

ISSN: 2219-8229

E-ISSN: 2224-0136

Founder: Academic Publishing House *Researcher*

DOI: 10.13187/issn.2219-8229

Has been issued since 2010.



European Researcher. International Multidisciplinary Journal

Engineering science

Технические науки

UDC 001.6: 001.8

Entropy in Corporate Information Systems

¹ Victor Y. Tsvetkov

² Natalya V. Azarenkova

¹ Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation MG TU MIREA, adviser, Russian Federation

Doctor of Technical Sciences, Doctor of Economics, Professor

E-mail: cvj2@mail.ru

² Moscow state technical University of radio engineering, electronics and automation, Russian Federation

PhD student

E-mail: azarka1@yandex.ru

Abstract. This paper describes the stages of entropy formation. It depicts the basic definitions of the corporate information systems. This paper describes the quality of entropy, the duration of the entropy in the corporate information system. The article also gives a paradigmatic description of the action of information entropy in time.

Keywords: information entropy; a corporate information system (CIS) system; destructiveness; dichotomous nature; heterogeneity; time.

Введение. Ситуации с неопределенностью являются распространенными при управлении разными кампаниями. Энтропия, как мера неопределенности информации, необходима для работы и управления на основе информационных систем и информационных технологий. С помощью энтропии можно оценить количество информационных управленческих воздействий, необходимых для выбора рационального решения. С помощью энтропии можно оценить меру неопределенности управленческих решений в конкретном бизнесе или в конкретном проекте. Это однозначно выводит на оценку риска и управление рисками. Чем больше неопределенность процесса, тем больше энтропия и, следовательно, сложнее выбор правильного решения. Это обуславливает актуальность оценки энтропии в корпоративных информационных системах как фактора управления.

Корпоративные информационные системы как объект управления. Современное понятие корпоративной информационной системы (КИС) является полисемическим. Это дает основание провести лингвистический анализ данного понятия. Рассмотрим некоторые определения приведенные в [1, 2, 3, 4]:

- КИС – это совокупность специализированного программного обеспечения и вычислительной аппаратной платформы, на которой установлено и настроено программное обеспечение;

- КИС – это управленческая идеология, объединяющая бизнес-стратегию предприятия (с выстроенной для её реализации структурой) и передовые информационные технологии;
- КИС – это такая информационная система, которая охватывает основной бизнес компании с целью предоставления оперативной информации для принятия решений;
- КИС – это вся инфраструктура предприятия, задействованная в процессе управления всеми информационно-документальными потоками, включающая в себя следующие обязательные элементы: информационная модель, регламент её развития и правила внесения в неё изменений, кадровые ресурсы, программный комплекс, регламент внесения изменений в его конфигурацию, соответствующая аппаратно-техническая база, руководства пользователей, регламент их обучения и сертификации.

Корпоративная информационная система в широком смысле – это информационная система, предназначенная для управления и объединяющая бизнес-стратегию предприятия с информационными технологиями. Основную роль при этом играет информационное управление [5, 6] предприятием

Корпоративная информационная система в узком смысле – это совокупность специализированного программного обеспечения и вычислительной аппаратной платформы, на которой установлено и настроено программное обеспечение.

Компьютерная инфраструктура предприятия [1] представляет собой совокупность сетевой, телекоммуникационной, программной, информационной и организационной инфраструктур. Данная составляющая обычно называется корпоративной сетью и отражает системно-техническую, структурную сторону любой информационной системы, являясь основой для интеграции функциональных подсистем. В этой сети фактор неопределенности играет существенную роль, что обуславливает применение энтропии для его анализа.

Энтропия как фактор развития. «Энтропия (от греч. entropia — поворот, превращение), понятие, впервые введённое в термодинамике для определения меры необратимого рассеяния энергии. Энтропия широко применяется и в других областях науки [7, 8, 9, 10, 11]: в статистической физике как мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния; в теории информации как мера неопределённости какого-либо опыта (испытания), которое может иметь разные исходы».

