл параметра X , который можно назвать «*протомассой*», как определяющий величину массы, возможно удастся исследовать в будущих работах. Здесь же можно лишь высказать гипотезу, что масса элементов системы связана с энтропией протомассы множества базовых элементов, а масса системы – с энтропией протомассы всех подсистем некоторой системы, включая и ее базовые элементы (20).



Людвиг Больцман²²

Отметим, что количество информации по Л.Больцману²³ определяется разностью энтропии начального и конечного состояний системы. Если сформулированная выше гипотеза верна, то аналогично количеству информации по Больцману ***уровень системности количественно определяется коэффициентом эмерджентности Шеннона, который с точностью до постоянного множителя равен разности энтропии протомассы системы и ее базовых элементов, т.е. системы до и после ее возникновения.***

Устойчивость системы (например, ядра) тем выше, чем выше энергия взаимодействия ее подсистем и соответствующий дефект масс, и чем больше уровень системности данной системы. В этой связи оправданным выглядит введение в научный обиход нового научного понятия: «***дефект уровня системности***» под которым можно понимать повышение суммарного уровня системности подсистем при объединении их в систему.

Рассмотрим небольшой пример, демонстрирующий возможность применения предлагаемых математических моделей и реализующих их технологий и методик для измерения ***уровня системности (коэффициента эмерджентности Шеннона) структуры коллектива или организацион-***

²² Источник: <http://sites.google.com/site/sylar7171/boltzman.jpg>

²³ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Больцман,%20Людвиг>

ной структуры организации. Для этого обратимся к примеру, рассмотренному ранее в статье [11] (рисунок 11):

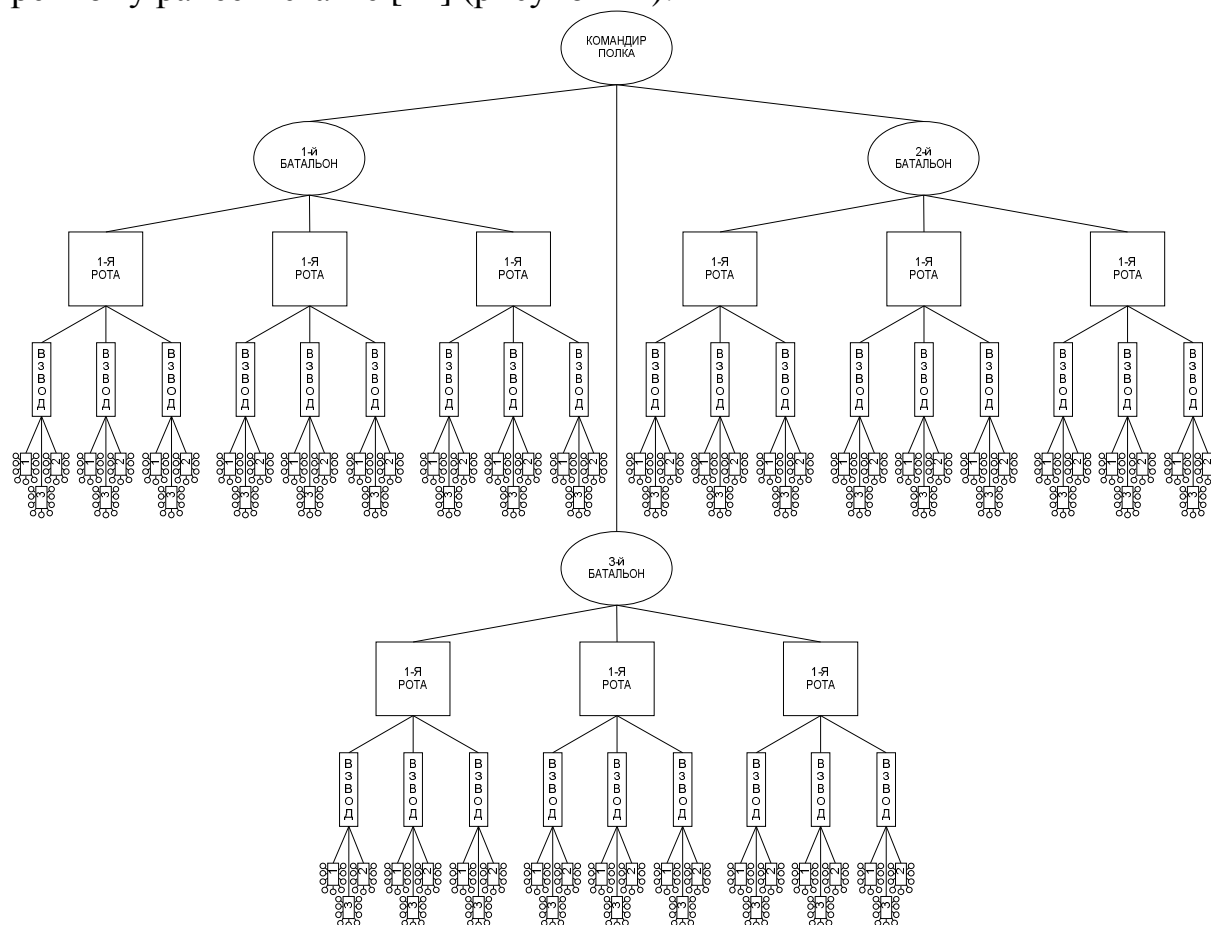


Рисунок 12. Иерархическая система управления полком (условно)

Рассмотрим только 4 уровня этой иерархии системы (т.к. 4-й и более высокие уровни иерархии систем в приведенной программе не поддерживаются):

0 – солдат – символ (с);

1 – отделение – слово (оссссссс), где символ «о означает командира отделения;

2 – взвод – предложение (В оссссссс оссссссс оссссссс.), где символ «В» означает командира взвода;

3 – рота – абзац (Р В оссссссс оссссссс оссссссс. В оссссссс оссссссс оссссссс. В оссссссс оссссссс оссссссс.), где символ «Р» означает командира роты;

4 – батальон – три абзаца (подраздел), символ «Б» означает командира батальона;

5 – полк – три батальона (раздел), символ «П» означает командира полка.

