УДК 004.054:519.68:681.51

А.И. Андрюхин, к. т. н., доц.,
В.А. Артеменко, аспирант
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина
alexandruckin@rambler.ru, veraa86@rambler.ru

Рефлексивная компьютерная модель и логическая идентификация состояния коллектива агентов

Рассмотрено понятие рефлексивного предприятия, представлена система моделей для описания логического состояния коллектива агентов. Представлен метод решения системы булевых уравнений. Приведены результаты расчетов.

Ключевые слова: рефлексивное предприятие, агенты, булевы переменные, парадоксы, системная модель.

Общая постановка проблемы

Рефлексивная деятельность человека обычно направлена на осмысление своих собственных действий и законов. Модель считают рефлексивной, если в ней отражена способность строить модели себя и других систем и одновременно видеть себя строящими такие модели.

Рефлексия всегда привлекала внимание специалистов различных научных направлений, так как по мнению многих ученых человека отличает от животного уровень ее развития. Поэтому выполнялись исследования рефлексии с различных точек зрения и в различных областях применения [1-3].

Так известна математико-психологическая модель Лефевра, использующая функцию $x1 = F(x1, F(x2, x3))$. Функция $x2 = F(x2, x3)$ интерпретируется как образ себя, имеющийся у субъекта. Первая переменная этой функции, представляет перцептивный вход, а второй переменной соответствует ментальный образ себя.

Получен известный результат, что функциональное уравнение

$$\Phi(x1, \Phi(x2, x3)) = x1 + (1 - x1)(1 - x2)x3$$

где x1, x2, x3 числа из [0,1] и все значения $\Phi(x, y)$ принадлежат [0,1], имеет единственное решение $\Phi(x, y) = 1 - y + xy = F(x, y)$ [4].

Рефлексивный подход при использовании в системе управления предприятиями учитывает поведение других участников рынка и способствует принятию обоснованного адекватного управленческого решения. Рефлексия предприятия как социальной системы формируется через ее рефлексивные элементы: сотрудников, группы и другие социальные образования. Человек является базовым рефлексивным элементом любой социальной системы.

Рассматривая систему корпорации, определяем, что сотрудники корпорации постоянно вовлечены в различные формы сотрудничества друг с другом. Для выполнения глобальной цели задачи могут быть подразделены и адресованы разным сотрудникам. Сотрудники выполняют свои действия в локальном масштабе, но при этом они могут общаться друг с другом для обмена информацией и координации своих действий для получения более эффективного и быстрого результата. Когда сотрудники сообща выполняют одну задачу, они всегда должны реагировать на действия, предпринимаемые друг другом [5-6].

Таким образом, для эффективного сотрудничества в рамках не только одного предприятия, но и рынка в целом, участники должны оценивать не только собственные действия, но и действия, предпринимаемые конкурентами. При рефлексивном подходе мы исследуем систему многократных отражений наблюдаемой реальности и субъектами могут выступать агенты, которыми можно считать отдельных людей, фирмы и предприятия, страны.

В общем, когда участники вовлечены в сотрудничество, они всегда должны реагировать на действия, предпринятые другими участниками сотрудничества. Таким образом, участники обычно предпринимают действия, основанные на результатах действий других. Если участники могут предсказать действия, которые будут взяты другими и определить эффекты действий, они могут принять решения относительно своих действий при условии, что другие предприняли уже определенные ими действия. Таким образом, в то время как участники планируют свое локальное поведение, они могут легче создать более простые локальные планы, чтобы достигнуть цели сотрудничества, потому что они приняли во внимание действия, которые другие участники могут предпринять в сотрудничестве. Кроме того, если участники принимают соответствующие и точные средства прогнозирования, они, возможно, не должны общаться друг с другом, не говорить ничего относительно интерпретации и понимания средств коммуникации, которые могут обеспечить более краткий путь участникам для эффективного сотрудничества.

Люди могут обычно использовать следующие средства, чтобы спрогнозировать поведение других.

