

## **О МОДЕЛИРОВАНИИ ОДНОГО ИЗ ФАКТОРОВ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

Г.Н. Жолткевич, Ахмад Юсеф Ибрахим Ибрахим  
(Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина)

*В статье проведен полный анализ модели поведения субъектов обработки информации в информационных системах уровня предприятия. Предложенная авторами модель позволяет выяснить условия, по которым указанные субъекты не будут заинтересованы в искажении информации, которая обеспечивает ее повышение качества.*

### ***модель поведения, обработка информации, информационные системы***

Проблема обеспечения качества информации (QoI) является одной из важных проблем внедрения автоматизированных информационных систем в различных сферах деятельности. В работах [1 – 4] выделен ряд факторов, влияющих на уровень QoI. При этом все авторы указанных работ отмечают, что одним из подходов к решению проблемы повышения качества информации является использование методов интеллектуального анализа данных. В то же время в работах [1, 3] обращено внимание на то, что одним из главных факторов, снижающих качество информации в информационной системе, является возможное искажение отчетных данных людьми, вовлеченными в процесс обмена информацией и ее обработки. Поскольку искажение данных зачастую носит кумулятивный характер, постольку информационная база системы может быть приведена в состояние как угодно сильно отличающееся от реального состояния объекта управления. Проблема обеспечения достоверности информационного обмена между подсистемами Интегрированной системы управления предприятием, а также между системой и пользователями, таким образом, имеет как минимум два аспекта. Первый из них связан со своевременным выявлением и устранением искажений информации о реальном состоянии процессов в управляемой системе, вызванных шумом. Он относится к проблемам надежности систем сбора, передачи и обработки информации и может быть решен за счет использования интеллектуальных систем анализа данных. Второй аспект связан с намеренным искажением отчетной информации пользователями с целью получения определенной выгоды. Неправильная система оценивания результатов работы исполнителя может стимулировать последнего к искажению отчетных данных.

**Целью настоящей работы** является построение и анализ модели поведения субъектов процесса формирования, обработки и оценки отчетной информации для определения условий, при которых исполнителю невыгодно намеренно исказить информацию. Это, в свою очередь, позволяет оптимизировать затраты, связанные с организацией и проведением инспекций.

Языком формальной постановки рассматриваемой задачи выбран язык теории игр. Это связано с наличием конфликта интересов между исполнителем задания и лицом, принимающим решение о вознаграждении последнего. Игровой подход к исследованию проблем, связанных с качеством информации в глобальных информационных системах, применен, например, в работе [5]. Предлагаемый автором подход, в отличие от упомянутой работы, состоит в том, чтобы выявить условия на функции платежей, которые обеспечат нужное нам поведение игроков. В этом смысле можно говорить о задаче параметрического синтеза моделей поведения игроков по заданным целевым условиям.

Для формальной постановки задачи сделаем несколько предположений.

1. В игре принимают два участника – исполнитель и инспектор.
2. Исполнитель является добросовестным, т.е. он прилагает все усилия для выполнения задания. Событие такого выполнения по предположению имеет вероятность  $0 < p < 1$ . Невыполнение задания связано с объективными причинами.

3. По окончании времени выполнения задания исполнитель должен представить инспектору отчет. При предоставлении отчета исполнитель может повести себя искренне, либо попытаться обмануть инспектора.

4. Инспектор при получении отчета может назначить инспекцию, либо принять отчет на веру.