Тогда текстовая модель четырехуровневой иерархической структуры полка имеет вид:

П. Б. Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Б. Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Б. Р В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.
Р. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо. В оооооооо оооооооо оооооооо.

Данная модель записана средствами MS Word в виде файла типа «текст MS DOS» с именем «**Polk.txt**». Затем была запущена программа:

lc_shen.exe Polk.txt

 для измерения уровня системности полка на основе данной его модели, и получен результат, приведенный на рисунке 13:

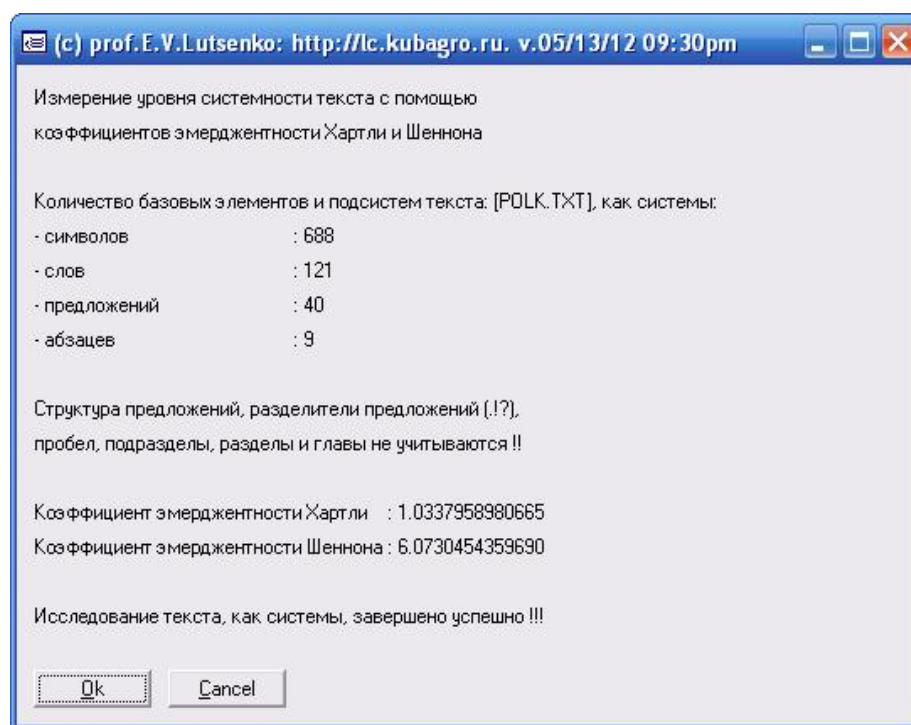


Рисунок 13. Измерение уровня системности полка по его текстовой иерархической модели

Отметим, что коэффициент эмерджентности Шеннона для полка оказался значительно выше, чем для текста.

Созданные при расчете базы данных имеют вид (таблица 11):

Таблица 11 – БАЗЫ ДАННЫХ, СОЗДАННЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ ХАРТЛИ И ШЕННОНА ДЛЯ ПОЛКА

NUMBER	SIMBOL	SCOUNT	P_SIMB	I_SIMB	I_SHEN
1	Б	3	0,0043604651163	7,8413022539809	0,0341917249447
2	В	27	0,0392441860465	4,6713772525386	0,1833243979921
3	о	81	0,1177325581395	3,0864147518175	0,3633715042111
4	П	1	0,0014534883721	9,4262647547021	0,0137009662132
5	Р	9	0,0130813953488	6,2563397532598	0,0818416537490
6	с	567	0,8241279069767	0,2790598297599	0,2299809934213

NUMBER	WORD	WCOUNT	P_WORD	I_WORD	I_SHEN
1	Б	3	0,0247933884298	5,3339007365534	0,1322454728071
2	В	27	0,2231404958678	2,1639757351111	0,4828706185785
3	ОССССССС	81	0,6694214876033	0,5790132343900	0,3876039007073
4	П	1	0,0082644628099	6,9188632372746	0,0571806879114
5	Р	9	0,0743801652893	3,7489382358323	0,2788466456404

NUMBER	OFFERT	OCOUNT	P_OFFR	I_OFFR	I_SHEN
1	Б	2	0,0500000000000	4,3219280948874	0,2160964047444
2	В осссссс осссссс осссссс	2	0,0500000000000	4,3219280948874	0,2160964047444
3	Б	1	0,0250000000000	5,3219280948874	0,1330482023722
4	В осссссс осссссс осссссс	25	0,6250000000000	0,6780719051126	0,4237949406954
5	П	1	0,0250000000000	5,3219280948874	0,1330482023722
6	Р	6	0,1500000000000	2,7369655941662	0,4105448391249
7	Р В осссссс осссссс осссссс	3	0,0750000000000	3,7369655941662	0,2802724195625

NUMBER	PARAGR	PCOUNT	P_PARG	I_PARG	I_SHEN
1	Б. Р В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс.	1	0,1111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
2	Б. Р. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс.	1	0,1111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
3	П. Б. Р. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс.	1	0,1111111111111	3,1699250014423	0,3522138890491
4	Р. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс. В осссссс осссссс осссссс.	6	0,6666666666667	0,5849625007212	0,3899750004808

Рассмотрим еще один пример, демонстрирующий возможность применения предлагаемых математических моделей и реализующих их технологий и методик для измерения уровня системности (коэффициента эмерджентности Хартли и Шеннона) различных **геометрических объектов** различной размерности, например тел Платона²⁴.