В утилитарном понятии энтропию связывают с неопределенностью. В широком смысле слова энтропия является фактором развития. Открытые системы, в которых наблюдается прирост энтропии, называют диссипативными. Поэтому энтропия тесно связана с диссипативными системами [12].

Диссипативная система (или диссипативная структура, от лат *dissipatio* — «рассеиваю, разрушаю») — это открытая система, которая оперирует вдали от термодинамического равновесия. Иными словами, это система, возникающая в неравновесной среде при условии диссипации (рассеивания) энергии, которая поступает извне. Диссипативная система иногда называется ещё стационарной открытой системой или неравновесной открытой системой

В диссипативных системах энергия упорядоченного движения переходит в энергию неупорядоченного хаотического движения, в тепло. Замкнутая система (гамильтонова система), выведенная из состояния равновесия, всегда стремится вновь придти к максимуму энтропии.

В открытой системе отток энтропии может уравновесить ее рост в самой системе и есть вероятность возникновения стационарного состояния. Если же отток энтропии превысит ее внутренний рост, то возникают и разрастаются до макроскопического уровня крупномасштабные флуктуации, а при определенных условиях в системе начинают происходить *самоорганизационные* процессы создания упорядоченных структур.

Открытые системы [9] можно описать системой дифференциальных уравнений. Решение этих уравнений как движения некоторой точки в пространстве с размерностью, равной числу переменных называют фазовыми траекториями системы. Анализ фазовой траектории в аспекте устойчивости показывает, что существует несколько основных типов решения. В этих случаях все решения системы в конечном счете сосредотачиваются на некотором подмножестве. Такое подмножество называется аттрактором. Аттрактор имеет область притяжения, множество начальных точек, таких, что при увеличении времени все

фазовые траектории, начавшиеся в них. Так мы приходим к синергетике и к развитию. Следовательно в широком смысле энтропия является фактором развития [13].

Эволюция энтропии и ее интерпретации. Рассмотрим этапы формирования энтропии [14]

1865 - *Рудольф Юлиус Клаузиус*. В рамках теории тепловых машин введено представление об энтропии, как о термодинамической величине. Энтропия S задана динамическим уравнением через скорость изменения тепловой энергии Q и абсолютную температуру T .

$$d_i S = d_i Q / T \quad (1)$$

1872 - *Людвиг Больцман*. Энтропия вводится как мера множества W микросостояний термодинамической системы с помощью специальной константы $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ Дж/гр.К}$.

$$H = k \log |W| \quad (2)$$

1902 - *Джозойя Виллард Гиббс*. Энтропия вводится через распределение плотности $r(x)$ вероятности состояний по фазовому пространству W статфизической системы.

$$H = m_{wr} \int r(x) \log r(x) dx \quad (3)$$

1948 - *Клод Эвуд Шеннон*. Вводится мера энтропии H дискретного распределения вероятности P_i на множестве альтернативных состояний и информация I , как уменьшение энтропии при получении сообщения.

$$H = - \sum_{i=1}^N P_i \log P_i \quad (4)$$

$$I = H_1 - H_2;$$

1953 - *Александр Яковлевич Хинчин*. Постоянная Больцмана вводится как математическая нормировка основания логарифмов, независимо от термодинамической интерпретации.

$$S = -k \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i \quad (5)$$

1955 - *Артур Роберт Мак*. Комбинаторная интерпретация энтропии, как меры структурированного множества альтернатив:

$$S = -k \sum_{i=1}^m \binom{n}{n_i} \ln \left(\frac{n_i}{n} \right) \quad (6)$$

1965 - *Андрей Николаевич Колмогоров*. Обобщение понятия энтропии на эргодические случайные процессы $u(t)$ через предельное распределение вероятности, имеющие плотность $f(x)$.

$$S \sim - \sum_i P_i \ln P_i \quad (7)$$

Где $\{P_i\}$ – вероятности для системы оказаться в состояниях $\{i\}$. S – есть мера незнания о системе.

