

УДК 004.652/.942

Г.Н. ЖОЛТКЕВИЧ, АХМАД ЮСЕФ ИБРАХИМ ИБРАХИМ

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ СУБЪЕКТОВ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ОТЧЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В терминах бескоалиционной игры двух лиц построена модель поведения субъектов процесса формирования и обработки отчетной информации в информационной управляющей системе: исполнитель и инспектор. При построении модели авторы исходили из предположения, что исполнитель является добросовестным в том смысле, что он прилагает все усилия к выполнению задания и возможное невыполнение обязательств не связано с его поведением. Для рассматриваемой модели найдены функции платежей. Показано, что за счет выбора разумных функций платежей можно добиться существования единственной ситуации равновесия по Нэшу, которая соответствует выбору исполнителем стратегии искреннего доклада в случае невыполнения задания. Эта стратегия при найденном виде функций платежа является доминирующей, что позволяет инспектору отказаться от проведения проверок.

информационная управляющая система, качество информации, игра, отчет, ситуация равновесия по Нэшу, доминирование

Введение

Проблема качества информации (QoI) является одной из острых проблем внедрения автоматизированных информационных систем в управление предприятиями. Обеспечение необходимого уровня QoI достигается за счет оптимизации различных факторов, рассмотренных, например, в работах [1 – 4]. Все авторы отмечают, что одним из подходов к решению проблемы повышения качества информации является использование методов интеллектуального анализа данных. В то же время авторы работ [1, 3] отмечают, что одним из главных факторов, влияющих на качество информации в информационной системе, является искажение отчетных данных людьми, вовлеченными в процесс обмена информацией и ее обработки. Поскольку искажение данных может иметь кумулятивный характер, постольку вся информационная база системы может быть приведена в состояние как угодно сильно отличающееся от реальной ситуации на объекте управления. Проблема обеспечения достоверности информационного обмена между подсистемами интегрированной системы управления предпри-

ем, с нашей точки зрения, имеет как минимум два аспекта. Первый из них связан со своевременным выявлением и устранением искажений информации о реальном состоянии процессов в управляемой системе. Он относится скорее к проблематике надежности систем сбора, передачи и обработки информации и может быть решен за счет использования интеллектуальных систем анализа данных. Вторым аспектом связан с намеренным искажением отчетной информации 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 становится невыгодным намеренное искажение информации. Это, в свою очередь, позволяет оптимизировать затраты, связанные с организацией и проведением инспекций.

Постановка задачи. 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].

Для формальной постановки задачи сделаем несколько предположений.

1. В игре участвуют двое – 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 в случае невыполнения задания – попытаться обмануть инспектора.

4. Исполнитель никогда не докладывает о невыполнении задания, если оно выполнено.

5. Инспектор в случае получения отчета об успешном выполнении задания может назначить инспекцию, либо принять отчет на веру.

Сформулированные предположения формально отражены при помощи дерева игры [6], представленного на рис. 1.

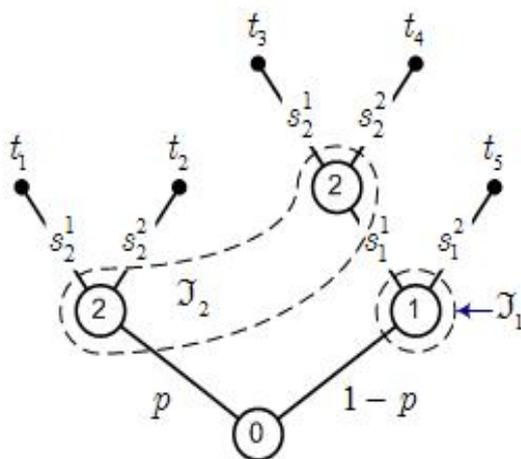


Рис. 1. Дерево игры «исполнитель – инспектор»

На рис. 1 обозначено:

0 – случайный ход;

1 – ход исполнителя;

2 – ход инспектора;

p – вероятность выполнения задания;

\mathfrak{I}_1 – информационное множество исполнителя;

\mathfrak{I}_2 – информационное множество инспектора;

s_1^1 – выбор исполнителем стратегии обмана

(представлен отчет о выполнении при невыполненном задании);

s_1^2 – выбор исполнителем стратегии искреннего поведения;

s_2^1 – назначение инспектором проверки;

s_2^2 – отказ инспектора от проверки;

t_1, \dots, t_5 – исходы игры.