Тела Платона представляют собой правильные многогранники в 3-мерном пространстве и характеризуются *сложной* иерархической структурой, которую мы будем называть ее сетевой структурой.

В *простой* иерархической структуре подсистемы некоторого уровня иерархии могут входить в состав *единственной* подсистемы более высокого уровня иерархии.

В *сетевой* же структуре подсистемы некоторого уровня иерархии могут входить в состав *многих* подсистем более высокого уровня иерархии.

Чем меньше это количество подсистем более высокого уровня иерархии, в состав которых может входить подсистема предыдущего уровня

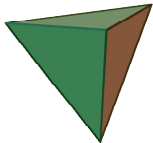
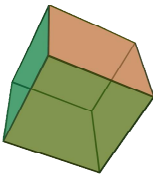
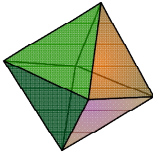
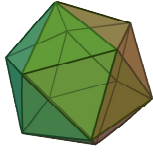
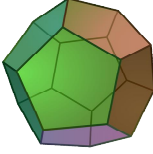
²⁴ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Правильный%20многогранник>

иерархии, тем сетевая структура ближе к простой иерархической и становится ей когда это количество становится равным единице. Поэтому простая иерархическая структура может рассматриваться как частный случай сетевой, а сетевая структура является обобщением иерархической.

Сетевая структура может рассматриваться как *суперпозиция* или объединение нескольких простых иерархических структур, основанных на одних и тех же базовых элементах.

Например, если *вершины* принять за 0-й уровень иерархии, *ребра* за 1-й, а *грани* за 2-й, то каждая вершина тетраэдра, куба и додекаэдра входит в состав 3-х ребер, октаэдра – в состав 4-х ребер, а икосаэдра – 5 ребер, и у каждого из этих тел Платона каждое ребро входит в состав одновременно 2-х граней (таблица 12):

Таблица 12 – ТРЕХМЕРНЫЕ ПРАВИЛЬНЫЕ МНОГОГРАННИКИ

№	Наименование	Вид	Количество		
			Вершин	Ребер	Граней
1	Тетраэдр		4	6	4
2	Куб		8	12	6
3	Октаэдр		6	12	8
4	Икосаэдр		12	30	20
5	Додекаэдр		20	30	12

Применим описанную выше методику формирования текстовых моделей тел Платона и расчета их коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона с помощью приведенной выше программы. Но так как сетевая структура является обобщением простой иерархической, то она требует

обобщения рассмотренного ранее способа кодирования структуры системы в форме текстовой модели.

Рассмотрим предлагаемый принцип этого обобщения на примере составления текстовой модели тетраэдра.

Обозначим (рисунок 14):

- вершины – буквами латинского алфавита;
- ребра – парами символов, соответствующих образующих их вершин (словами);
- грани – перечислением образующих их ребер (предложениями).