• Случайное прогнозирование, которое базируется на действиях, которые будут осуществлены или выполнены другими людьми с определенной долей вероятности. Очевидно, что точность прогнозирования не будет достаточно высока. Однако, если мы можем принять во внимание частоту возникновения действий, точность прогнозирования будет значительно увеличена.

• Прогнозирование будущего на основании прошлых событий. Этот вид прогнозирования базируется на истории действий, которые предпринимались другими агентами ранее и ситуаций, при которых эти действия были выполнены. Это - своего рода прогнозирование на событиях. Если поведение других будет регулярным, то есть, прослеживаемым, то точность прогнозирования этого подхода будет весьма высока. Рассуждения на основе случайности (Lenz и др. 1998) также можно рассматривать как подход к прогнозированию

• Прогнозирование, основой которого является извлечение опытных правил из наблюдений за третьими лицами, событиями, знаниями или предложениями. Расширяя возможности наблюдения, возможно спрогнозировать дальнейшее поведение субъектов и причины такого поведения.

Например, мы можем спрогнозировать сроки путешествия других согласно прогнозу погоды. Предыдущие два типа прогнозирования выполняются людьми независимо от ситуаций без внешней помощи; при этом, если использовать внешнюю помощь, то точность прогноза значительно повышается.

Рассуждая о поведении других, необходимо становится на их позицию. Например, на рынке, продавец станет с большей готовностью понижать цену, если он будет полагать, что его общая прибыль возрастет. Таким образом, когда он покупает что-то, он знает, что другие, продающие вещь, будут уменьшать цену, если общая прибыль возрастет. Если другие участники будут думать и действовать точно как он, то данный продавец сможет прогнозировать поведение других более точно. Используя этот подход, придется рассуждать об образцах поведения других. Этот вид прогнозирования базируется на рациональности.

Для первых трех типов прогнозирования возможны изменения в точности и эффективности. Например, первый подход очень эффективен, но не настолько точен. Если мы хотим увеличить его точность, нам, вероятно, придется учесть истории действий каждого человека, которые приведут к увеличению сложности прогнозирования и приведет к увеличению сложности прогнозирования, и, следовательно, к понижению эффективности. Кроме того, эти подходы основаны на событиях, и точность прогнозирования зависит в значительной степени от правильности эмпирического знания. Кроме того, рассуждения, основанные на событиях, могут быть немонотонными, и их сложность слишком высока.

Последний тип прогнозирования дает верный прогноз, если мы точно можем оценить поведение и психологическое состояние других участников.

Таким образом, если участники, вовлеченные в сотрудничество, имеют образцы поведения других людей в различных ситуациях и склонны к верным рассуждениям, то они будут в состоянии точно и эффективно прогнозировать поведение других людей, что приведет к высокоэффективному сотрудничеству.

<u>Целью</u> исследования является оценка возможности определения логического состояния коллектива агентов на основании их оценок истинности множества наблюдаемых отношений при использовании системной модели коллектива агентов. Это позволит более точно прогнозировать поведение последних.

<u>Задачей</u> исследования является построение системной модели отображения рефлексивных представлений агентов о совместном взаимодействии и программы эффективной обработки данных наблюдений..

Постановка задачи

Будем понимать под ситуацией в каждый момент времени набор определенных состояний внешней среды и элементов систем. Ситуация может быть описана множеством отношений **R** между объектами внешней среды и элементами систем $\mathbf{S_i}$. На базе информации, поступающей из внешней среды и собственных подсистем, система $\mathbf{S_i}$ может построить информационную модель ситуации **A**, которую мы обозначим $\mathbf{J_i(A)}$ – информационная модель ситуации **A** для системы $\mathbf{S_i}$. Само состояние модели $\mathbf{J_i(A)}$ описывается путем указания истинности некоторых предикатов $\mathbf{P_{ij}(A)}$. Эти предикаты соответствуют отношениям $\mathbf{r_{ij} \in R_i}$, где $\mathbf{R_i}$ – множество отношений для системы $\mathbf{S_i}$, которые определяются на основании ее данных наблюдений.