Заметим, что инспектор после доклада исполнителя не знает наверняка, выполнено ли задание или нет. Эта неопределенность приводит к объединению двух узлов из множества ходов инспектора в одно информационное множество \mathfrak{I}_2 . В отличие от инспектора, исполнитель обладает полной информацией, поэтому единственный узел дерева, представляющий его ход, образует его информационное множество \mathfrak{I}_1 .

Зададим платежи игрокам (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, 5$, где пара (x_i, y_i) соответствует платежам исполнителю и инспектору для партии завершающейся в узле t_i дерева игры. Разумным предположением является условие

$$x_i \geq 0, i = 1, \dots, 5, \quad (1)$$

которое запрещает взимать платежи с исполнителя.

Математическое ожидание выигрыша при исходе t_i для исполнителя обозначим $E_e(t_i)$, а для инспектора – $E_s(t_i)$. Как легко подсчитать по дереву игры, значения этих функций задаются в соответствии с формулами с (2). Математические ожидания платежей исполнителю и инспектору при выборе ими

стратегий (s_1^i, s_2^j) обозначим через $E_e(s_1^i, s_2^j)$ и $E_s(s_1^i, s_2^j)$ соответственно.

Результаты вычисления платежных матриц игроков представлены в табл. 1.

$$\begin{cases} E_e(t_1) = p \cdot \delta(s_2^1, s_2) \cdot x_1; \\ E_e(t_2) = p \cdot \delta(s_2^2, s_2) \cdot x_2; \\ E_e(t_3) = (1-p) \cdot \delta(s_1^1, s_1) \cdot \delta(s_2^1, s_2) \cdot x_3; \\ E_e(t_4) = (1-p) \cdot \delta(s_1^1, s_1) \cdot \delta(s_2^2, s_2) \cdot x_4; \\ E_e(t_5) = (1-p) \cdot \delta(s_1^2, s_1) \cdot x_5, \\ E_s(t_1) = p \cdot \delta(s_2^1, s_2) \cdot y_1; \\ E_s(t_2) = p \cdot \delta(s_2^2, s_2) \cdot y_2; \\ E_s(t_3) = (1-p) \cdot \delta(s_1^1, s_1) \cdot \delta(s_2^1, s_2) \cdot y_3; \\ E_s(t_4) = (1-p) \cdot \delta(s_1^1, s_1) \cdot \delta(s_2^2, s_2) \cdot y_4; \\ E_s(t_5) = (1-p) \cdot \delta(s_1^2, s_1) \cdot y_5. \end{cases} \quad (2)$$

Таблица 1

		Платежные матрицы игроков	
		s_2	
$E_e(s_1, s_2)$		s_2^1	s_2^2
s_1	s_1^1	$px_1 + (1-p)x_3$ $py_1 + (1-p)y_3$	$px_2 + (1-p)x_4$ $py_2 + (1-p)y_4$
	s_1^2	$px_1 + (1-p)x_5$ $py_1 + (1-p)y_5$	$px_2 + (1-p)x_5$ $py_2 + (1-p)y_5$

Целью данной статьи является выяснение условий, при которых ситуация (s_1^2, s_2^2) будет ситуацией равновесия по Нэшу [7, 8], что обеспечит для исполнителя необходимость придерживаться стратегии искреннего доклада.

Анализ модели

Определим теперь соотношения между векторами $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ и $(y_1, y_2, y_3, y_4, y_5)$. Для этого предположим, что проведение проверки требует от инспектора определенных затрат, величину которых обозначим через $c > 0$.

