

МОДЕЛЬ ЦЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Е. Н. Десятирикова*, В. Е. Белоусов**

* Воронежский государственный университет

** Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Поступила в редакцию 06.10.2012 г.

Аннотация: Предложена структура информационной технологии управления экономической системой. Разработана динамическая модель ценности информации в системе управления экономической системой.

Ключевые слова: информационная технология управления, принцип информационной ценности, ценность информации.

Annotation. The structure of information technology management of the economic system. Developed a dynamic model of the value of information in the management of the economic system

Keywords: information technology management, the principle of information value, the value of information.

Создание целостной концепции информационной технологии управления экономическими системами требует комплексного использования достижений современной научной мысли в таких областях, как системология и системный анализ; теория управления, стратегическое и ситуационное планирование; методология моделирования, и формализации больших дискретных и непрерывных систем, материалистическая диалектика.

Синтез этой новой теории многопланов и возможен при решении многих частных задач (см. рис.1). Среди них – проблема осознания и моделирования экономических систем различных рангов сложности с информационных позиций (в т.ч. посредством единого языка описания). Решение этой задачи позволит выработать методологию описания, инвариантную к условиям и объектам применения. Проблему соотношения в экономических системах материальных структурных компонентов также необходимо решить посредством информационного взаимодействия [1]. Разработка теории управления сложными экономическими системами с позиций преобразования и переработки информации, в т.ч. интеллектуальной (семантической), позволит, кроме прочего, решить проблемы управления в системах с гомеостатическим компонентом – системах с осознанным противостоянием целей и

задач. Последнее в полной мере определяет место человека как важнейшего элемента в системе управления сложными большими экономическими системами.

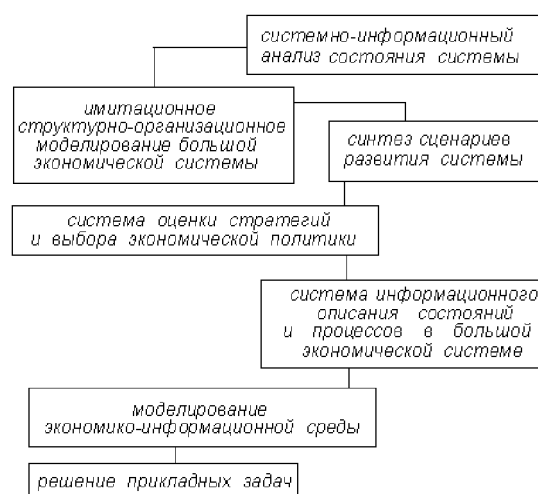


Рис. 1. Структура информационной технологии управления экономической системой

На настоящем этапе формирования системных информационных воззрений на проблемы управления еще нет четкой определенности в ряде понятий, не все задачи осознаны и сформулированы, нет единодушия в найденных методах решения. Однако, имеющиеся в таком виде теоретические разработки не должны носить дискуссионный характер, а по возможности, должны быть ориентированы на применение

в реальных структурах управления экономическими системами.

Примером практического приложения основ теории информации к прикладным задачам управления является классификация видов проявления информации в экономической системе (см. рис.2 [2]), а также выделение совокупности информационных мер описания этих видов [3].

Показатель глубины обработки информации характеризует степень использования информации, полученной системой управления (СУ) и задействованной ею в процессе управления. Для выявления этого показателя разработаем модель ценности информации в экономической системе.

Проявление информации в СУ наблюдается в нескольких формах, каждая из которых имеет свое количественное выражение [4], но все они должны удовлетворять следующим требованиям:

– адекватно отображать качественный состав информационного потока;

– соответствовать специфике управляемого процесса, определяющей конкретный вид технологического процесса переработки информации системой управления;

– быть практически эффективными, т.е. вычисляемыми алгоритмически или регулярно определяемыми;

– асимптотически согласовываться с другими мерами информации, определяя совокупный информационный ресурс СУ;

– допускать понятийную интерпретацию состава информации.