Рассмотрим коллектив из **N** агентов различных типов, каждый из которых может быть описан набором булевых переменных $\mathbf{a_i=(a_{i,1}, a_{i,1},\ldots, a_{i,n}), i=1,N}$[6-7]. Будем понимать под состоянием ситуации **A** в определенные моменты времени $\mathbf{t_1, t_2,..., t_K}$,$\mathbf{k=1,K}$ значения компонентов $\mathbf{a_i}$. Каждый агент $\mathbf{a_i}$ выполняет оценку ситуации **A** указанием истинности или ложности булевозначной функции $\mathbf{f_i(t_k,A)}$, которые принадлежат **П**. Наиболее применяемой моделью для описания систем является автоматная модель, поэтому считаем, что функционирование агентов представимо согласно рис.1.

Необходимо упомянуть, что в автоматной модели системы обычно определяют функцию выхода и функцию перехода. Так как мы считаем тип агента неизменным в моменты времени $\mathbf{t_1, t_2,..., t_K}$, то функцию перехода по состояниям можно не задавать, т.к. можно считать, что состояние единственное.

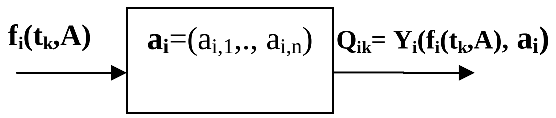

Рисунок 1 - Оценка значения $\mathbf{f_i(t_k,A)}$ агентом $\mathbf{a_i}$ логическим значением $\mathbf{Q_{ik}}$.

Следовательно, информация, получаемая в моменты времени $\mathbf{t_k}$, $\mathbf{k=1,K}$, может быть выражена системой булевых уравнений

$$\mathbf{Y_i(f_i(t_k,A), a_i)\oplus Q_{ik}=0, i=1,N,\ k=1,K} \qquad (1)$$

где $\mathbf{Q_{ik}} \in$ (**True,False**), $\oplus$(**Exor**)-операция сумма по модулю 2.Далее считаем, что значения **True(False)** кодируются **1(0)** соответственно.

Пусть **P1(A)** и **P2(A)** булевозначные функции (предикаты, булевы функции). Определим булеву функцию **T(P1,P2)** равную 1,если **P1=P2** и 0 в противном случае. Тогда значение функции **T(P1,P2)** можно вычислять согласно формуле (2), следуемой из ее таблицы истинности таб.1.

$$\mathbf{T(P1,P2)=\neg(P1\oplus P2)} \qquad (2)$$

Легко показать, что для булевой переменной x $\mathbf{T(x,0)=\bar{x}}$, $\mathbf{T(x,1)=x}$.

Таблица 1. Таблица истинности **T(P1,P2)**

P1	P2	T(P1,P2)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Важно отметить, что система булевых уравнений (1) может не иметь решений для определенного момента времени $\mathbf{t_k}$ или определенного множества **П**.

Примерами являются известные классические парадоксы, которые показывают ограниченность булевой логики для описания человеческого мышления, т.е. нет булевых решений для систем логических уравнений, которыми мы описываем парадоксы.

1.Парадокс лжеца: «Я лгу».

2.Парадокс о Сократе и Платоне: Сократ: «То, что сказал Платон, есть ложь», Платон: «Сократ говорит только правду» .

3.Парадокс Журдэна (эквивалент предыдущего парадокса)

«Второе предложение ложно. Первое предложение верно» .

4.Парадокс Альберта Саксонского:

*Q*1: «Предложение *Q*2 ложно»;

*Q*2: «Предложение *Q*3 ложно»;

*Q*3: «Предложение *Q*1 ложно».

Для этих парадоксов нет булевых решений.

Рассмотрим парадокс лжеца. Обозначим через **Q** тип высказывающего человека.

