

Ю. В. Полищук, канд. техн. наук, доц., e-mail:youra_polishuk@bk.ru,
Оренбургский государственный университет

Взаимосвязь ценности и старения информации при управлении большими техническими системами*

Предложена модель взаимосвязи ценности и старения информации больших технических систем, которая основана на оценке снижения значения информационной энтропии в результате ее обработки. Представленная модель может применяться при формировании инженерных методик оценивания качества и эффективности функционирования систем информационного обеспечения поддержки принятия решений для больших технических систем.

Ключевые слова: информация, ценность информации, старение информации, обработка информации, управление большими техническими системами

Введение

Рост объема количества информации, необходимого для принятия управленческих решений, диктует необходимость учета влияния информации на эффективность данного процесса.

Известны различные подходы к учету взаимосвязи ценности и старения информации [1–3]. Наибольшее распространение получил подход, предложенный в работе [1], когда старение информации определяется через изменение ценности информации во времени.

В данном подходе взаимосвязь ценности и старения информации определена, но эти понятия не рассматриваются самостоятельно, что фактически нейтрализует их взаимосвязь.

Следующий подход базируется на том факте, что ценность и старение информации являются самостоятельными относительно друг друга характеристиками [2], т.е. противоречит первому, рассмотренному в работе [1], подходу. Стоит отметить, что данный подход не устанавливает связь между ценностью информации, определенной целью ее получения, и ее старением, определенным как отклонение уровня материального явления от своего первоначального базиса.

Третий подход к учету взаимосвязи ценности и старения информации формулируется на

основе следующих определений [3]. Ценность информации определяется в связи с целью, для которой она была получена, с учетом времени ее существования. Данный подход допускает нулевую ценность информации, обусловленную ее длительным неиспользованием, т.е. устареванием. Последнее не является актуальным в контексте управления большими техническими системами (БТС). Как отмечал в своих работах Б. Н. Петров: "энтропия характеризует неопределенность управления, т.е. его качество" [4], но даже устаревшая информация о БТС приносит минимальный вклад в снижение информационной энтропии, а это противоречит определениям третьего подхода.

Постановка задачи

Синтез управленческих решений для БТС реализует группа лиц, принимающих решения, (ГЛПР) на основе анализа информации о БТС. Присутствие ГЛПР в процессах управления БТС продиктовано ее масштабом, а также сложностью процесса управления. Последнее, в свою очередь, приводит к необходимости обработки большого количества информации, характеризующей состояние БТС, которая обладает различной ценностью для ГЛПР с позиции ее вклада в минимизацию информационной энтропии БТС.

Информация, характеризующая состояние БТС, поступает в виде импульсных информационных потоков (ИП). Информационные импульсы поступают через фиксированный интервал времени (шаг импульса ИП), который может

* Исследования, проведенные в настоящей работе, соответствуют направлениям Федеральной целевой программы "Информационное общество" (2011–2020)", утвержденной постановлением Правительства РФ от 20.10.2010 г. № 1815-р, и критическим технологиям РФ (технологии информационных, управляющих и навигационных систем), утвержденным Президентом РФ (Пр-899 от 7.07.2011 г.).

быть скорректирован по требованию ГЛПР или в связи с изменениями оперативной обстановки на БТС, например, при ремонтах и авариях.

В ИП поступают две основные категории параметров: статические и динамические. Статические параметры не меняются с течением времени, а динамические характеризуются "устареванием", что обусловлено зависимостью от времени. ГЛПР формирует функцию "устаревания" для каждого динамического параметра на основе информации о времени его существования.

Для примера рассмотрим диаграмму информационной энтропии установившегося процесса эксплуатации условной БТС (рис. 1, см. третью сторону обложки) [5].

Информация о состоянии условной БТС поступает в виде нескольких ИП, число которых равно $N_{ИП}$. В первом и последнем ИП, которые изображены в верхней части рис. 1, поступает информация о состоянии БТС в виде динамических параметров, обладающих различными функциями "устаревания" и дискретностью импульсов.

Таким образом, ИП вносят различный вклад в минимизацию информационной энтропии БТС, которая изображена на нижней части рис. 1. Остальные ИП передают информацию о значении статических параметров БТС, не изменяющихся во времени, т.е. снижающих информационную энтропию БТС на постоянную величину. На рис. 1 отмечен допустимый пороговый уровень информационной энтропии для системы, определенный ГЛПР. В тех случаях, когда информационная энтропия системы имеет значение ниже допустимого уровня энтропии, ГЛПР обладает достаточными знаниями о системе для принятия корректных управленческих решений. В тех случаях, когда значение информационной энтропии системы выше допустимого уровня энтропии, для принятия корректных управляющих решений ГЛПР требуется дополнительная информация о состоянии БТС.