Для достижения целей управления важно, чтобы в СУ стекалась только необходимая (ценная) информация и чтобы ее было достаточно. Это означает, что для эффективного управления распределенной большой экономической системой (БЭС), прежде всего, должна быть экономически эффективной информационная подсистема БЭС. Оценка эффективности информационных потоков в системе должна быть проведена с использованием соответствующих показателей ценности информации. Поэтому в

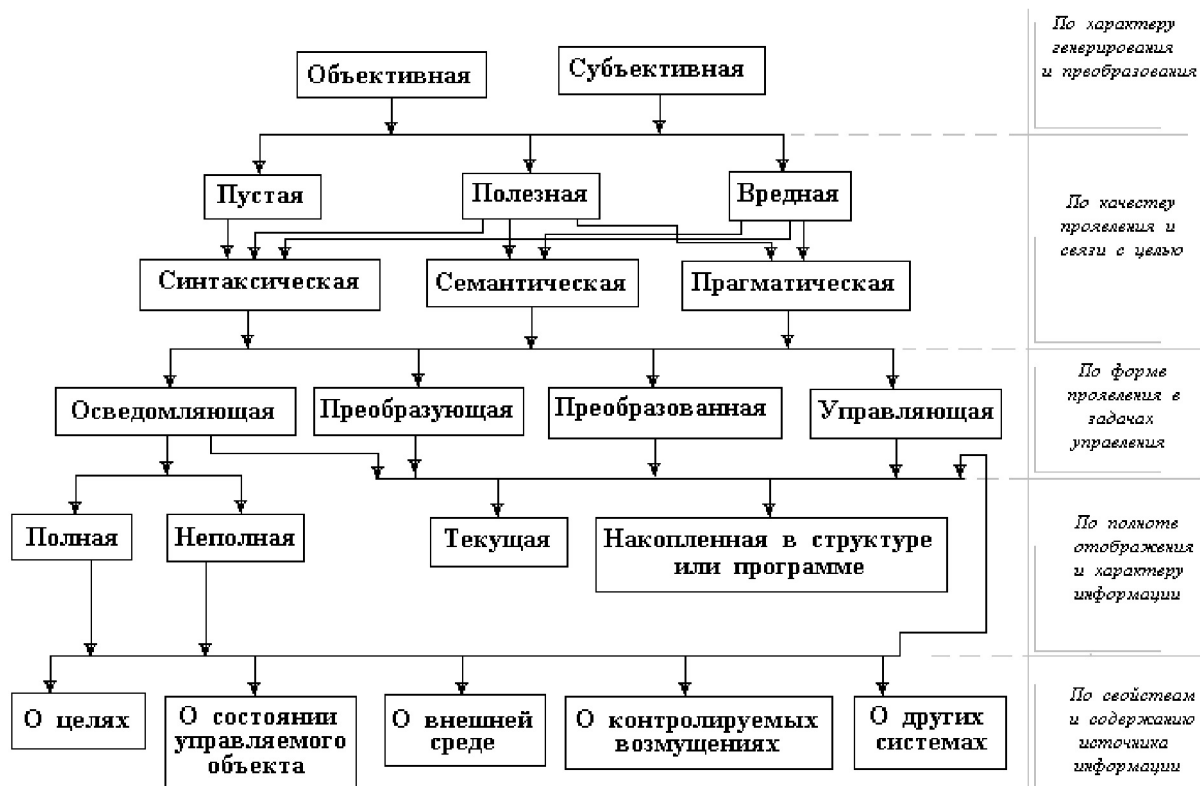


Рис. 2. Классификация видов проявления информации в большой экономической системе [2]

процессе управления большой экономической системой на первый план выступают смысловые (семантические) и ценностные характеристики информации.