Имеем уравнение $\mathbf{Q=T(Q,False)=T(Q,0)}$ и получаем противоречие $\mathbf{Q=\bar{Q}}$.

Рассмотрим парадокс Журдэна. Учитывая кодировку **True(False)** соответственно **1(0)**, получаем уравнения **Q1=T(Q2,0), Q2=T(Q1,1).** Отсюда $\mathbf{Q1=\overline{Q2}}$, **Q1=Q2**.Складывая их по модулю 2, получаем $\mathbf{Q1\oplus Q1=\overline{Q2}\oplus Q2}$ или **0=1**.

Рассмотрим парадокс Альберта Саксонского. Имеем уравнения **Q1=T(Q2,0), Q2=T(Q3,0), Q3=T(Q1,0).** Согласно (2) $\mathbf{Q1=\overline{Q2},\ Q2=\overline{Q3},\ Q3=\overline{Q1}}$. Складывая их по модулю 2, получаем $\mathbf{Q1\oplus Q2\oplus Q3=\overline{Q1}\oplus\overline{Q2}\oplus\overline{Q3}}$. Прибавляя к левым и правым частям $\mathbf{Q1\oplus Q2\oplus Q3}$, получим $\mathbf{0\oplus 0\oplus 0=1\oplus 1\oplus 1}$ или **0=1.**

Важной для анализа ситуаций в различных научных дисциплинах, является системная модель, в которой взаимодействуют системы (агенты, субъекты), оценивающие истинность предикатов, которые ассоциируем с соответствующими отношениями в определенное множество моментов времени. Считаем, что возможны три типа агентов, которые :

а) всегда правильно оценивают наличие или отсутствие отношения или истинность соответствующего предиката;

б) всегда неправильно оценивают истинность предиката, т.е. инвертируют его значение;

в) случайным образом выполняют оценку истинности предикатов.

Для кодировки 1,2,3 типа агента $\mathbf{a_i}$ будем использовать два двоичных бита ($\mathbf{a_{i1}}$, $\mathbf{a_{i2}}$) со следующими значениями (0,0), (1,0), (0,1) соответственно. Сопоставим также каждому агенту случайную величину ξ_i. В общем случае, она принимает в определенный момент времени значения 0 или 1 согласно некоторому распределению, но в данной работе, мы считаем, что ξ_i =0(1) с вероятностью $\mathbf{p_i(1- p_i)}$ соответственно. Тогда следуя автоматной модели на рис.1, функция отклика таких агентов на входной сигнал $\mathbf{f_i(t_k,A)}$ может быть записана следующим образом

$$\mathbf{Y_i(f_i(t_k,A), a_i)\oplus Q_i= f_i(t_k,A) \oplus a_{i1}\oplus \xi_{ik}\, a_{i2})\oplus Q_{ik} =0,\quad i=1,N,\ k=1,K} \qquad (3)$$

При ξ_{ik} =0 отклик **i**-го агента в момент времени $\mathbf{t_k}$ совпадает с выходной реакцией агента первого типа. При ξ_{ik} =1 отклик агента совпадает с выходной реакцией агента второго типа. Подчеркнем, что если в один момент времени $\mathbf{t_k}$ выполняется **i**-ым агентом несколько оценок, то последним соответствуют столько же переменных ξ. Заметим, что в приведенных выше парадоксах действуют агенты 1 и 2 типов, которые можно кодировать одной компонентой $\mathbf{a_{i1}}$ равной 1 и 0 соответственно. При этом $\mathbf{Y_i(f_i(t_k,A), a_i)= \neg(f_i(t_k,A) \oplus a_{i1})= Q_{ik}}$.

Можно условно интерпретировать уравнения (3), как преобразование агентом **a=(a1,a2,** $\boldsymbol{\xi_a}$**)** булевого значения **f** в значение **f** ⊕ **g(a1,a2,** $\boldsymbol{\xi_a}$**)** в определенный момент времени. Построив таблицу истинности таб.2, в которой представлены все случаи изменения **f** выражением $\mathbf{a_1\oplus \xi_a\, a_2}$ и доопределив ее, можно показать, что простейшей функцией является $\mathbf{g(a1,a2, \xi_a)=a1\vee a2^* \xi_a\overline{a1}}$.