Информационная энтропия БТС $H_{инф}$ определяется как логарифм отношения всех известных параметров к их теоретическому числу с учетом коэффициентов весомости со знаком минус [6]:

$$H_{инф} = -\log_2 \left(\frac{F_{ст}(Pa_{ст}, K_{ст}) + F_{дин}(Pa_{дин}, F_{уст}, K_{дин})}{F_{ст}(GPa_{ст}(T_{эксп}), K_{ст}) + F_{дин}(GPa_{дин}(T_{эксп}), F_{уст}, K_{дин})} \right), \quad (1)$$

где $F_{ст}$, $F_{дин}$ — функции, вычисляющие суммы произведений мощностей множеств соответственно статических и динамических (с учетом функции "устаревания") параметров на весовые коэффициенты;

$Pa_{ст}$, $Pa_{дин}$ — множества известных соответственно статических и динамических (с учетом их существования) параметров системы;

$F_{уст}$ — функция устаревания БТС;

$K_{ст}$, $K_{дин}$ — множества весовых коэффициентов, соответствующих статическим и динамическим параметрам;

$GPa_{ст}$, $GPa_{дин}$ — функции, генерирующие множества теоретически возможных соответственно статических и динамических параметров системы за указанный период;

$T_{эксп}$ — время эксплуатации системы.

Таким образом, перспективным направлением исследований является разработка модели взаимосвязи ценности и старения информации БТС, которая реализуется как оценка снижения значения информационной энтропии БТС в результате ее обработки.

Практическая реализация

Рассмотрим в качестве примера БТС коллекторно-лучевую систему сбора (КСС) продукции газоконденсатного месторождения. Данная разновидность систем сбора продукции применяется на Оренбургском газоконденсатном месторождении (ОГКМ) [7]. КСС представляет собой кустовую систему трубопроводов, подключенную к блоку входных нитей установки комплексной подготовки газа.

К статическим параметрам данной БТС относятся все конструктивные параметры скважин и трубопроводов из состава КСС, например, внутренние диаметры труб и т.д. Стоит отметить, что с учетом длительного периода эксплуатации месторождения перечисленные параметры известны не в полном объеме.

К динамическим параметрам КСС относятся различные давления, такие как пластовые, забойные и устьевые давления скважин, значения всех дебитов.

Для учета изменений ценности значений динамических параметров используем функцию "устаревания" следующего вида:

$$F_{уст} = \exp(-\sqrt{T}), \quad (2)$$

где T — число календарных месяцев с момента получения значения динамического параметра.

Таким образом, если значение динамического параметра получено в текущем месяце ($T = 0$), то функция "устаревания" для него $F_{уст} = 1$. Учет снижения ценности для динамических параметров БТС реализован путем умножения значения веса параметра на значение функции "устаревания".

Функция "устаревания" сформулирована на основе экспоненциальной зависимости от времени их существования не случайно. Она выбрана по аналогии с кривыми падения основных эксплуатационных показателей ОГКМ.

С учетом зависимостей (1) и (2) для КСС, по которой не известны все параметры, информационная энтропия равна "стартовой". У КСС, по которой известны все параметры, информационная энтропия имеет нулевое значение. Значение "стартовой" энтропии зависит числа параметров описания БТС с учетом их весомости.

Весовые коэффициенты, сформированные с учетом их значимости при моделировании КСС и трудоемкости их получения, представлены в таблице.

Применяя формулу вычисления информационной энтропии БТС (1), можно проследить динамику изменения ценности параметров $CH(T)$ КСС от времени, используя зависимость вида

$$CH(T) = H_{инф}^{без_пар} - H_{инф}, \quad (3)$$

где $H_{инф}$ — текущее значение информационной энтропии БТС; $H_{инф}^{без_пар}$ — значение информационной энтропии БТС без учета параметра в момент времени T (число календарных месяцев с момента получения значения динамического параметра).

Используя зависимость (3), выполним оценку изменения ценности информации о значениях дебитов газа, конденсата, воды и устьевого давления скважины в составе КСС в течение 50 ка-

Весовые коэффициенты

Вид параметра	Параметр	Весовой коэффициент
Статистический	Все конструктивные параметры КСС (кроме рельефа)	30
	Рельеф трубопровода	20
Динамический	Дебиты газа, конденсата, воды и устьевого давления скважины	1
	Пластовое давление скважины	10
	Забойное давление скважины	3

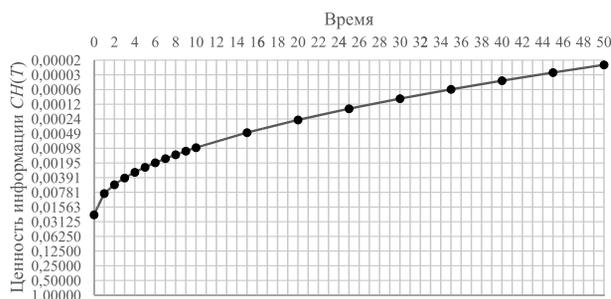


Рис. 2. Диаграмма изменения ценности $CH(T)$ параметра КСС

лендарных месяцев. Набор данных характеристик представлен одним параметром, так как информация об их значениях поступает к ГЛПР в виде единого документа. Результат оценки представлен на рис. 2.