Рациональное применение информационных мер в СУ должно обеспечивать эффективную переработку информационного ресурса в СУ согласно принципу информационной ценности [2]. Другими словами, информационный ресурс I_{Σ} (вся информация на входе СУ) следует использовать оптимальным образом и только для переработки наиболее ценной (качественной) информации I_o , на основе которой действительно возможна выработка оптимальных (при заданных ограничениях на количество информации) управляющих решений, ведущих к достижению целей управления.

Понятие ценности информации было введено Р.Л.Стратоновичем [5] и трактуется как максимальная польза, которую данное количество информации (совокупный информационный ресурс СУ) способно принести в деле обеспечения оптимального управления системой (критерии которого задаются системе управления или определяются ЛППР)

$$V(t) = \frac{U[I_{\text{пот}}(t)]}{U[I_o(t)]},$$

где $U[I_{\text{пот}}(t)]$ – текущее управление, реализуемое в системе, и $U[I_o(t)]$ – оптимальное управление. Здесь, в соответствии с определением, $I_{\text{пот}}(t)$ – потребляемая в СУ часть поступающего из объекта на вход СУ полезного, с точки зрения достижения цели управления, информационного потока $I_o(t)$.

Принцип информационной ценности позволяет учесть затраты информационного ресурса при определении эффективности функционирования СУ. При этом в качестве меры информации выступает вероятностная мера целесообразности управления, предложенная А. А. Харкевичем [6]:

$$I = \ln \frac{p_1}{p_0},$$

где p_0, p_1 – вероятности достижения цели управления до и после получения информации, соответственно.

Полученная информация может быть пустой, т.е. не изменять вероятности достижения цели, и в этом случае ее мера ценности равна нулю. В других случаях полученная информация может изменять положение дела в худшую

сторону, т.е. уменьшать вероятность достижения цели, и тогда она будет дезинформацией.

При построении системы передачи максимально ценной информации в качестве аргумента будем рассматривать шенноновское количество информации I_{xy} [7], т.к. именно оно равно разности $H_x - H_{x|y}$ энтропии системы до сообщения и после сообщения информации. Здесь, по [5] (стр. 186): I_{xy} – «взаимная (парная) информация связи случайных величин x и y , интерпретируемая как количество информации об x , содержащееся в y . . . H_x – количество априорной неопределенности, $H_{x|y}$ – среднее количество апостериорной неопределенности при наблюдении величины y ».

В прикладной теории информации, интерпретируемой как теория передачи сигналов, аналогом энергии является функция штрафов, а аналогом средней энергии является риск. В среде таких переменных известны математические соотношения (адекватные для термодинамических потенциалов). Будем называть управление u оптимальным, если некоторая функция штрафов (или риск) $R(I)$ принимает минимальное значение, равное нулю. Сама функция штрафов $R(I)$ характеризует отклонение выходного сигнала СУ от оптимального управления u ([5], стр. 308):

$$R(I) = \int c(x, u) \cdot P(du(x)) \cdot P(dx),$$

где x – случайная величина на выходе подсистемы восприятия осведомляющей (отчетной и целеустановочной) информации, описываемая распределением $P(dx)$; $c(x, u)$ – измеримая функция штрафов. Теории ценности информации свойственна естественная симметрия относительно замены операций минимизации и максимизации, что соответствует замене знака у функции $c(x, u)$; тогда $c(x, u)$ интерпретируется как поощрения (выигрыши) в управлении при получении дополнительной информации.

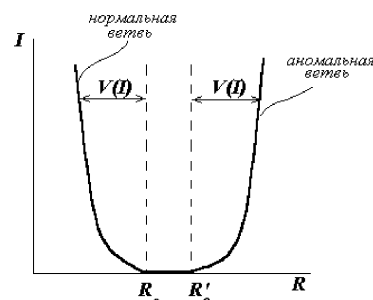


Рис. 3. Типичный ход зависимости $V(I)$ [5]

Функция штрафов $R(I)$ изображена на рис. 3 и равна нулю на некотором интервале $I_0 \leq I \leq I_0'$. Для нормальной ветви ($R(I) = R_+(I)$) ценность шенноновской информации определяется формулой:

$$V(I) = R_0 - R_+(I).$$

Для аномальной ветви ценность шенноновской информации:

$$V(I) = R_-(I) - R_0'$$

При таком определении ценность информации всегда является неотрицательной.