Таблица 2 - Таблица истинности **g(a1,a2,** $\boldsymbol{\xi_a}$**)**

a1	**a2**	ξ_a	**g**
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Рассмотрим простой пример для уяснения основных моментов данной модели. Предположим, что два агента A и B выполняют взаимные оценки: оценка A: B – агент первого типа, оценка B: A - не агент первого типа. Какой вывод можно сделать согласно этим оценкам?

Обозначим неизвестные компоненты типов агентов через $\mathbf{A - (a_1, a_2, \xi_a)}$, $\mathbf{B - (b_1, b_2, \xi_b)}$. Так как информация для ситуации принятия решения представлена для одного момента времени, считаем $\mathbf{f_i(t_k,A) = f_i(A)}$. Согласно взаимным оценкам **A** и **B**, составим и решим систему уравнений на основании вышеописанной системной модели. Истинность оценки агентом **A**, утверждения, что **B** агент первого типа есть $\mathbf{Q_a}$, равная истинности $\mathbf{f_a(A)= T(b_1,0\ )\&T(\ b_2,0)}$, которая равна 1(**True**). Истинность оценки агентом **B**, утверждения,что **A** не агент первого типа есть $\mathbf{Q_b}$, равная истинности $\mathbf{f_b(A)= T(a_1,0\ )\&T(\ a_2,0\ )}$, которая равна **0(False)**.

Имеем $\mathbf{T(b_1,0\ )\ \&T(\ b_2,0\ ) \oplus a_1\oplus \xi_a\, a_2=1,\ T(a_1,0\ )\ \&T(a_2,0\ ) \oplus b_1\oplus \xi_b\, b_2=0,\ a_1\&\ a_2=0\ ,\ b_1\&\ b_2=0.}$

Последние два уравнения отражают свойства кодировки. Выполнив преобразования согласно (2), получаем $\mathbf{\overline{b}_1\&\ \overline{b}_2\ \oplus a_1\oplus \xi_a\, a_2=1,\ \overline{a_1}\ \&\overline{a_2}\oplus b_1\oplus \xi_b\, b_2=0,\ a_1\&\ a_2=0,\ b_1\&\ b_2=0.}$

Решение этих уравнений можно найти, перебирая значения всех шести логических независимых переменных. Мы же приведем аналитическое решение, полагая, что $\mathbf{\overline{b}_1\&\ \overline{b}_2\ =1}$ или $\mathbf{\overline{b}_1\&\ \overline{b}_2\ =0}$.

1.Допустим, что $\mathbf{\overline{b}_1\&\ \overline{b}_2\ =1}$, тогда $\mathbf{b_1 =b_2=0}$ и $\mathbf{\overline{a_1}\ \&\overline{a_2}=0}$. Вследствие того, что $\mathbf{a_1\&\ a_2=0}$ и $\mathbf{a_1\oplus \xi_a\, a_2=0}$ (при условии $\mathbf{\overline{b_1}\ \&\overline{b_2}=1}$) имеем единственное решение $\mathbf{a_1=0}$ и $\mathbf{a_2=1, \xi_a=0}$. Это означает, что **A** – агент третьего типа.

2.Допустим, что $\mathbf{\overline{b}_1\&\ \overline{b}_2\ =0}$, тогда $\mathbf{a_1\oplus \xi_a\, a_2=1}$ и либо $\mathbf{b_1=1\ ,\ b_2=0}$ либо $\mathbf{b_1=0\ ,\ b_2=1}$, ξ_b =**ξ.** Если $\mathbf{b_1=1\ ,\ b_2=0}$, то $\mathbf{\overline{a_1}\ \&\overline{a_2}=1}$ и следовательно $\mathbf{a_1=0}$ и $\mathbf{a_2=0.}$Но это противоречит соотношению $\mathbf{a_1\oplus \xi_a\, a_2=1}$ и следовательно этот вариант невозможен. Рассматривая вариант $\mathbf{b_1=0\ ,\ b_2=1,\ \xi_b =0}$ получаем что **B** – агент третьего типа. Окончательный ответ при рассмотрении этого примера: либо **A** – агент третьего типа либо **B** – агент третьего типа.