Предположим, что для исходов партий, в которых не проводится проверка (исходы t_2, t_4, t_5), выполнено

$$\begin{cases} x_2 = x_4 = u_1; \\ x_5 = u_3; \\ y_i = -x_i, i = 2, 4, 5. \end{cases} \quad (3)$$

Отделение исхода t_5 от исходов t_2, t_4 связано с тем, что в случае исхода t_5 инспектор должен произвести выплату на основании доклада исполнителя о невыполнении задания, а в случае исходов t_2, t_4 – на основании непроверенного доклада исполнителя об успешном выполнении задания.

В случаях проведения проверки (исходы t_1, t_3), платежи исполнителя и инспектора предполагаются связанными соотношением

$$\begin{cases} x_1 = u_1; \\ x_3 = u_2; \\ y_1 = -u_1 - c; \\ y_3 = -u_2 - c. \end{cases} \quad (4)$$

Первое уравнение системы (4) основано на допущении, что выплата не зависит от того, была назначена проверка или нет.

С учетом (3) и (4) платежные матрицы игроков примут следующий вид (табл. 2).

Таблица 2

		Преобразованные платежные матрицы игроков	
		s_2	
$E_e(s_1, s_2)$		s_2^1	s_2^2
s_1	s_1^1	$pu_1 + (1-p)u_2$ $-pu_1 - (1-p)u_2 - c$	u_1 $-u_1$
	s_1^2	$pu_1 + (1-p)u_3$ $-pu_1 - (1-p)u_3 - pc$	$pu_1 + (1-p)u_3$ $-pu_1 - (1-p)u_3$

С целью анализа рассматриваемой игры найдем для нее ситуации равновесия по Нэшу. Очевидно, что они будут определяться значениями компонентов вектора (u_1, u_2, u_3) . Выпишем для рассматриваемой игры условия, обеспечивающие для каждой ситуации ее равновесность по Нэшу. Эти условия сведем в таблицу (табл. 3), строки которой нумеру-

ются стратегиями исполнителя, а столбцы – стратегиями инспектора. В ячейке таблицы записываются условия того, что соответствующая пара стратегий является ситуацией равновесия по Нэшу.

Таблица 3

Условия равновесия по Нэшу ситуаций игры «исполнитель – инспектор»

	s_2^1	s_2^2
s_1^1	$\begin{cases} u_2 - u_3 \geq 0 \\ u_1 - u_2 \geq \frac{c}{1-p} \end{cases} \quad (5)$	$\begin{cases} u_1 - u_3 \geq 0 \\ u_1 - u_2 \leq \frac{c}{1-p} \end{cases} \quad (6)$
s_1^2	$\begin{cases} u_2 - u_3 \leq 0 \\ pc \leq 0 \end{cases} \quad (7)$	$\begin{cases} u_1 - u_3 \leq 0 \\ pc \geq 0 \end{cases} \quad (8)$

Очевидно, что система (7) несовместна, так как по предположению $p > 0, c > 0$, система (8) сводится к одному неравенству $u_1 - u_3 \leq 0$. Таким образом, с учетом замены нестрогого неравенства в системе (8) на строгое (11) для того, чтобы избежать пограничных случаев и несовместности системы (7), табл. 3 может быть преобразована так, как показано в табл. 4.

Теперь видно, что неравенство (11) несовместно с системой (10), а значит, что ситуации (s_1^2, s_2^2) и (s_1^1, s_2^2) не могут быть ситуациями равновесия по Нэшу одновременно.

Таблица 4

Условия равновесия по Нэшу ситуаций игры «исполнитель – инспектор» (преобразованные)

	s_2^1	s_2^2
s_1^1	$\begin{cases} u_2 - u_3 \geq 0 \\ u_1 - u_2 \geq \frac{c}{1-p} \end{cases} \quad (9)$	$\begin{cases} u_1 - u_3 \geq 0 \\ u_1 - u_2 \leq \frac{c}{1-p} \end{cases} \quad (10)$
s_1^2	Отсутствуют	$u_1 - u_3 < 0 \quad (11)$

Ситуация (s_1^2, s_2^1) не может быть ситуацией равновесия по Нэшу ни при каких условиях.