Рассмотрим динамическую модель ценности информации применительно к СУ сложными экономическими системами.

Ценность информации в СУ может как снижаться, так и возрастать с течением времени. Опишем процесс снижения ценности информации. Причины его очевидны. Это – либо обесценивание информации, содержащейся в осведомляющем потоке I_0 , по мере использования ее в СУ; либо старение информации вследствие задержек в каналах передачи I_0 к СУ. И в том и в другом случае имеет смысл говорить только о полезной для управления потребляемой информации $I_{\text{пот}}(t)$, отбираемой из всего потока входной информации I_0 и используемой в СУ при принятии решений.

Для наглядности и простоты при исследовании динамики процессов извлечения информации системой управления положим, что на вход СУ поступает установившийся поток осведомляющей информации I_0 ; информация потребляется системой управления, на входе которой осуществляет свою деятельность подсистема отбора из всей поступающей информации полезных для нужд процесса управления данных. Такая подсистема первичной обработки информации, по сути, представляет собой инерционное звено первого порядка с постоянной скоростью отбора информации из входного потока. Постоянная времени звена T подсистемы управления характеризует скорость протекания переходного процесса и определяется такими свойствами звена, как удельная скорость потребления полезной информации, информационная емкость, а также другими качествами, которые, в общем, могут быть специализированы как «квалификация» данной подсистемы по переработке информации. Уравнение состояния подсистемы первичной обработки информации:

$$T \frac{I_{\text{пот}}(t)}{dt} + I_{\text{пот}}(t) = I_0 \quad (1)$$

может быть экстраполировано на всю локальную СУ в целом с учетом закона сохранения информации в СУ. Далее будем считать, что (1) – это уравнение состояния СУ в отношении процесса извлечения информации из потока отчетности управляемой экономической системы. С учетом граничного условия:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} I_{\text{пот}}(t) = I_0$$

решением уравнения (1) является следующее выражение:

$$I_{\text{пот}}(t) = I_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

т.е. количество информации, потребляемой в СУ, экспоненциально возрастает со временем ее извлечения.

Полагая, что оптимальное управление объектом достигается при потреблении системой управления всей полезной входной информации I_0 , считаем, что максимальная ценность информации V_{max} соответствует именно этому количеству извлеченной информации. Далее, положим, что количество потребленной в СУ полезной входной информации линейно приближает текущее управление к оптимальному. Тогда можно говорить об экспоненциальном падении ценности информации (согласно количеству остающейся не потребленной еще системой управления части входной информации):

$$V(t) = V_{\text{max}} \cdot e^{-\frac{t}{T_{\text{ст}}}}$$

где V_{max} – максимальная ценность информации I_0 в смысле формирования системой управления оптимального управляющего воздействия на объект управления; $T_{\text{ст}}$ – постоянная времени старения информации. При $t = 3 T_{\text{ст}}$ можно говорить о полном устаревании информации: $\delta = V(t) - 0 \approx 5\%$.

Таким образом, на рис. 4 представлена динамика процессов старения полезной информации, отбираемой системой управления из информационного потока, осведомляющего о текущем состоянии экономической системы.