Нарушив хронологию, рассмотрим идеи Харгли поскольку они имеют существенную значимость в наших рассуждениях.

1920 - *Ральф Вinton Лайон Харгли*. По выражению классика Харгли предпринял попытку «жар страсти хладом цифр измерить». Его концепция [15] состояла в том, что понятия неопределённости и вероятности взаимно обратимы. Выбор одного или нескольких вариантов из множества уменьшает неопределенность. Харгли предложил считать количество информации, приходящееся на одно сообщение, равным логарифму общего числа возможных сообщений:

Пусть некоторое событие имеет m равновероятных исходов. Таким событием может быть, например, появление любого символа из алфавита, содержащего m таких символов. Количество информации, которое может быть передано при помощи такого алфавита можно измерить, определив число N возможных сообщений, которые могут быть переданы при помощи этого алфавита. Если сообщение содержит n символов (n - длина сообщения), то $N=mn$. Для того, чтобы удовлетворить естественным требованиям равенства информации нулю при $m=1$ и чтобы количество информации, получаемое от двух независимых источников было равно сумме "информаций", Харгли предложил считать количество информации, приходящееся на одно сообщение, равным логарифму общего числа возможных сообщений:

$$I(N) = \log N \quad (8)$$

Существует физическая энтропия, которую разделяют на термодинамическую, статистическую и энергетическую. Так же, выделяют информационную энтропию. Под информационной энтропией понимают меру хаотичности информации или меру внутренней неупорядоченности информационной системы. Подчеркнем, что под информационной системой в работах Харгли и Шеннона понимают не систему обработки информации, а систему информации, описывающую состояние некой реальной физической системы.

Энтропия как фактор управления. Энтропия увеличивается при хаотичном распределении информационных ресурсов и уменьшается при их упорядочивании. Данные об информационной энтропии необходимы для повышения надежности передачи сигналов. Именно на неё ориентируются при задании избыточности информации, передаваемой по линии связи.

Отметим, что избыточность – это определение из теории информации, обозначающее превышение количества информации, используемой для передачи или хранения сообщения, над его информационной энтропией. Для уменьшения избыточности применяется сжатие данных без потерь. В то же время контрольная сумма применяется для внесения дополнительной избыточности в поток, что позволяет производить исправление ошибок при передаче информации по каналам, вносящим искажения (беспроводная передача, спутниковая трансляция и т.д.). Рассмотрим качества информационной энтропии.

При реальных (не идеальных) процессах энтропия замкнутой системы возрастает. (Вторая часть второго начала термодинамики). (А. Зоммерфельд).

Если говорить об информационной энтропии, то необходимо учитывать возможности аппаратной и программной части системы, в которой рассматривается энтропия. Т.е. при больших мощностях аппаратной и программной платформы, энтропия снижается.

Энтропия условна. Поясним: Условной энтропией $H(\beta/\alpha)$ опыта β относительно опыта α называется математическое ожидание условной энтропии опыта β относительно всех исходов опыта α :

$$H\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = \sum_i P(A_i) H\left(\frac{\beta}{A_i}\right) \quad (9)$$

Условную энтропию $H(\beta/\alpha)$ предлагается находить по графу, приведенному на рис. 1.

При увеличении неэнтропии, уменьшается энтропия и наоборот, при уменьшении неэнтропии, увеличивается энтропия. Информационная энтропия является деструктивной, поскольку само наличие энтропии в системе является предпосылкой к разрушению системы. В отличие от энтропии физических систем, информационная энтропия возникает, или «исчезает» в определенное время.