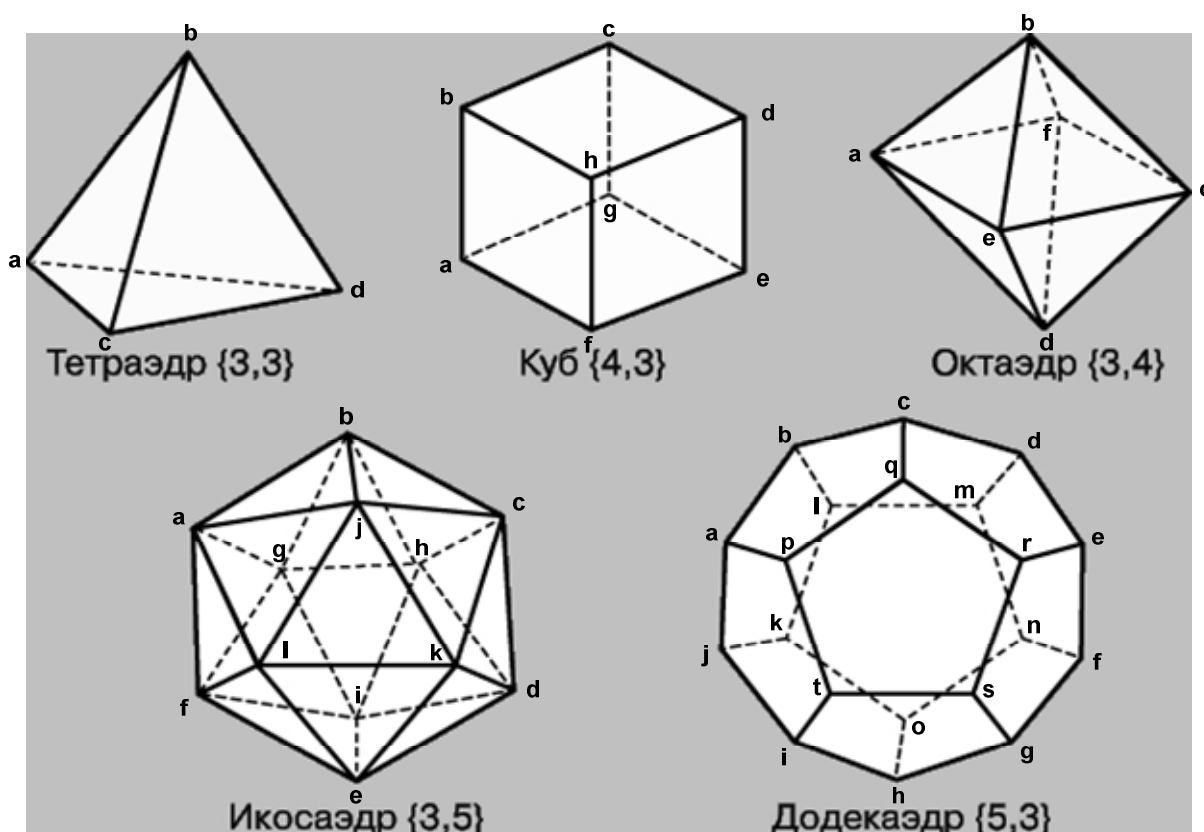


Рисунок 14. Принцип кодирования сетевой структуры в форме текстовой модели

Тогда текстовые модели будут иметь вид:

- тетраэдр: Ab ac bc. Ab ad bd. Ac ad cd. Bc bd cd.
- куб: Ab bc cg ga. Cd de eg gc. Hd de ef fh. Ab bh hf fa. Bc cd dh hb. Ag ge ef fa.
- октаэдр: Ab bf fa. Bc cf fb. Ce eb bc. Ab be ea. Af fd da. Fc cd df. Ec cd de. Ae ed da.
- икосаэдр: Ab bj ja. Bc cj jb. Al lf fa. Aj jl la. Jk kl lj. Jc ck kj. Cd dk kc. Fl le ef. Lk ke el. Kd de ek. Ab bg ga. Gb bh hg. Bc ch hb. Ag gf fa. Gi if fg. Gh hi ig. Hd di ih. Hc cd dh. Fi ie ef. Id de ei.
- додекаэдр: Ab bc cq qr pa. Cd de er rq qc. Ef fg gs sr re. Sg gh hi it ts. Ap pt ti ij ja. Pq qr rs st tp. Ab bl lk kj ja. Bc cd dm ml lb. De ef fn nm md. Fg gh ho on nf. Jk ko oh hi ij jk. Lm mn no ok kl.

В этих моделях используются символы латинского алфавита, которые соответствуют *вершинам* тел Платона. Совершенно очевидно, что хотя эти символы повторяются много раз, но они означают именно эти конкретные вершины и поэтому при расчете статистики встреч каждый из этих символов должен упитываться только один раз. Аналогично по два раза встречаются слова типа: **ab, ac, ad, bc, bd, cd**, и т.д., соответствующие *ребрам* правильных многогранников²⁵, так как каждое ребро присутствует в двух *смежных* гранях. Но ясно, что каждое ребро в правильном многограннике встречается только один раз и так и должно учитываться в статистике. Те же самые рассуждения сохраняют силу и по отношению к граням (предложениям) и более высоким уровням иерархии.

Поэтому при запуске приведенной выше программы с текстовой моделью (например, тетраэдра):

lc_shen.exe Tetrahedron.txt

сразу задается вопрос о том, какова структура системы: простая иерархическая или сетевая (рисунок 15):