Опишем теперь процесс возрастания ценности информации. Такие процессы характерны для СУ, в которых ставятся задачи планирования, либо на вход СУ поступает информация о функционально связанных характеристиках

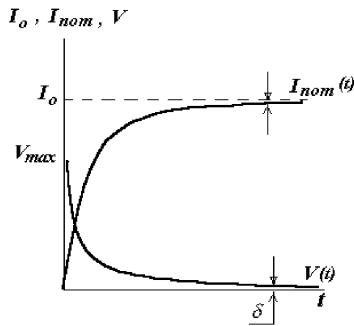


Рис. 4. Информационная модель старения информации в СУ

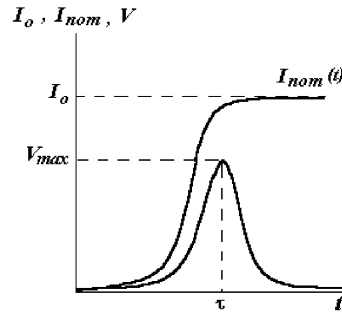


Рис. 5. Информационная модель временно-го повышения ценности информации в СУ

состояния объекта управления (ОУ). Последнее особенно актуально для сложных управляемых объектов, каковыми являются БЭС, представляющие собой многосвязные системы. Обсудим характер динамики ценности информации в этих условиях.

Положим теперь, что в систему управления поступает информационный поток полезной информации I_o , содержащий последовательным образом упорядоченные информационные экономически значимые показатели состояния управляемой системы. Пусть часть этих показателей функционально связана с показателями, сигналы о которых поступят на вход СУ в этом же информационном массиве, но позднее. Тогда естественно говорить о некотором возрастании ценности получаемой в СУ информации в начальный период отбора информации из потока. И лишь через некоторое время «связывания» всей разрозненной, но взаимозависимой информации t_{cb} , начинается процесс уменьшения ценности информации, получаемой от ОУ, по причинам, аналогичным для выше рассмотренной ситуации старения информации. Таким образом, можно аппроксимировать динамику увеличения ценности информации, поступающей в СУ из управляемой экономической системы, следующим образом:

$$V(t) = \begin{cases} V_{\max} \cdot (1 - e^{-t/\tau}); & 0 \leq t \leq \tau \\ V_{\max} \cdot e^{-t/\tau}; & t \geq \tau \end{cases}$$

здесь τ имеет смысл постоянной времени, характеризующей скорость «связывания» входной информации.

Процесс извлечения информации в такой ситуации представлен на рис. 5. Здесь, как и на рис. 4, $I_{\text{пот}}(t)$ – информация извлеченная из вход-

ного потока I_o и участвующая в выработке управляющего решения в системе управления. Точка перегиба кривой $I_{\text{пот}}(t)$ соответствует тому, что до определенного времени (время «связывания») отобранная из входного потока I_o информация до распознавания должна накапливаться в СУ, т.к. еще не до конца определены ее смысловые характеристики: в получаемой информации содержатся «ссылки» на данные (экономико-информационные показатели состояния экономической системы), еще не поступившие в СУ. Далее ход кривой $I_{\text{пот}}(t)$ аналогичен процессам извлечения информации в случае ее старения.

Можно выделить в отдельное рассмотрение и другую интерпретацию кривой $V(t)$ на рис. 5. Такой вид кривой ценности информации из потока I_o от ОУ характерен для СУ, в которых ставятся задачи ситуационного планирования. Существенную роль в этих СУ играет реализация функции предсказания, которая направлена в основном на компенсацию запаздывания информации, как в самой СУ, так и в каналах передачи информации от ОУ к СУ, а также при преобразовании управляющего решения исполнительным органом в управляющую информацию.

При информационном обеспечении оптимального управления иногда чрезвычайно важно предсказать – каким образом то решение, которое примет СУ, скажется на состоянии экономической системы. Ценность информации предсказания прямо связана с заблаговременностью самого предсказания. Предельной здесь является ситуация информационной инвариантности (в смысле топографии информационной сети), в которой период предсказания равняется суммарному запаздыванию при передаче информации и реализации управляющего воздействия в БЭС. Поэтому в СУ для повышения

ценности поступающей информации, повышения уровня управляемости процессами в БЭС необходимо сократить длительность передачи и первичной обработки информации. Соответствующие характеристики следует учитывать в задачах декомпозиции сложных экономических систем. Стоимостный критерий декомпозиции должен учитывать и показатель ценности информации с учетом времени задержки ее передачи в информационных каналах СУ.