Если же информационная хаотичность превышает порог 60% в системе, то энтропия разрушает систему. Например: произошёл сбой непрерывной работы сервера в корпоративной информационной системе. Для его включения, необходима перезагрузка. Отметим тайминг: начало включения сервера (или процессора) – t_0 , его перезагрузка – t_1 . Предположим, что энтропия начала расти не сразу, а спустя какое-то время t_1 . Тогда получим:

$$t_{\text{действия Н}} = t_{\text{критическое}} - t_1 \quad (10)$$

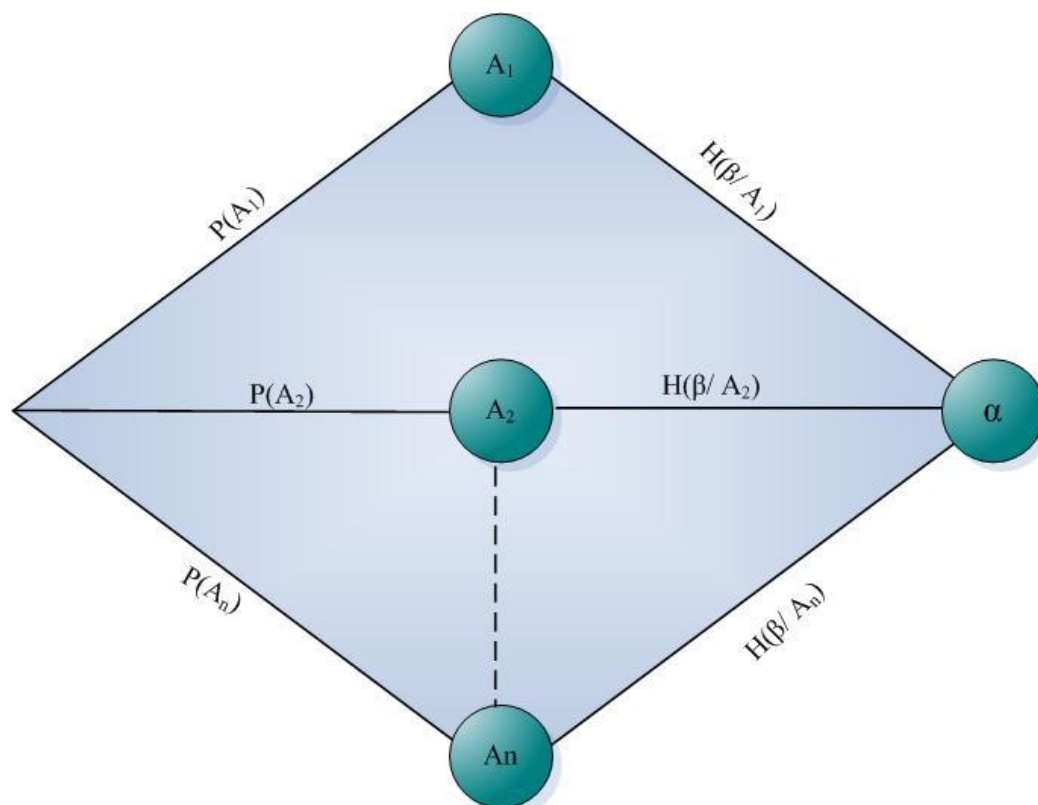


Рис. 1. Графусловной энтропии [16]

То есть информационная энтропия обладает качеством деструктивности в определённый промежуток времени.

Необходимо отметить неоднородность энтропии, поскольку речь идет о мере неопределенности какого-либо опыта, который может иметь разные исходы. Однако, это утверждение справедливо только для одной энтропии, которая возникает в результате роста неопределённости различных информационных процессов.

Исходя из вышеперечисленных данных, можно предположить, что информационная энтропия дихотомична, т.е. разделена на две противоположные части. В нашем случае на энтропию и неэнтропию. Связь между этими двумя факторами налицо: при росте неэнтропии, уменьшается энтропия и наоборот. Исходя из этого, рассмотрим признаки системности [17]:

- 1) структурированность (возможность выделить части);
- 2) взаимосвязанность;
- 3) целенаправленность (без цели система не существует).