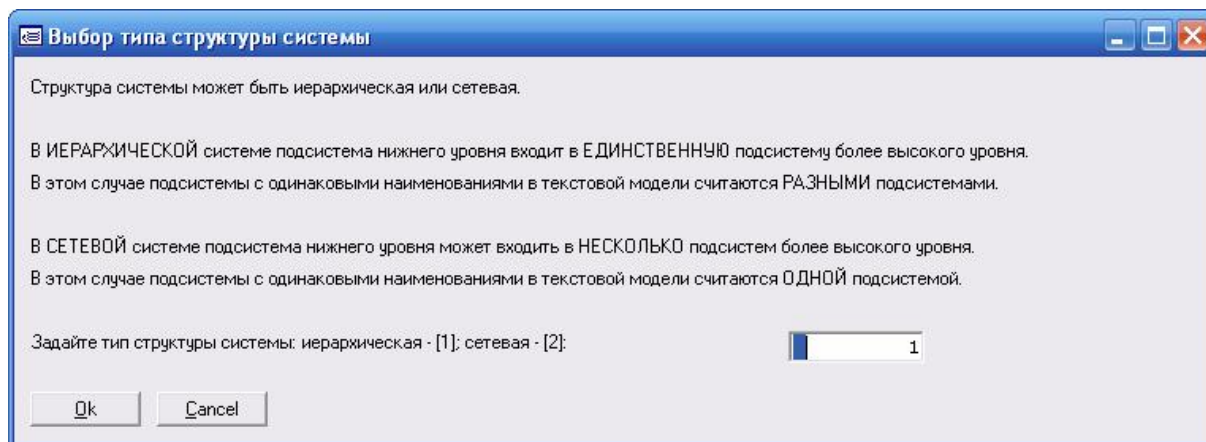
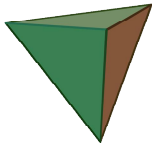
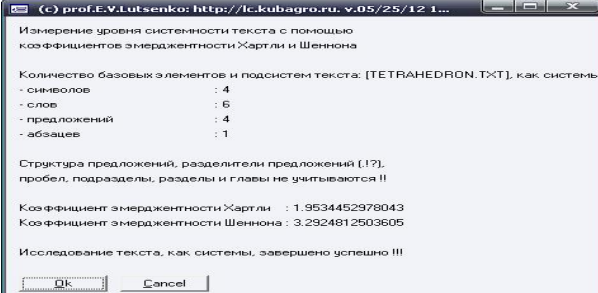
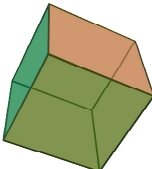
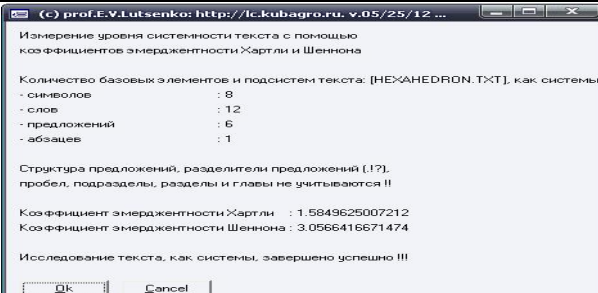
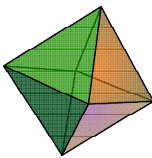
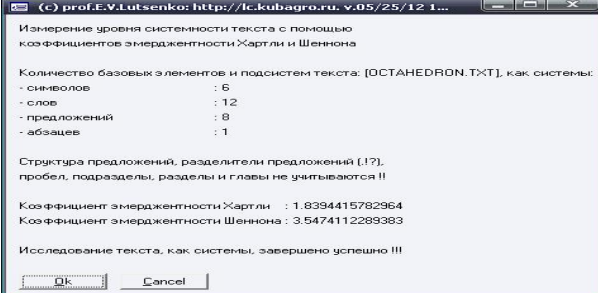
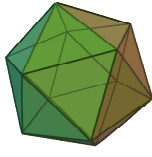
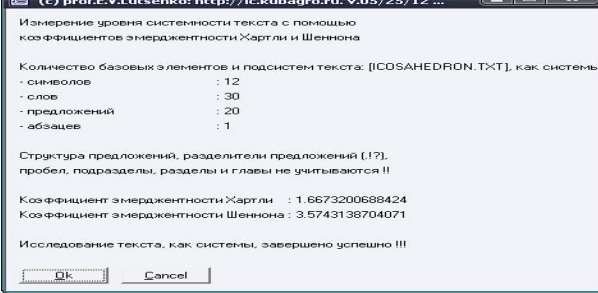
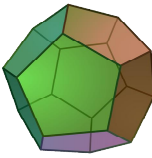
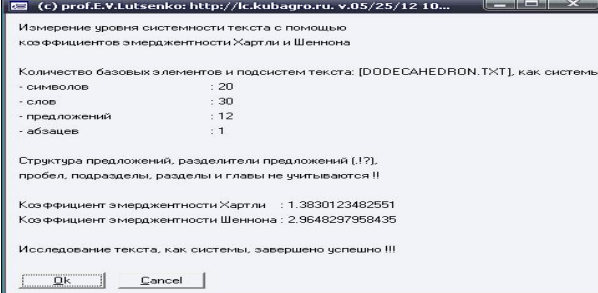


Рисунок 15. Выбор типа структуры системы: простая иерархическая или сетевая

В случае если выбрана простая иерархическая структура системы, то производится подсчет количества встреч каждой из подсистем всех уровней иерархии. Если же задана система сетевой структуры, то считается, что подсистема с каждым наименованием единственная. Результаты расчета выдаются в форме, приведенной в таблице 13:

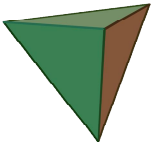
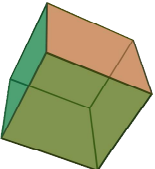
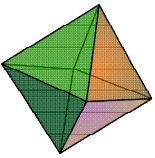
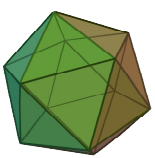
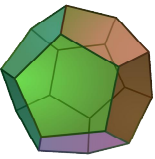
²⁵ Символы при обозначении ребер могут идти в любом порядке (**ab** или **ba**), программа сама рассортирует их в алфавитном порядке (**ab**).

Таблица 13 – РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ ХАРТЛИ И ШЕННОНА ДЛЯ ТЕЛ ПЛАТОНА НА ОСНОВЕ ИХ ТЕКСТОВЫХ МОДЕЛЕЙ