Заключение

Предложенная в работе модель взаимосвязи ценности и старения информации БТС реализует возможность оценки динамики изменения ценности информации для ГЛПР путем оценки изменений значений информационной энтропии БТС с учетом этой информации. Данная модель может применяться при формировании инженерных методик оценивания качества и эффективности функционирования систем информационного обеспечения поддержки принятия решений для БТС. Последнее позволит повысить эффективность их управления и минимизировать расходы на их эксплуатацию.

Список литературы

1. Ефимов А. Н. Информация, ценность, старение, расщепление. М.: Знание, 1978. 64 с.
2. Бакалов В. П. О мере ценности информации в адаптивных системах // Отбор и передача информации. 1977. Вып. 51. С. 103–108.
3. Виткин Л. М., Игнаткин В. У. Модель взаимосвязи ценности и старения информации // Системы обработки информации. 2007. Вып. 9. С. 141–143.
4. Петров Б. Н. Избранные труды. Т. 1. Теория автоматического управления. М.: Наука, 1983. 432 с.
5. Полищук Ю. В. Автоматизированный контроль информационной энтропии больших технических систем на основе сопутствующего эксплуатационного контента // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2017. № 7. С. 14–21.
6. Полищук Ю. В. Квалиметрическая идентификация больших и сложных технических систем по сопутствующему эксплуатационному контенту // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 6. С. 34–38.
7. Полищук Ю. В. Моделирование коллекторно-лучевой системы сбора продукции в условиях Оренбургского НГКМ // Нефтепромышленное дело. 2007. № 6. С. 60–63.

Relations between Significance and Aging of Information when Control Big Technical Systems

The growth of the amount of information necessary for making management decisions dictates the need to take into account its impact on the effectiveness of this process. The latter is especially relevant in cases of control of large technical systems, since the process of their operation is associated with the need to process a large amount of information characterizing its state. This information has a different value for a group of decision makers from the standpoint of its contribution to minimizing the information entropy of a large technical system. In the framework of this work, three approaches to the relationship of value and aging of information are considered. Their features and disadvantages are noted. The paper proposes a model of the relationship between the value and aging of information of large technical systems, which is based on an assessment of the reduction in the value of information entropy as a result of its processing. The presented model can be applied in the formation of engineering methods for assessing the quality and efficiency of the functioning of information support systems for decision support for large technical systems. As a practical example, the collector-beam system for collecting products from a gas-condensate field is considered. This kind of collection systems is used at the Orenburg gas condensate field. The collector-beam collection system is a cluster pipeline system connected to the input filament unit of the integrated gas preparation unit. Using the model of the relationship of the value and aging of information, an assessment was made of the value change of information about the gas, condensate, water flow rates and wellhead pressure in the collector-beam collection system for 50 calendar months. The model of the relationship between the value and aging of information of large technical systems realizes the possibility of assessing the dynamics of change in the value of information for a group of decision-makers by assessing changes in the values of information-entropy of a large technical system with this information. The latter will improve the efficiency of their management and minimize the cost of their operation.

Keywords: information, significance of information, aging of information, data processing, control big technical systems

DOI: 10.17587/it.25.381-384

References

1. **Efimov A. N.** Information, value, aging, scattering, Moscow, Znanie, 1978. 64 p.
2. **Bakalov V. P.** *Otbor i Peredacha Informacii*, 1977, iss. 51, pp. 103–108.
3. **Vitkin L. M., Ignatkin V. U.** *Sistemy Obrabotki Informacii*, 2007, iss. 9, pp. 141–143.
4. **Petrov B. N.** Selected Works. Vol. 1. Automatic control theory, Moscow, Nauka, 1983, 432 p.
5. **Polishhuk Ju. V.** *Vestnik Komp'yuternyh i Informacionnyh Tehnologij*, 2017, no. 7, pp. 14–21.
6. **Polishhuk Ju. V.** *Vestnik Komp'yuternyh i Informacionnyh Tehnologij*, 2014, no. 6, pp. 34–38.
7. **Polishhuk Ju. V.** *Neftepromyslovoe Delo*, 2007, no. 6, pp. 60–63.

Адрес редакции:

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5510

E-mail: it@novtex.ru

Технический редактор *Е. В. Конова*.

Корректор *Н. В. Яшина*.

Сдано в набор 05.04.2019. Подписано в печать 23.05.2019. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,86. Заказ ИТ619. Цена договорная.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-15565 от 02 июня 2003 г.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз". Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru