

УДК 658[3+58]:519.8[1+3+76.2]

В.А. РЕЗНИКОВ, А.М. ТЕМНИК

Інститут інформатики і штучного інтелекту ДонНТУ, Україна

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ИСПОЛНИТЕЛЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА В УСЛОВИЯХ ОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Описана модель выбора исполнителем процедуры устранения отказа оборудования в условиях определенности. Проведен анализ основных показателей качества работы исполнителя, которые характеризуют его квалификацию. Разработана модель самооценки исполнителя при выполнении процедуры восстановления оборудования на основе временного показателя. Сформирована корневая вершина структуры информированности исполнителя службы технического обслуживания и ремонта в виде нечеткой модели фантома-исполнителя нулевого уровня, рациональное поведение которого основывается на предложенном в статье правиле выбора исполнителем.

Ключевые слова: служба технического обслуживания и ремонта, исполнитель, условия определенности, нечеткая модель, структура информированности.

Постановка задачи

Наличие активных элементов (людей) на всех иерархических уровнях организационных систем практически всегда приводит к возникновению конфликтных ситуаций между центром (руководством) и агентами (исполнителями) [1, 2], которые могут носить и скрытый характер. Поэтому эффективное управление организациями (составом, структурой, действиями, предпочтениями и т.д.) предполагает, в том числе, и успешное разрешение конфликтов. С математической точки зрения это означает нахождение оптимального (рационального) решения соответствующей игры, являющейся, как известно, упрощенной формализованной моделью конфликтной ситуации.

В сформировавшейся и стабильно работающей организационной системе основными являются институциональное и мотивационное управления [3]. Понятно, что они носят информационный характер, т.е. могут рассматриваться как конкретное смысловое содержание информационного управления. Это, в свою очередь, обуславливает исследование процесса управления в рамках рефлексивной игры [4].

Известно, что основными элементами любой игры являются модели игроков, которые, помимо общих закономерностей (принцип рационального выбора, гипотезы детерминизма и т.п.), должны учитывать специфические особенности деятельности участников игры. В рефлексивных играх такими моделями являются структуры информированности, представляющие собой деревья, вершинами которых являются представления игрока о самом себе, о своих оппонентах, об условиях, в которых протекает

игра и т.д. [4].

В данной работе рассматривается задача формирования структуры информированности исполнителя, каковым является слесарь-ремонтник службы технического обслуживания и ремонта (ТОР), которая, по определению, является организационной системой управления техническим состоянием оборудования (СУТС) [5]. При этом принято, что формирование модели проводится в рамках базовой структуры «центр-агент» [1, 2] в режиме «Устранение отказа» в условиях определенности.

Модель выбора процедуры устранения отказа

Условия определенности в данном случае означают, что i -му исполнителю известны условия (режим работы, состояние окружающей среды), при которых произошел отказ оборудования (как объекта ТОР) и, что самое главное, причина отказа, то есть дефект $D_k \in D$, приведший к данной аварийной ситуации.

Исполнитель, как активный элемент системы, в соответствии с концепцией рационального поведения [1, 2], должен осуществить выбор такого действия, которое максимизирует его целевую функцию и (в детерминированном случае) приводит к результатам, имеющим максимальную полезность. Формально указанный выбор определяется следующим выражением:

$$P(f, A) = \underset{a \in A}{\text{Arg max}} f(a),$$

где $f(a)$ – целевая функция;

A – множество действий.

Следовательно, для формирования модели выбора i -го исполнителя необходимо, в первую очередь, определить множество действий A_i , из которого осуществляется выбор конкретного действия $a_i \in A_i$.

В нормативных документах, входящих в состав ДСТУ 3974-2000 «Система разработки и постановки продукции на производство. Правила выполнения опытно-конструкторских работ. Общие положения», в частности, в Руководстве по эксплуатации (РЭ) конкретного вида оборудования, приводится таблица «Неисправности и способы их устранения», представляющая собой набор следующих логических цепочек: «дефект \rightarrow внешнее проявление \rightarrow способ устранения». Такая таблица в определенной мере регламентирует состав и последовательность выполнения отдельных операций по устранению конкретного дефекта, то есть фактически формирует процедуры устранения причины того или иного отказа. Указанные процедуры могут рассматриваться как нормы [2, 6] в том смысле, что они устанавливают те действия, которые должен осуществить исполнитель в конкретной аварийной ситуации.

