

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.

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.