Сформулированные предположения формально отражены при помощи дерева игры [6], представленного на рис. 1, где обозначено: 0 – случайный ход; 1 – ход исполнителя; 2 – ход инспектора

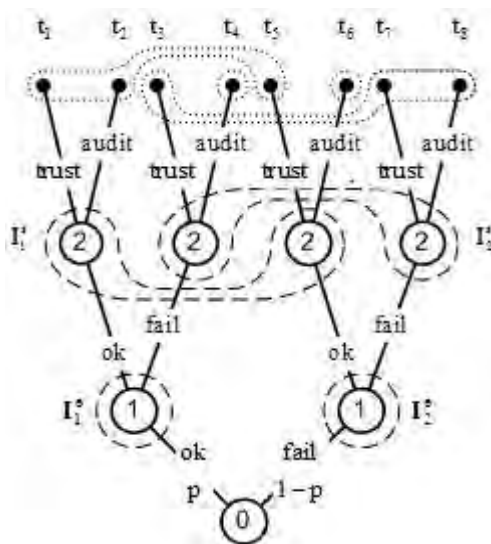


Рис. 1. Дерево игры «исполнитель – инспектор»

тора;  $p$  – вероятность выполнения задания;  $\mathbf{I}_1^e, \mathbf{I}_2^e$  и  $\mathbf{I}_1^s, \mathbf{I}_2^s$  – информационные множества исполнителя и инспектора соответственно;  $ok$  – отчет исполнителя о выполнении задания;  $fail$  – отчет исполнителя о невыполнении задания;  $trust$  – принятие инспектором отчета на веру;  $audit$  – назначение инспектором проверки;  $t_1, \dots, t_8$  – исходы игры.

При принятии решения инспектором о назначении проверки или отказе от нее он еще не обладает информацией о реальном состоянии выполнения задания и может оперировать только с отчетной информацией, предоставленной ему исполнителем. Это приводит к необходимости рассмотрения двух информационных множеств для инспектора: первое ( $\mathbf{I}_1^s$ ) соответствует докладу исполнителя об успешном выполнении задания, а второе ( $\mathbf{I}_2^s$ ) – о неуспешном.

При назначении платежей игрокам следует учесть, что инспектор будет производить выплату на основании имеющейся у него информации и сделанных им предположений. В связи с этим множество возможных исходов разбивается на классы эквивалентных исходов. При этом в один класс эквивалентности попадают те и только те исходы, которые не могут быть различены с точки зрения инспектора. Таким образом, выделяется четыре класса эквивалентности:

- 1)  $\{t_1, t_2, t_5\}$  – соответствуют знанию или предположению инспектора о выполнении задания исполнителем и об искреннем докладе последнего;
- 2)  $\{t_3, t_7, t_8\}$  – соответствуют знанию или предположению инспектора о невыполнении задания исполнителем и об искреннем докладе последнего;
- 3)  $t_4$  – соответствует знанию инспектора о выполнении задания и о предоставлении исполнителем ложного доклада;
- 4)  $t_6$  – соответствует знанию инспектора о невыполнении задания и о предоставлении исполнителем ложного доклада.

Таким образом, в силу сделанного предположения о способе платежа, функция платежа исполнителю  $H^e(t)$  должна быть постоянна на каждом из выделенных классов эквивалентности. Функция же платежа инспектору должна иметь вид

$$H^s(t) = -H^e(t) - a(t), \quad (1)$$

где  $a(t)$  – функция платы за проверку, равная  $c > 0$  для исходов тех партий, в которых проверка проводилась, и нулю для оставшихся.

Итак, платежи для возможных исходов игры задаются следующей

системой:

$$\left\{ \begin{array}{l} H^e(t_1) = H_e(t_2) = H_e(t_5) = u_1; \\ H^e(t_3) = H_e(t_7) = H_e(t_8) = u_2; \\ H^e(t_4) = u_3; \\ H^e(t_6) = u_4; \\ H^s(t_i) = -H^e(t_i), i = 1, 3, 5, 7; \\ H^s(t_i) = -H^e(t_i) - c, i = 2, 4, 6, 8. \end{array} \right. \quad (2)$$

Опишем теперь возможные стратегии игроков (7), которые задаются для каждого игрока отображениями множества его информационных множеств во множество возможных вариантов решений для этого игрока.

Стратегии игроков представлены в табл. 1.