Кроме того, по мере накопления опыта у исполнителя вырабатываются «свои» процедуры восстановления работоспособности, т.е. некоторые стереотипы. Причем, каждый такой стереотип можно рассматривать как индивидуальную норму в том смысле, что агент сам сформировал действия, которые он считает необходимым реализовать в той или иной аварийной ситуации. Важно при этом отметить, что индивидуальная норма не выходит за рамки требований, установленных на конкретном предприятии и признанных всеми (например, требований безопасности).

Таким образом, множество возможных действий i -го исполнителя A_i фактически представляет собой набор процедур восстановления работоспособности при возникновении k -го дефекта. В свою очередь, каждую такую процедуру $A_{ik} \in A_i$ следует рассматривать как кортеж вида:

$$A_{ik} = \langle a_{ik}^{(1)}, a_{ik}^{(2)}, \dots, a_{ik}^{(m)} \rangle,$$

где $a_{ik}^{(m)}$ – операция, выполняемая на m -м шаге восстановления работоспособности.

Следовательно, в условиях полной определенности исполнитель не производит выбор действия в принятом понимании этого понятия. Работа исполнителя осуществляется по принципу «стимул-реакция», где стимулом является отказ объекта с указанием причины отказа в виде информации о дефекте D_k , а реакцией – соответствующая этой информации процедура восстановления A_{ik} . Одна-

ко исполнитель может «перенести» присущую ему, как активному элементу системы ТОР, свободу выбора на представление о самом себе, то есть на самооценку (или саморепутацию) [6, 7].

Модель самооценки исполнителя

В режиме «Устранение отказа» показателем эффективности службы ТОР в целом и каждого её активного элемента является время восстановления работоспособности [5]. В каждом конкретном случае (то есть при наличии конкретного дефекта D_k) время восстановления будет оцениваться длительностью t_{ik} выполнения процедуры A_{ik} . Анализируя указанную процедуру можно утверждать, что при прочих равных условиях время t_{ik} зависит от функционально-программной, функционально-параметрической и функционально-временной надежности работы i -го исполнителя [8]. Рассмотрим эти показатели качества более подробно.

Под функционально-программной надежностью в общем случае понимается свойство человека выполнять предписанные функции в соответствии с заданной или требуемой программой [8]. С учетом особенностей рассматриваемой задачи под функционально-программной надежностью будем понимать свойство исполнителя выполнять на m -м шагу ту операцию, которая принадлежит множеству операций, допустимых на данном шаге. В качестве показателя функционально-программной надежности β_1 примем вероятность того, что операция, назначенная к выполнению на m -м шаге процедуры восстановления, принадлежит множеству операций, допустимых на данном шаге, т.е.

$$\beta_{i1} = P\left(a_i^{(m)} \in \left(a_i^{(m)}\right)_{\text{доп}}\right).$$

Понятно, что нарушение установленной нормативами или самим i -м исполнителем последовательности выполнения операций в процедуре восстановления работоспособности A_{ik} приведет к необходимости повторения отдельных (или группы) операций и тем самым к увеличению t_{ik} .

Для анализа второго показателя воспользуемся основными положениями метода допускового контроля, применяемого в технической диагностике. Согласно этому методу объект диагностирования считается работоспособным, если при нахождении входных воздействий в пределах «своих» допусков контролируемые переменные также находятся в пределах «своих» допусков. Если имеет место отказ какого-либо функционально-конструктивного элемента объекта, то это приводит к выходу, по мень-

шей мере, одной контролируемой переменной за пределы «своего» допуска.

Если в качестве, например, j -й контролируемой переменной рассматривать j -й показатель эффективности функционирования объекта $g_j(t)$, то можно утверждать, что все процедуры из множества A_i должны реализовываться в виде одного и того же результата, который в предельном случае можно записать в виде следующего неравенства:

$$\bar{g}_j - \delta_j \leq g_j(t) \leq \bar{g}_j + \delta_j, \quad (1)$$

где \bar{g}_j – «номинальное» значение j -го показателя эффективности;

δ_j – допуск, установленный на j -й показатель эффективности;

$g_j(t)$ – текущее значение j -го показателя эффективности.