Соответственно, энтропия и неэнтропия делит систему вообще и КИС в частности на две части. При увеличении одной части – уменьшается другая, и наоборот. Целенаправленность у любой КИС обозначена в рамках коммерческих, информационных или иных интересах предприятия или организации. Выявление системных признаков энтропии в КИС и оценка их сложности [18] позволяет произвести дихотомический анализ [19].

Дихотомический анализ в узком смысле сводится к использованию оппозиционных переменных [20] и оппозиционному анализу [21]. Он позволяет проводить деление по дихотомическим признакам, например «простой, сложный». Объект исследования (в нашем случае КИС) подвергается анализу и делению по выбранным признакам (рис.2).

Если выделенная часть « P_1 » простая, она не подвергается дальнейшему делению. Часть «Не P_1 » подвергается дальнейшему анализу. В результате анализа выделяется часть P_2 . Если выясняется, что часть « P_2 » является составной, она подвергается дополнительному анализу. Дополнительный анализ (показан пунктирной линией) выявляет наличие составляющих частей P_{21} и P_{22} .

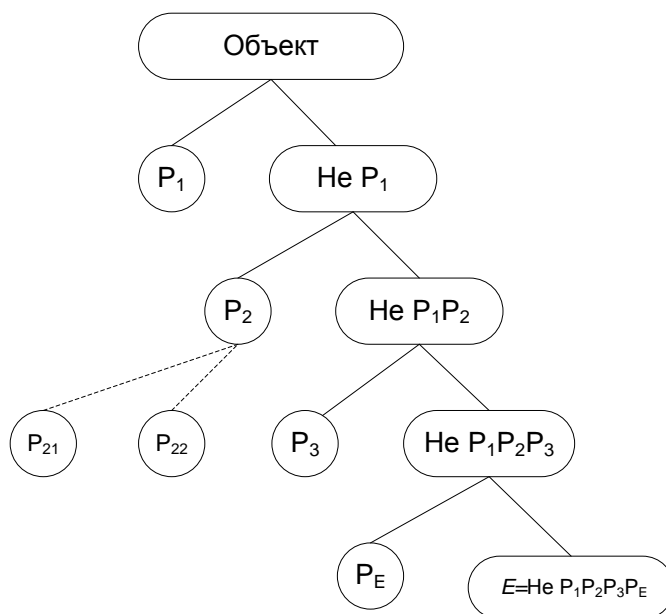


Рис. 2. Дихотомический процесс деления объекта

Пунктирная линия показывает возможность такого процесса и его необязательность. В результате анализа на этом этапе остается часть (не P_1 и P_2). Она подвергается дальнейшему дихотомическому анализу. На заключительном этапе выделяется последнее свойство P_E и некий остаток «Е». Этим остатком пренебрегают в силу несущественного влияния его на свойства объекта.

На примере дихотомического деления можно отметить определенный парадокс. Чем тщательнее мы производим деление объекта, тем полнее в итоге мы создаем его модель и модель картины мира [22]. Точно также. Чем тщательнее мы выявляем фактор энтропии как неопределенности [23], тем больше наши возможности по ее устранению и управлению рисками.

Выявление времени действия энтропии в информационной системе повышает эффективность управления [6] и КПД всей системы.

Выводы. Энтропия в корпоративных информационных системах является объективным фактором. Выявление и управление энтропией позволяет контролировать управляемость и надежность корпоративной информационной системы, от работы которой зависит рост и развитие организации или предприятия. В аспекте компьютерного обеспечения выявление энтропии позволяет ликвидировать «семантический разрыв» [24]. Показано, что энтропия обладает неоднородным качеством, поскольку в информационных системах могут быть различные процессы, приводящие к росту энтропии. Дихотомический анализ позволяет детализировать системы и уточнять особенности их состояния. Достоинством дихотомического анализа является возможность задания четкой границы между «системой» и «не системой», а также между «свойством» и «не свойством». Системный дихотомический анализ дает возможность оценить свойства системы на основе дерева разбора и оценить уровень этой сложности и определить состояние системы влияющие на энтропию.