Таблица 1

Стратегии игроков в игре «исполнитель – инспектор»

исполнитель	$I_1^e$	$I_2^e$	инспектор	$I_1^s$	$I_2^s$
$s_1^e$	fail	fail	$s_1^s$	trust	trust
$s_2^e$	ok	fail	$s_2^s$	audit	trust
$s_3^e$	fail	ok	$s_3^s$	trust	audit
$s_4^e$	ok	ok	$s_4^s$	audit	audit

Следует отметить стратегию  $s_2^e$ , в результате выбора которой исполнитель представляет инспектору правдивый доклад о результатах выполнения задания.

Для формализации постановки задачи приведем игру к нормальной форме, вычислив математические ожидания платежей исполнителю и инспектору в зависимости от пары стратегий, выбранной игроками.

Результаты соответствующих вычислений представлены матрицами:

1)  $[E^e(s_i^e, s_j^s)]$ ,  $i, j = 1, \dots, 4$  – матрица платежей исполнителю;

2)  $[E^s(s_i^e, s_j^s)]$ ,  $i, j = 1, \dots, 4$  – матрица платежей инспектору,

которые приведены в табл. 2 и 3.

Учитывая приведенное выше обсуждение задачи, строго ее можно сформулировать следующим образом:

«Найти такие вектора  $\mathbf{u} = (u_1, u_2, u_3, u_4)$ , удовлетворяющие условию

$$u_i > 0, i = 1, \dots, 4,$$

для которых стратегия  $s_2^e$  является доминирующей».

Таблица 2

Матрица платежей исполнителю

$E^e(s_i^e, s_j^s)$		Стратегии инспектора	
		$s_1^s$	$s_2^s$
Стратегии исполнителя	$s_1^e$	$u_2$	$u_2$
	$s_2^e$	$pu_1 + (1-p)u_2$	$pu_1 + (1-p)u_2$
	$s_3^e$	$pu_2 + (1-p)u_1$	$pu_2 + (1-p)u_4$
	$s_4^e$	$u_1$	$pu_1 + (1-p)u_4$
		Стратегии инспектора	
		$s_3^s$	$s_4^s$
	$s_1^e$	$pu_3 + (1-p)u_2$	$pu_3 + (1-p)u_2$
	$s_2^e$	$pu_1 + (1-p)u_2$	$pu_1 + (1-p)u_2$
	$s_3^e$	$pu_3 + (1-p)u_1$	$pu_3 + (1-p)u_4$
	$s_4^e$	$u_1$	$pu_1 + (1-p)u_4$

Таблица 3

Матрица платежей инспектору

$E^s(s_i^e, s_j^s)$		Стратегии инспектора	
		$s_1^s$	$s_2^s$
Стратегии исполнителя	$s_1^e$	$-u_2$	$-u_2$
	$s_2^e$	$-pu_1 - (1-p)u_2$	$-pu_1 - (1-p)u_2 - pc$
	$s_3^e$	$-pu_2 - (1-p)u_1$	$-pu_2 - (1-p)u_4 - (1-p)c$
	$s_4^e$	$-u_1$	$-pu_1 - (1-p)u_4 - c$
		Стратегии инспектора	
		$s_3^s$	$s_4^s$
	$s_1^e$	$-pu_3 - (1-p)u_2 - c$	$-pu_3 - (1-p)u_2 - c$
	$s_2^e$	$-pu_1 - (1-p)u_2 - (1-p)c$	$-pu_1 - (1-p)u_2 - c$
	$s_3^e$	$-pu_3 - (1-p)u_1 - pc$	$-pu_3 - (1-p)u_4 - c$

	$s_4^e$	$-u_1$	$-pu_1 - (1-p)u_4 - c$
--	---------	--------	------------------------

Необходимым условием доминирования является выполнения для компонентов вектора  $\mathbf{u}$  следующей системы неравенств:

$$\begin{cases} pu_1 + (1-p)u_2 \geq u_2; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq pu_2 + (1-p)u_1; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq u_1; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq pu_2 + (1-p)u_4; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq pu_1 + (1-p)u_4; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq pu_3 + (1-p)u_2; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq pu_3 + (1-p)u_1; \\ pu_1 + (1-p)u_2 \geq pu_3 + (1-p)u_4. \end{cases} \quad (3)$$

Первое и третье неравенства системы (3) приводят к равенству  $u_1 = u_2$ , что обеспечивает выполнимость второго неравенства.