Заметим, что результат (1) однозначно зависит от точности реализации операций на каждом m -ом шаге восстановления. Другими словами, достижение результата (1) зависит от уровня функционально-параметрической надежности i -го исполнителя [8], под которой будем понимать свойство исполнителя выполнять намеченные операции восстановления с заданной или требуемой точностью. Показателем этого вида надежности является вероятность того, что выполненная на m -м шаге операция производится с погрешностью $\Delta^{(m)}$, допустимой на данном шаге, то есть

$$\beta_{i2} = P\left(\Delta_i^{(m)} \in \left(\Delta_i^{(m)}\right)_{\text{доп}}\right).$$

Под функционально-временной надежностью будем понимать свойство исполнителя выполнять каждую операцию за время, не превышающее установленные нормативы [8]. Показателем этого вида надежности является вероятность того, что длительность операции, выполняемой на m -м шаге, не превышает затрат времени $\tau_i^{(m)}$, допустимых на данном шаге, то есть

$$\beta_{i3} = P\left(\tau_i^{(m)} \in \left(\tau_i^{(m)}\right)_{\text{доп}}\right).$$

Анализируя приведенные показатели β_{i1} , β_{i2} и β_{i3} , можно сделать вывод, что показатели β_{i1} и β_{i2} фактически характеризуют квалификацию i -го исполнителя для конкретных условий и на конкретном отрезке времени могут считаться некоторыми константами. Тем самым можно полагать, что представление i -го исполнителя о самом себе при выполнении процедуры восстановления A_{ik} в полной мере основывается на показателе β_{i3} .

Обозначим затраты времени на выполнение процедуры восстановления A_{ik} через τ_{ik} и учтем, что время τ_{ik} имеет реальные ограничения вида

$$\tau_{ik}^{\circ} \leq \tau_{ik} \leq \tau_k^{\circ}, \quad (2)$$

где τ_{ik}° – минимальное время выполнения процедуры A_{ik} , обусловленное физическими возможностями i -го исполнителя;

τ_k° – время устранения k -го дефекта, установленное нормативными документами.

Наличие нижней границы в неравенстве (2), то есть времени τ_{ik}° , не вызывает сомнений. Что же касается верхней границы, то есть времени τ_k° , то основанием для её введения может служить следующее. В уже упомянутом ранее Руководстве по эксплуатации часто приводятся примерные (усредненные) затраты времени на устранение того или иного дефекта. Можно предположить, что в соответствии с принципом рационального выбора исполнитель будет стремиться выполнить устранение k -го дефекта за время, меньшее τ_k° .

Рассуждения i -го исполнителя при этом можно представить так: «Я уже выполнял процедуру A_{ik} в подобных условиях и знаю, что мне понадобится время, не меньшее, чем τ_1 , но и не большее, чем τ_2 ; в среднем эту процедуру я реализую за промежуток времени от τ_3 до τ_4 ». Тем самым имеем нечеткую переменную [9], которую представим в виде следующего кортежа:

$$\langle \tau, T, M \rangle,$$

где τ – наименование нечеткой переменной;

T – область определения нечеткой переменной;

$M\{\tau, \mu_M(\tau)\}$ – нечеткое множество на T , описывающее возможные значения, которые может принимать нечеткая переменная τ .

В данном случае под переменной τ понимается «Время выполнения процедуры восстановления», универсум T представляет собой множество значений переменной τ в интервале от τ_1 до τ_2 , а нечеткое множество M будем рассматривать как следующий терм: «Абсолютная уверенность в выполнении процедуры A_{ik} за время τ ».

В таком случае приведенное ранее рассуждение исполнителя будет выглядеть следующим образом: «Я уже выполнял процедуру A_{ik} в подобных условиях и абсолютно уверен, что я не смогу её выполнить за время $\tau \leq \tau_1$ и абсолютно уверен, что для её выполнения мне не понадобится время $\tau \geq \tau_2$ и

абсолютно уверен, что эту процедуру я реализую за время $\tau_3 \leq \tau \leq \tau_4$ ».

С учетом данного высказывания функция принадлежности нечеткой переменной τ к принятому терму будет равна:

$$\mu_M(\tau) = \begin{cases} 0, & \tau \leq \tau_1; \\ \frac{\tau - \tau_1}{\tau_3 - \tau_1}, & \tau_1 \leq \tau \leq \tau_3; \\ 1, & \tau_3 \leq \tau \leq \tau_4; \\ \frac{\tau_2 - \tau}{\tau_2 - \tau_4}, & \tau_4 \leq \tau \leq \tau_2; \\ 0, & \tau_4 \leq \tau. \end{cases}$$

График функции $\mu_M(\tau)$ показан на рис. 1.

Согласно работе [7] размышления субъекта о своей деятельности называется авторефлексией или рефлексией первого рода. Следовательно, мысленно формируя процедуру A_{ik} , i -й исполнитель «создает» некоторого исполнителя-фантома [4], которого будем называть исполнителем-фантомом нулевого уровня. Именно этого фантома исполнитель «наделяет» оценкой результатов своей собственной деятельности, то есть самооценкой.

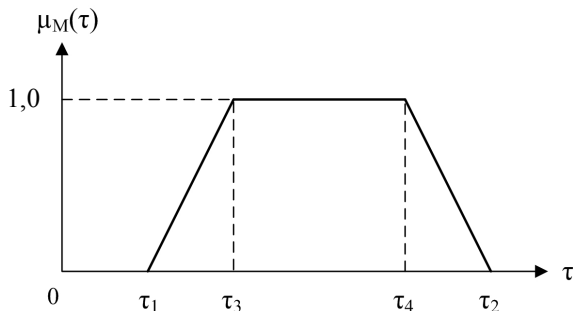


Рис. 1. График функции принадлежности $\mu_M(\tau)$

С учетом сказанного выше модель фантома-исполнителя нулевого уровня имеет вид:

$$g_{ik}^{(0)} = g_{ik}^{(0)}(A_{ik}, r_{ik}^{(0)}(\tau_{ik})). \quad (3)$$

В модели (3) верхний индекс «(0)» означает уровень фантома-исполнителя, а $r_{ik}^{(0)}(\tau_{ik})$ – является самооценкой, выраженной через затраты времени на восстановление работоспособности k -го элемента объекта.

Далее предположим, что i -й исполнитель относится к одному из следующих трех типов: γ_1 – исполнитель с завышенной самооценкой; γ_2 – исполнитель с заниженной самооценкой; γ_3 – исполнитель с адекватной самооценкой.

Кроме того, положим, что самооценка исполнителя не зависит от сложности процедуры восстановления работоспособности. В таком случае имеем три модели исполнителя-фантома нулевого уровня:

$$(g_i^{(0)})_1 = g_i^{(0)}(A_{ik}, (\gamma_i^{(0)})_1),$$

$$(g_i^{(0)})_2 = g_i^{(0)}(A_{ik}, (\gamma_i^{(0)})_2),$$

$$(g_i^{(0)})_3 = g_i^{(0)}(A_{ik}, (\gamma_i^{(0)})_3).$$

При этом, для рассматриваемых типов исполнителей (и, естественно, их фантомов) в пределах постоянного временного диапазона (τ_1, τ_2) имеют место следующие соотношения (см. рис. 1):

- для агента типа γ_1
 $(\tau_4)_1 < (\tau_4)_3 < (\tau_4)_2, (\tau_3)_1 = \tau_3;$
- для агента типа γ_2
 $(\tau_3)_2 < (\tau_3)_3 < (\tau_3)_1, (\tau_4)_2 = \tau_4;$
- для агента типа γ_3
 $\begin{cases} (\tau_3) < (\tau_3)_3 < (\tau_3)_2; \\ (\tau_4)_1 < (\tau_4)_3 < (\tau_4). \end{cases}$

Отметим, что выбор функций принадлежности $\mu_M(\tau)$ в виде трапеций основывается на утверждении, указанном ниже. Уже указывалось, что процедура восстановления работоспособности A_{ik} фактически является нормой. Примем, что i -й исполнитель является агентом однопиковым (как это принято в большинстве работ по теории активных систем). В этом случае при совпадении нормы деятельности агента с его предпочтениями множество рационального выбора состоит из одной точки, что фактически исключает возможность корректировки принимаемого решения. Следовательно, для расширения «свободы для маневра» необходимо ослабить требования к рациональности поведения агента. Для этого предлагается использовать концепцию ограниченной рациональности [3]. В соответствии с этой концепцией агент выбирает не оптимальную альтернативу, обеспечивающую максимум его целевой функции, а рациональные альтернативы, приводящие к удовлетворяющему агента значению его целевой функции.