Эффективное решение системы булевых уравнений

Известно, что в общем виде определить решения системы булевых уравнений от **L** переменных является нетривиальной задачей уже при **L**~30. Уравнения (3) имеют специфичный вид и возможно для них использовать методику из [8]. Для этого выполняем замену булевых выражений алгебраическими выражениями, согласно $X \vee Y = \mathbf{X+Y-XY}$, $X \wedge Y = \mathbf{XY}$, $\overline{X} = \mathbf{1-X}$, $X \oplus Y = \mathbf{X+Y-2XY}$, где **X, Y** в правых частях равенств являются положительными действительными переменными не больше 1.

Логическому выражению $a1 \vee a2^* \xi_a \overline{a1}$ соответствует алгебраическое выражение $\mathbf{a1+ a2^* \xi_a(1- a1)^2}$, где вещественные переменные $\mathbf{a1, a2}, \xi_a$ лежат в интервале (0,1).

Рассмотрим метод сведения решения системы булевых уравнений к нахождению минимума вещественной функции многих переменных. Вид этой функции определяется (3). Здесь мы используем известный метод решения систем уравнений $\mathbf{F_i(x)=0, i=1,N}$ путем определения $\mathbf{\min \sum_1^N F_i^2(x)}$. Если минимальное значение равно нулю, координаты точки минимума являются решениями исходной системы уравнений. Если $\mathbf{F_i(x) \geq 0}$ для $\mathbf{i=1,N}$, то можно определять $\mathbf{\min \sum_1^N F_i(x)}$.

Мы также можем считать в момент времени $\mathbf{t_k}$, что в коллективе агентов присутствуют только агенты 1 и 2 типов, так как агенты s_i третьего типа выступает как агент 1(2) при ξ_s равным 0(1) соответственно.

Поэтому мы должны решать систему уравнений (1) для каждого момента времени $\mathbf{t_k}$ независимо. Следовательно мы решаем **К** раз систему вида

$$\mathbf{f_i(A) \oplus a_{i1} \oplus \xi_i a_{i2}) \oplus Q_i = 0 \quad i=1,N,} \qquad (4)$$

Без ограничения общности можно считать, что $\mathbf{Q_i=0}$, т.е. можно всегда рассматривать систему булевых уравнений с нулевыми правыми частями

$$\mathbf{w_i(A) \oplus a_{i1} \oplus \xi_i a_{i2} = 0 \qquad i=1,N} \qquad (5)$$

где $\mathbf{w_i(A)= f_i(A)}$ при $\mathbf{Q_i = 0}$ и $\mathbf{w_i(A)=1-f_i(A)}$ при $\mathbf{Q_i = 1}$.

Обозначим через $\mathbf{aw_i(A)}$ алгебраическое представление булевого значения $w_i(A)$. Рассмотрим для каждого k функцию

$$\sum_1^N \left(\mathbf{(aw_i(A)+ a1_i+ a2_i^* \xi_i(1- a1_i)^2 - 2^* (a1_i+ a2_i^* \xi_i(1- a1_i)^2)^* aw_i(A))} \right)$$

Ее минимальное значение равно 0 при значениях переменных равных 0,1. Система булевых уравнений не имеет решения, если найденный минимум не равен 0. Агент имеет тип 1(2) соответственно, если для него мы получаем одинаковое значение первой компоненты 0(1) для всех **К** опросов, иначе агент имеет третий тип.

Полученные результаты

Были получены следующие результаты для систем булевых уравнений, которые заведомо имели решения и зависели от 32, 36, 40 двоичных переменных.