Обозначив общее значение  $u_1$  и  $u_2$  через  $v$ , преобразуем систему (3) к следующему виду:

$$\begin{cases} v \geq pv + (1-p)u_4; \\ v \geq pu_3 + (1-p)v; \\ v \geq pu_3 + (1-p)u_4. \end{cases} \quad (4)$$

Первое и второе неравенства системы (4) эквивалентны неравенствам  $v \geq u_3$  и  $v \geq u_4$ , одновременное выполнение которых, очевидно, обеспечивает выполнение третьего неравенства системы (4).

Таким образом, исходная система (3) эквивалентна системе:

$$\begin{cases} u_1 = u_2; \\ u_3 \leq u_1; \\ u_4 \leq u_1. \end{cases} \quad (5)$$

Следовательно, общее решение системы (3), а значит и поставленной задачи, можно представить соотношениями:

$$\begin{cases} u_1 = v; \\ u_2 = v; \\ u_3 = \alpha v; \\ u_4 = \beta v; \\ v > 0; \\ 0 < \alpha, \beta < 1. \end{cases} \quad (6)$$

Поскольку в случае выполнения (6) стратегия  $s_2^e$  является доминирующей, то игру в этом случае можно редуцировать. Таким образом, исполнитель не имеет альтернатив поведения при докладе – ему выгодно всегда докладывать правду. В этом случае редуцированная матрица платежей инспектора имеет вид, приведенный в табл. 4.

Таблица 4

Матрица платежей инспектору после редукции

$E^s(s^e, s^s)$	$s_1^s$	$s_2^s$	$s_3^s$	$s_4^s$
$s_2^e$	$-v$	$-v - pc$	$-v - (1-p)c$	$-v - c$

Из табл. 4 видно, что оптимальной стратегией для инспектора будет стратегия  $s_1^s$ , которая предполагает отсутствие проверок.

Резюмируя приведенные выше рассуждения, можно прийти к следующему выводу. Для обеспечения оптимального для обеих сторон поведения в игре «исполнитель – инспектор» при условии добросовестного отношения исполнителя к выполнению заданий необходимо выплачивать ему вознаграждение вне зависимости от выполнения задания, а также установить штрафы в случае обнаружения обмана при докладе о результатах работы. Ключевым моментом здесь является запрет на наказание исполнителя при невыполнении задания (равенство  $u_1 = u_2$ ). Полученные результаты могут быть применены при разработке организационно-технических проектов информационных систем уровня предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Rose F. *The Economics, Concept, and Design of Information Intermediaries*. – Berlin: Springer, 1999. – 266 p.
2. Аксенов Е. Качество информации: от очистки данных – к модели предприятия // PCWEEK. Корпоративные системы. – 2002. – № 36 (354). – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pcweek.ru/Year2002/N36/CP1251/>.
3. Eppler M. J. *Managing Information Quality*. – Berlin: Springer, 2003. – 302 p.
4. Sy B. K., Gupta A.K. *Information-Statistical Data Mining: Warehouse Integration with Examples of Oracle Basics*. – *The International Series in Engineering and Computer Science*, vol. 757, 2004. – 312 p.
5. Bacharach M., Board O. *The quality of information in electronic groups*. – *Netnomics*. – 2002. – № 4. – P. 73-97.
6. Мак Кинси Дж. *Введение в теорию игр*. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 420 с.
7. *Теория игр* / Л.А.Петросян, Н.А. Зенкевич и др. – М.: Высш. шк., 1998. – 300 с.

Поступила 8.12.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор Л.Г. Раскин,  
Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

---