Сопоставив эти положения с полученными нами результатами, можно утверждать, что временной интервал $[\tau_{3i}, \tau_{4i}]$ как раз и определяет область ограниченной рациональности i -го исполнителя службы TOP. При этом выбор исполнителем можно представить так:

$$P[\tau_i, \mu_M(\tau_i)] = \{\tau_i \in (\tau_{3i}, \tau_{4i}) \mid \mu_M(\tau_i) = 1\}. \quad (4)$$

Заключение

Проведенный в данной работе анализ позволил сформировать корневую вершину структуры ин-

формированности исполнителя службы технического обслуживания и ремонта в виде нечеткой модели фантома-исполнителя нулевого уровня, рациональное поведение которого основывается на предложенном в статье правиле (4).

Данная модель является открытой с точки зрения её расширения, то есть формирования вершин более высоких уровней в структуре информированности, отображающих оценки и самооценки при работе исполнителя в условиях неопределенности, при работе нескольких исполнителей автономно и в команде и т.п.

Литература

1. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами [Текст] / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
2. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами [Текст] / Д.А. Новиков. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
3. Новиков, Д.А. Институциональное управление организационными системами [Текст] / Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 68 с.
4. Новиков, Д.А. Рефлексивные игры [Текст] / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: Синтез, 2003. – 149 с.
5. Резников, В.А. Качественные модели системы управления техническим состоянием оборудования [Текст] / В.А. Резников, А.М. Суворова. // Искусственный интеллект. – 2011. – № 1. – С. 229-235.
6. Ермаков, Н.С. Модели репутации и норм деятельности [Текст] / Н.С. Ермаков, А.А. Иващенко, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2005. – 67 с.
7. Новиков, А.М. Методология научного исследования [Текст] / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.
8. Губинский, А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А.И. Губинский. – Л.: Наука, 1982. – 270 с.
9. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст] / А. Кофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

Поступила в редакцию 13.11.2012

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., зав. каф. системного анализа и моделирования А.С. Миненко, Институт информатики и искусственного интеллекта ДонНТУ, Украина.

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ВИКОНАВЦЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ В УМОВАХ ВИЗНАЧЕНОСТІ

В.О. Резніков, О.М. Темник

Описана модель вибору виконавцем процедури усунення відмови устаткування в умовах визначеності. Проведений аналіз основних показників якості роботи виконавця, що характеризують його кваліфікацію. Розроблена модель самооцінки виконавця при виконанні процедури відновлення устаткування на основі показнику часу. Сформована коренева вершина структури інформованості виконавця служби технічного обслуговування і ремонту у вигляді нечіткої моделі фантома-виконавця нульового рівня, раціональна поведінка якого ґрунтується на запропонованому в статті правилі вибору виконавцем.

Ключові слова: служба технічного обслуговування і ремонту, виконавець, умови визначеності, нечітка модель, структура інформованості.

FUZZY MODEL OF THE PERFORMER OF SYSTEM OF TECHNICAL SERVICE AND REPAIR IN THE CONDITIONS OF DETERMINANCY

V.A. Reznikov, A.M. Temnyk

The performer choice model of procedure of removing an equipment failure in the conditions of determinancy is described. The analysis of the main quality indicators of operation of the performer which characterize his qualification is carried out. The model of the performer self-assessment is developed in case of execution of procedure of restoration of the equipment on the basis of a time indicator. The root node of the performer of knowledge structure of division of technical service and repair in the form of fuzzy model of the phantom performer of the zero level which rational behavior is based on the rule of a choice offered in article the performer is created.

Key words: division of technical service and repair, performer, determinancy conditions, fuzzy model, knowledge structure.

Резников Владимир Александрович – канд. техн. наук, доцент каф. компьютеризированных систем управления, Институт информатики и искусственного интеллекта ДонНТУ, Донецк, Украина.

Темник Александра Михайловна – аспирант каф. компьютеризированных систем управления, Институт информатики и искусственного интеллекта ДонНТУ, Донецк, Украина, e-mail: alfa_ua@mail.ru.