№	Наименование	Вид	Количество			Результаты расчета
			Вершин	Ребер	Граней	
1	Тетраэдр (Tetrahedron) H=1.95 S=3.29		4	6	4	 <p>Измерение уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона</p> <p>Количество базовых элементов и подсистем текста: [TETRAHEDRON.TXT], как системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - символов : 4 - слов : 6 - предложений : 4 - абзацев : 1 <p>Структура предложений, разделители предложений (!?), пробел, подразделы, разделы и главы не учитываются !!</p> <p>Коэффициент эмерджентности Хартли : 1.9534452978043 Коэффициент эмерджентности Шеннона : 3.2924812503605</p> <p>Исследование текста, как системы, завершено успешно !!!</p>
2	Куб (Hexahedron) H=1.58 S=3.06		8	12	6	 <p>Измерение уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона</p> <p>Количество базовых элементов и подсистем текста: [HEXAHEDRON.TXT], как системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - символов : 8 - слов : 12 - предложений : 6 - абзацев : 1 <p>Структура предложений, разделители предложений (!?), пробел, подразделы, разделы и главы не учитываются !!</p> <p>Коэффициент эмерджентности Хартли : 1.5849625007212 Коэффициент эмерджентности Шеннона : 3.0566416671474</p> <p>Исследование текста, как системы, завершено успешно !!!</p>
3	Октаэдр (Octahedron) H=1.84 S=3.55		6	12	8	 <p>Измерение уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона</p> <p>Количество базовых элементов и подсистем текста: [OCTAHEDRON.TXT], как системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - символов : 6 - слов : 12 - предложений : 8 - абзацев : 1 <p>Структура предложений, разделители предложений (!?), пробел, подразделы, разделы и главы не учитываются !!</p> <p>Коэффициент эмерджентности Хартли : 1.8394415782964 Коэффициент эмерджентности Шеннона : 3.5474112289383</p> <p>Исследование текста, как системы, завершено успешно !!!</p>
4	Икосаэдр (Icosahedron) H=1.67 S=3.57		12	30	20	 <p>Измерение уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона</p> <p>Количество базовых элементов и подсистем текста: [ICOSAHEDRON.TXT], как системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - символов : 12 - слов : 30 - предложений : 20 - абзацев : 1 <p>Структура предложений, разделители предложений (!?), пробел, подразделы, разделы и главы не учитываются !!</p> <p>Коэффициент эмерджентности Хартли : 1.6673200688424 Коэффициент эмерджентности Шеннона : 3.5743138704071</p> <p>Исследование текста, как системы, завершено успешно !!!</p>
5	Додекаэдр (Dodecahedron) H=1.38 S=2.96		20	30	12	 <p>Измерение уровня системности текста с помощью коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона</p> <p>Количество базовых элементов и подсистем текста: [DODECAHEDRON.TXT], как системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - символов : 20 - слов : 30 - предложений : 12 - абзацев : 1 <p>Структура предложений, разделители предложений (!?), пробел, подразделы, разделы и главы не учитываются !!</p> <p>Коэффициент эмерджентности Хартли : 1.3830123482551 Коэффициент эмерджентности Шеннона : 2.9648297958435</p> <p>Исследование текста, как системы, завершено успешно !!!</p>

Подобные текстовые модели были сформированы для всех тел Платона и по ним были проведены расчеты коэффициентов эмерджентности Хартли и Шеннона, которые приведены в таблице 13:

Таблица 14 – ТЕКСТОВЫЕ МОДЕЛИ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ТЕЛ ПЛАТОНА И ИХ УРОВЕНЬ СИСТЕМНОСТИ (коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона)

№	Наименование	Вид	Текстовая модель	Коэффициенты эмерджентности	
				Хартли (H)	Шеннона (S)
1	<u>Тетраэдр</u> (Tetrahedron) H=1.95 S=3.29		Ab ac bc. Ab ad bd. Ac ad cd. Bc bd cd.	1,95	3,29
2	<u>Куб</u> (Hexahedron) H=1.58 S=3.06		Ab bc cg ga. Cd de eg gc. Hd de ef fh. Ab bh hf fa. Bc cd dh hb. Ag ge ef fa.	1,58	3,06
3	<u>Октаэдр</u> (Octahedron) H=1.84 S=3.55		Ab bf fa. Bc cf fb. Ce eb bc. Ab be ea. Af fd da. Fc cd df. Ec cd de. Ae ed da.	1,84	3,55
4	<u>Икосаэдр</u> (Icosahedron) H=1.67 S=3.57		Ab bj ja. Bc cj jb. Al lf fa. Aj jl la. Jk kl lj. Jc ck kj. Cd dk kc. Fl le ef. Lk ke el. Kd de ek. Ab bg ga. Gb bh hg. Bc ch hb. Ag gf fa. Gi if fg. Gh hi ig. Hd di ih. Hc cd dh. Fi ie ef. Id de ei.	1,67	3,57
5	<u>Додекаэдр</u> (Dodecahedron) H=1.38 S=2.96		Ab bc cq qp pa. Cd de er rq qc. Ef fg gs sr re. Sg gh hi it ts. Ap pt ti ij ja. Pq qr rs st tp. Ab bl lk kj ja. Bc cd dm ml lb. De ef fn nm md. Fg gh ho on nf. Jk ko oh hi ij jk. Lm mn no ok kl.	1,38	2,96

В графической форме коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона для тел Платона представлены на рисунке 16:

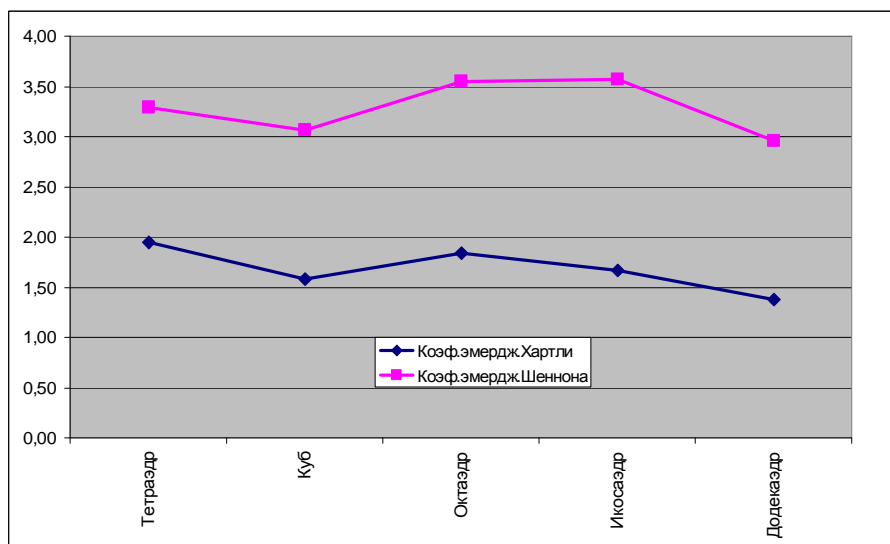


Рисунок 16. Коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона для тел Платона