При решении исходных булевых уравнений расчет насильственно прекращался после истечения 30 минут.

Во втором случае использовали функцию minimize для соответствующих целевых функций действительных неотрицательных переменных не больших единицы. Найдены 256, 512, 1024 решения за 6.4, 10.9 ,15.5 секунд соответственно.

Расчеты выполнялись на двухядерном процессоре **Intel** с частотой 1.86 МГгц в системе Maple 15.

Выводы

Научная новизна работы заключается в том, что впервые была предложена методика построения системы булевых уравнений, которые отражают рефлексивные представления агентов относительно идентификации логического состояния других агентов и себя в частности.

Практическая значимость результатов, описанных в работе, состоит в получении оценок состояния агентов коллектива, что позволяет более точно и эффективно прогнозировать поведение последних. Это приводит к уменьшению временных затрат при взаимодействии и следовательно является основой более эффективного сотрудничества.

Результаты работы, помимо теории мультиагентных систем, могут быть использованы в технической диагностике, логической идентификация систем, бизнес-моделях.

Перспективными представляются:

а)исследования условий единственности решения;

б)обобщения модели при увеличении типов агентов и условий их взаимодействия (сотрудничества, конфронтации и т.п.).

Это возможно конкретизацией вида выходной функции для рассматриваемого агента **a** при его взаимодействии с агентом **b**, т.е. как $\mathbf{Y_i(f_i(t_k,A)}$ зависит от параметров агентов **a , b.**

Список использованной литературы

1. Тейяр де Шарден П. Феномен человека / Тейяр де Шарден П. – М., 2001.

2. Хофштадтер Д. Гедель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда / Д. Хофштадтер. – Самара, 2001. – 752 с.

3. Андрюхин А.И. Компьютерное исследование физических аспектов рефлексивности мышления человека / А.И. Андрюхин, А.В. Кузнецов // Научные труды ДГТУ. Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем. – 2002. – Вып. 29. – С. 218-226.

4. Lefebvre V.A. A Psychological Theory of Bipolarity and Reflexivity / V.A. Lefebvre. – Lewiston, N.Y.: The Edwin Mellen Press, 1992.

5. Лепский В.Е. Рефлексивное предприятие XXI века / В.Е. Лепский, Г.И. Зорина // Рефлексивные процессы и управление. – 2005. – № 2. – Т. 5. – С. 21-40.

6. Wenpin Jiao. Multi-agent cooperation via reasoning about the behavior of others / Wenpin Jiao // Computational Intelligence. – 2010. – Vol. 26. – Num. 1. – P. 57-83.

7. Vidal J.M. Fundamentals of Multiagent Systems with NetLogo / J.M. Vidal // Examples. – 2010, March 1.

8. Малюгин В.Д. Параллельные логические вычисления посредством арифметических полиномов / В.Д. Малюгин. – М.: Наука, Физматлит, 1997.

Надійшла до редколегії 01.04.2012

О.І. АНДРЮХІН, В.О. АРТЕМЕНКО
Донецький національний технічний університет

РЕФЛЕКСИВНА КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ І ЛОГІЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАНУ КОЛЕКТИВУ АГЕНТІВ

Розглянуто поняття рефлексивного підприємства, представлена система моделей для опису логічного стану колективу агентів. Представлений метод вирішення системи булевих рівнянь. Наведено результати розрахунків.

Ключові слова: рефлексивне підприємство, агенти, булеві змінні, парадокси, системна модель.

A.I.ANDRUHIN, V.A. ARTEMENKO
Donetsk National Technical University

REFLECTIVE COMPUTER MODEL AND THE LOGICAL STATE OF THE COLLECTIVE IDENTITY OF AGENTS

We consider The notion of reflexive enterprise. System model for the description of the logic state of the team of agents is presented.. Method for solving systems of Boolean equations is described. The results of calculations are given.

Keywords: reflexive enterprise, agents, Boolean variables, paradoxes, the system model.