Примечания:

1. Петрова В.А. Корпоративные информационные системы. Екатеринбург, 2009. 64 с.
2. Петрова И. Ю., Ветрова А. А., Киселев А. А. Корпоративные информационные системы. Астрахань: Астрах. ун-т, 2005.
3. Корпоративная информационная система. <http://inrecolan.ru/blog/viewpost/346> (Дата доступа 15.03.2014).
4. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика: Учебно-методическое пособие: В 2-х частях: / Под общ. ред. А.Н. Тихонова М.: МАКС Пресс. 2008.
5. Цветков В.Я. Информационное управление. - LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012 201 с

6. Поляков А.А., Цветков В. Я. Информационные технологии в управлении. - М.: МГУ факультет государственного управления, 2007. 138 с.
7. Пригожин И., Данилов Ю.А. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. Наука, 1985. С. 16.
8. Левич А.П. Энтропия как мера структурированности сложных систем //Труды семинара. Время, хаос и математические проблемы. 2000. №. 2. С. 163-176.
9. Климонтович Ю.Л. Энтропия и информация открытых систем //Успехи физических наук. 1999. Т. 169. №. 4. С. 443-452.
10. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Основы теории информации М., 2007. 356 с.
11. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами М.: Наука, 2003. 428 с.
12. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. М.: Мир, 1990. 343 с.
13. Соловьев И.В., Цветков В.Я. О содержании и взаимосвязях категорий «информация», «информационные ресурсы», «знания» // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. №6 (48) с. 11-21.
14. Этапы формирования энтропии <http://profbeckman.narod.ru/InformLec.files/Info8.pdf> (Дата доступа 16.03.2014).
15. Аддитивная мера информации по Харггли <http://peredacha-informacii.ru/additivnaja-mera-informacii-hartli.html> (Дата доступа 18.03.2014).
16. Условная энтропия. <http://cito-web.yspu.org/linki/metod/theory/node29.html> (Дата доступа 18.03.2014).
17. Соловьёв И.В. Сложная организационно-техническая система как инструмент исследования искусственных антропогенных систем // Дистанционное и виртуальное обучение. №1. 2014. с.5-23.
18. V. Ya. Tsvetkov. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), № 1, p.64-69.
19. Цветков В.Я. Дихотомический анализ сложности системы // Перспективы науки и образования-2014. №2. с 44-50.
20. Цветков В.Я. Использование оппозиционных переменных для анализа качества образовательных услуг // Современные наукоёмкие технологии. 2008. №.1 с.62-64.
21. V. Y. Tsvetkov Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. 2014. 30 (11). p 1703-1706.
22. V. Y. Tsvetkov Worldview Model as the Result of Education // World Applied Sciences Journal. 2014. 31 (2). p 211-215.
23. Энтропия, как мера неопределенности <http://cito-web.yspu.org/linki/metod/theory/node28.html> (Дата доступа 18.03.2014).
24. V. Y. Tsvetkov. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher, 2013, Vol.(45), № 4-1, p.782-786.

УДК 001.6: 001.8

Энтропия в корпоративных информационных системах

¹ Виктор Яковлевич Цветков

² Наталья Викторовна Азаренкова

¹⁻² Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики МГТУ МИРЭА, советник

¹ Доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор

E-mail: cvj2@mail.ru

² Аспирант

E-mail: azarka1@yandex.ru

Аннотация. Статья описывает этапы формирования энтропии. Описаны основные определения корпоративных информационных систем. В работе описаны качества энтропии. Описывается время действия энтропии в корпоративной информационной системе. Дается парадигматическое описание действия информационной энтропии во времени.

Ключевые слова: информационная энтропия; корпоративная информационная система (КИС); система; деструктивность; дихотомичность; неоднородность; время.