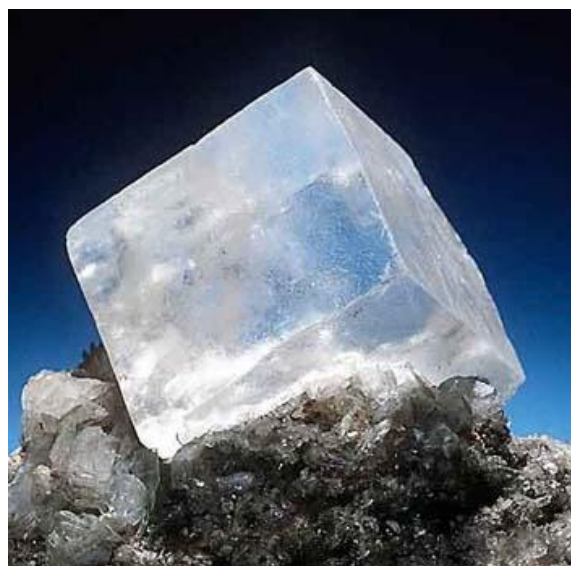
Из рисунка 16 видно, что:

- коэффициенты эмерджентности Хартли и Шеннона дают сходную оценку уровня системности всех тел Платона, кроме икосаэдра;
- самый высокий уровень системности наблюдается у октаэдра;
- самый низкий уровень системности наблюдается у куба и еще у додекаэдра.

Поэтому, может быть не случайно, что алмаз, кристаллическая решетка и кристаллы которого имеют форму октаэдра, является одним из самых прочных и твердых минералов, а соль, кристалл кристаллическая решетка которой имеет форму куба, напротив, совершенно не отличается этими качествами (рисунок 17):



Алмаз в форме октаэдра²⁶: $H=1.84$; $S=3.55$



Соль в форме куба²⁷: $H=1.58$; $S=3.06$

Рисунок 17. Природные кристаллы алмаза и соли

²⁶ Источник: <http://www.minerals.net/Image/1/56/Diamond.aspx>

²⁷ Источник: <http://www.megabook.ru/DescriptionImage.asp?MID=450474>

Ясно, что текстовые модели отражают только топологию геометрических объектов, т.е. отражают связность и вхождение одних геометрических подсистем в другие, но не отражают их размеры (метрику).

Тем ни менее мы видим, что даже этого достаточно для оценки уровня системности, который определяется внутренней структурой системы и пропорционален ее устойчивости. В этой связи перспективным выглядит сопоставительное исследование уровня системности химических соединений и наноструктур.

Полученные в данной статье результаты согласуются с полученными в работе [5] на основе *другого независимого* подхода к обобщению классической теории информации, развиваемого В.Б.Вяткиным, что, по мнению автора, *взаимно повышает степень достоверности полученных в этих работах результатов*.

Следует также отметить, что сегодня Internet создает беспрецедентные, качественно новые никогда ранее не встречавшиеся в человеческой истории возможности для отображения реального мира в форме его вербальных и невербальных моделей. В этой связи возникает много вопросов, некоторые из которых обсуждаются в статьях [9, 12, 23]. Можно обоснованно утверждать, что появление, развитие и распространение современных информационных технологий, прежде всего мобильной связи и Internet, привели к *качественному повышению уровня системности человеческого общества, как целого* и к появлению у него ряда новых системных свойств, которых ранее не было. Эти свойства еще требуют своего изучения, но уже сейчас можно сказать, что грани между виртуальной и «обычной» реальностью размываются и стираются и виртуализация общества является одним из главных информационных аспектов глобализации.

Таким образом, в статье текст рассматривается как система, включающая вербальные и невербальные подсистемы различных уровней иерархии. Предложены системное обобщение классической меры Шеннона для количества информации в тексте и основанная на ней количественная мера уровня системности текста, названная «коэффициент эмерджентности Шеннона». Показана математическая взаимосвязь между полученным в 2002 году коэффициентами эмерджентности Хартли и предложенным коэффициентом эмерджентности Шеннона. Показано, что каждому объекту познания можно поставить в соответствие некий текст, отражающий его состав и структуру. Процесс познания с этой точки зрения рассматривается как процесс построения текстовых моделей объектов познания и процесс исследования этих моделей. Даны определение процедур шифрования и дешифрования, а также количественные меры их эффективности, основанные на количественных мерах системности текстов. С этих же позиций раскрыта взаимосвязь шифрования и дешифрования с архивированием и разархивированием. Предложена компьютерная программа для численного

измерения уровня системности конкретных текстов и моделируемых ими систем.

В перспективе представляет интерес исследование уровня системности химических соединений (веществ), структуры ДНК, математических формул, числовых систем и последовательностей (прогрессий), различных конструкций (механических, электронных, строительных), программных систем, баз данных и средств программирования, биологических систем, геометрических объектов, фрактальных систем, наноструктур, фигур Хладни²⁸, коллективов и организаций, а также других объектов в различных предметных областях. В частности можно предположить, что *предложенный в данной статье коэффициент эмерджентности Шеннона может оказаться полезным не только для интегральной количественной сопоставимой оценки уровня системности, но и сложности, и степени детерминированности²⁹ различных систем в соответствии с известным принципом Эшби³⁰ [6, 10, 11, 19, 23].*

Материалы статьи могут быть использованы при проведении лекционных и лабораторных занятий по дисциплинам: «Интеллектуальные информационные системы», «Концепции современного естествознания» и «Основы делопроизводства» для различных специальностей, а также для решения задач моделирования и познания в различных предметных областях.