Как было отмечено ранее, нас интересуют условия, при которых ситуация (s_1^2, s_2^2) является един-

ственной ситуацией равновесия по Нэшу. При проектировании системы отчетности эта ситуация является наиболее привлекательной параметризацией рассматриваемой игры, поскольку она предполагает добросовестную отчетность исполнителя при отсутствии проверок. Как видно из предыдущего рассмотрения, для обеспечения такого результата необходимо потребовать несовместности системы (9) и неравенства (11).

Таким образом, (s_1^2, s_2^2) будет единственной ситуацией равновесия по Нэшу для параметризаций игры, удовлетворяющих одной из следующих систем:

$$\begin{cases} u_2 - u_3 < 0; \\ u_1 - u_3 < 0, \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} u_1 - u_2 < \frac{c}{1-p}; \\ u_1 - u_3 < 0. \end{cases} \quad (13)$$

При этом можно получить независимый от p и c результат, если (u_1, u_2, u_3) удовлетворяют системе (12). Очевидно, что решение системы (12) в явном виде может быть выражено следующим образом:

$$\begin{cases} u_1 = \alpha u_3; \\ u_2 = \beta u_3; \\ u_3 > 0; \\ 0 < \alpha, \beta < 1. \end{cases} \quad (14)$$

Выпишем теперь платежные матрицы игроков с учетом (14):

$$E_e = u_3 \begin{bmatrix} p\alpha + (1-p)\beta & \alpha \\ p\alpha + (1-p) & p\alpha + (1-p) \end{bmatrix};$$

$$E_s = \begin{bmatrix} -(p\alpha + (1-p)\beta)u_3 - c & -\alpha u_3 \\ -(p\alpha + (1-p))u_3 - pc & -(p\alpha + (1-p))u_3 \end{bmatrix}.$$

Поскольку вторая строка матрицы E_e доминирует первую строку, то стратегия s_1^2 является предпочтительной для исполнителя, но если исполнитель всегда будет придерживаться ее, то инспектору будет бессмысленно проводить инспекции, поскольку

$$-(p\alpha + (1-p))u_3 - pc < -(p\alpha + (1-p))u_3 .$$

Полученный результат

Таким образом, верна следующая теорема.

Теорема. Для построенной модели доминирование стратегии объективного доклада исполнителя достигается при параметризации функций платежа значениями (u_1, u_2, u_3) , которые удовлетворяют системе (14). При этом инспектор может отказаться от проверок.

Выводы

Таким образом, в статье построена игровая модель поведения участников процесса формирования и обработки отчетной информации в информационной управляющей системе. Модель базируется на предположении о добросовестности исполнителя. На основании анализа модели показано, что существует выбор функций платежей, а именно функций, удовлетворяющих условиям (3), (4) и (14), который обеспечивает искренний доклад добросовестного исполнителя о результатах выполнения задания.

Неформально условия (3), (4) и (14) определяют отказ от наказания добросовестного исполнителя в случае невыполнения им задания при условии, что он представляет инспектору объективный отчет о состоянии выполнения работы.

Новизна полученных результатов состоит в том, что впервые модель конфликта интересов субъектов информационного процесса применена для определения условий, обеспечивающих оптимальность априори заданного поведения одной из сторон (исполнителя) с точки зрения другой стороны (инспектора).

Возможным обобщением рассматриваемой модели является расширение вариативности докладов исполнителя: в любом случае он может выбрать один из двух видов доклада – правдивый или ложный.

После исследования такой обобщенной модели представляет интерес исследование модели, в которой снято ограничение, предполагающее добросовестность исполнителя.

Полученный в этой работе результат совместно с результатами планируемых исследований может быть использован при разработке организационно-технических мероприятий при внедрении и сопровождении автоматизированных информационных управляющих систем.

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/CorporationSystems/chapt1.htm>.
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. – 2004. – Vol. 757. – 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. Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики. – М.: Мир, 1983. – 198 с.
8. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А. Теория игр. – М.: Высш. шк., 1998. – 300 с.

Поступила в редакцию 7.02.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Г. Раскин, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.