Отдельной проблемой определения ценности информации являются задачи, связанные с предварительным определением достоверности сообщаемой в СУ информации. Такие ситуации характерны для СУ социально-экономическими системами с асимметричной информированностью участников организационной системы управления. В этих системах характерно наличие сознательного искажения, либо неполноты передачи информации участниками процесса управления. Соответствующие управляемые системы называют «информационно-децентрализованными» и изучаются теорией активных систем. Намеренное искажение ценности информации (как общесистемного ресурса СУ, потребляемого всеми подразделениями БЭС) дает возможность одному из участников процесса управления получить «сверхвыигрыш» при распределении определенного ресурса. Такое функционирование подразделения управляемой системы в [2] определено как «паразитирование». Дезинформация одной из управляемых экономических подсистем в иерархической большой экономической системе вызывает изменения глобальной целевой функции БЭС – во-первых, вследствие неверной оценки большой экономической системой своего действительно текущего состояния и, во-вторых, из-за сообщаемых некоторой экономической подсистемой вверх по иерархии ложных ограничений на

Десятирикова Елена Николаевна – доктор экономических наук, профессор кафедры информационных систем Воронежского государственного университета. Тел.: (473) 220-87-24. E-mail: science2000@ya.ru

Белоусов Вадим Евгеньевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Тел. (473) 271-59-18. E-mail: Vigasu@rambler.ru

свою частную целевую функцию. Поэтому руководящие подсистемы на высшей (по отношению к дезинформирующей подсистеме) ступени иерархии БЭС должны выбирать такой механизм функционирования, который бы обеспечивал управляемость этой подсистемой. Обеспечение достоверности сообщаемой информации в активных системах достигается введением системы штрафов на дезинформацию, и тогда процесс управления носит характер затухающих колебаний; либо ориентацией главной СУ на максимальные целевые функции управляемых подсистем, что ведет к крайне неэффективному с точки зрения ресурсозатратности управлению. Матрица штрафных санкций составляется, как правило, с привлечением системы экспертных оценок возможного ущерба при различной степени дезинформированности СУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Десятирикова Е. Н., Белоусов В. Е. Оптимальное планирование распределенных систем управления // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2011. – №2. – С. 26–32.
2. Горский Ю. М. Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 1988. – 327 с.
3. Основы теории и информационные технологии управления в простых и сложных системах: учебное пособие / Е. Н. Десятирикова, А. А. Сирота. – Воронеж: ВГУ. – 2007. – 229 с.
4. Ловцов Д. А. Информационные показатели эффективности функционирования АСУ сложными динамическими объектами / Д. А. Ловцов // Автоматика и телемеханика. – 1994. – №12. – С. 143–150.
5. Стратонович Р. Л. Теория информации. – М.: Сов. Радио. – 1975. – 424 с.
6. Харкевич А. А. Спектры и анализ. – М.-Л., Гос.изд. техн.-теорет. лит.- 1952. – 192 с.
7. Шеннон К. Математическая теория связи. 1948. – В кн: К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике; пер с англ. под ред Р. Л. Добрушина и О. Б. Лупанова. – М.: ИЛ. – 1963.

Desyatirikova Elena N. – doctor of economy Sciences, Professor of the dept. of the Information Systems, Voronezh State University, Tel.: (4732)208-724. E-mail: science2000@ya.ru

Belousov Vadim Ev. – Candidat of technical Sciences, head of Department of process automation, Voronezh State Architecture and Civil Engineering. Tel.: (473) 271-59-18. E-mail: Vigasu@rambler.ru