Литература

1. Hartley R.V.L. Transmission of information. — Bell System Technical Journal - 7. — 1928. — С. 535-63. перевод: Хартли Р.В.Л. Передача информации. // Теория информации и ее приложения. — Физматгиз, 1959.
2. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. — 1948. — Т. 27. — С. 379—423, 623—656.
3. Шэннон К. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. — 830 с.
4. Седов Е., Кузнецов Д. В начале было Слово... / Е. А Седов, Д. В. Кузнецов.— СПб.: Издательство «Дашков и К0», 2004.— 209с.
5. Вяткин В.Б. Информационно-синергетический анализ электронных систем атомов химических элементов. Часть 1. Структурная организация электронных систем в плоскости подболочек / В.Б. Вяткин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2009. — №04(48). С. 24 – 44. — Шифр Информрегистра: 0420900012\0036. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/04/pdf/03.pdf>, 1,312 у.п.л.
6. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). — Краснодар: КубГАУ. 2002. — 605с³¹.

²⁸ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Фигуры%20Хладни>

²⁹ См.: например: [Владимир Лобуков](http://lobukov.ru/?p=193), Объектное управление и принцип эмерджентности. Internet-ресурс: <http://lobukov.ru/?p=193>

³⁰ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Эшби,%20Уильям>

³¹ Для удобства читателей ряд работ из списка приведен на сайте автора: <http://lc.kubagro.ru/>

7. Луценко Е.В. Существование, несуществование и изменение как эмерджентные свойства систем // Квантовая Магия. – 2008. – Т. 5. – Вып. 1. – С. 1215–1239 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html>

8. Луценко Е.В. Атрибуция текстов, как обобщенная задача идентификации и прогнозирования / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №02(2). С. 146 – 164. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/02/pdf/13.pdf>, 1,188 у.п.л.

9. Луценко Е.В. Виртуализация общества как основной информационный аспект глобализации / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №01(9). С. 6 – 43. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/01/pdf/02.pdf>, 2,375 у.п.л.

10. Луценко Е.В. Исследование влияния подсистем различных уровней иерархии на эмерджентные свойства системы в целом с применением АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос" (микроструктура системы как фактор управления ее макросвойствами) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(75). С. 638 – 680. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/52.pdf>, 2,688 у.п.л.

11. Луценко Е.В. Количественные меры возрастания эмерджентности в процессе эволюции систем (в рамках системной теории информации) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – №05(21). С. 355 – 374. – Шифр Информрегистра: 0420600012\0089. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/05/pdf/31.pdf>, 1,25 у.п.л.

12. Луценко Е.В. Критерии реальности и принцип эквивалентности виртуальной и "истинной" реальности / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №06(8). С. 70 – 88. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/06/pdf/10.pdf>, 1,188 у.п.л.

13. Луценко Е.В. Математическая сущность системной теории информации (СТИ) (Системное обобщение формулы Больцмана-Найквиста-Хартли, синтез семантической теории информации Харкевича и теории информации Шеннона) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №08(42). С. 76 – 103. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0114. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/08/pdf/04.pdf>, 1,75 у.п.л.

14. Луценко Е.В. Метод визуализации когнитивных функций – новый инструмент исследования эмпирических данных большой размерности / Е.В. Луценко, А.П. Трунев, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №03(67). С. 240 – 282. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>, 2,688 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(71). С. 528 – 576. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0253. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.

16. Луценко Е.В. Методологические аспекты выявления, представления и использования знаний в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. –

№06(70). С. 233 – 280. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0197. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 у.п.л.

17. Луценко Е.В. Неформальная постановка и обсуждение задач, возникающих при системном обобщении теории множеств на основе системной теории информации (Часть 1-я: задачи 1-3) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №03(37). С. 154 – 185. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/03/pdf/12.pdf>, 2 у.п.л.

18. Луценко Е.В. Неформальная постановка и обсуждение задач, возникающих при системном обобщении теории множеств на основе системной теории информации (Часть 2-я: задачи 4–9) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №04(38). С. 26 – 65. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0049. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/04/pdf/03.pdf>, 2,5 у.п.л.

19. Луценко Е.В. Обобщенный коэффициент эмерджентности Хартли как количественная мера синергетического эффекта объединения булеанов в системном обобщении теории множеств / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №02(66). С. 535 – 545. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/45.pdf>, 0,688 у.п.л.

20. Луценко Е.В. Применение СК-анализа и системы «Эйдос» для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(75). С. 681 – 714. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>, 2,125 у.п.л.

21. Луценко Е.В. Программная идея системного обобщения математики и ее применение для создания системной теории информации / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(36). С. 175 – 192. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/11.pdf>, 1,125 у.п.л.

22. Луценко Е.В. Реализация операции объединения систем в системном обобщении теории множеств (объединение булеанов) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №01(65). С. 354 – 391. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/29.pdf>, 2,375 у.п.л.

23. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(41). С. 117 – 193. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0091. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>, 4,812 у.п.л.

24. Бакурадзе Л.А. Математические модели, инструментарии и методики совершенствования оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК / Л.А. Бакурадзе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №04(58). С. 25 – 51. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0070. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/04/pdf/03.pdf>, 1,688 у.п.л.