

УДК 004.822

**А.А. Стенин, проф., д-р техн. наук, В.М. Бурлаков, доц., канд. техн. наук,  
В.В. Курбанов, асп.**

*Национальный технический университет Украины «КПИ»*

## Интеллектуальная мультиагентная система сбора и анализа данных для моделей знаний предметных областей

Предложенные в статье модель и методы построения мультиагентной интеллектуальной системы посредством логической оценки получаемых данных позволяют сократить время и повысить качество работы эксперта-аналитика. Реализация их предусматривает построение нейронной сети с нейронами, обладающими памятью и интегральной логикой.

В частности, предложен оригинальный метод реализации логики на основе генетического алгоритма, который обрабатывает пополняемую базу знаний и совершенствует каждое следующее поколение «генов», посредством взвешивания семантических данных на основе суперпозиции эталонной реакции на ситуацию и оценки ситуации текущим поколением «генов».

**интеллектуальная мультиагентная система, нейронная сеть, генетический алгоритм, модель знаний, предметная область**

**О.А. Стенин, проф., д-р техн. наук, В.М. Бурлаков, доц., канд. техн. наук, В.В. Курбанов, асп.**

*Національно технічний університет України «КПІ»*

## Интеллектуальная мультиагентная система сбора и анализа данных для моделей знаний предметных областей

Запропоновані в статті модель і методи побудови мультиагентної інтелектуальної системи за допомогою логічної оцінки одержуваних даних дозволяють скоротити час і підвищити якість роботи експерта-аналітика. Реалізація їх передбачає побудову нейронної мережі з нейронами, що володіють пам'яттю і інтегральною логікою.

Зокрема, запропоновано оригінальний метод реалізації логіки на основі генетичного алгоритму, який обробляє поповнювану базу знань і вдосконалює кожне наступне покоління «генів», за допомогою зважування семантичних даних на основі суперпозиції еталонної реакції на ситуацію і оцінки ситуації поточним поколінням «генів».

**інтелектуальна мультиагентна система, нейронна мережа, генетичний алгоритм, модель знань, предметна область**

**Введение.** В настоящее время, в смысле автоматизации информационного поиска и извлечения специализированных данных, активно ведётся работа по разработке алгоритмов, которые автоматически генерируют программы-посредники. Задача извлечения является сложной, поскольку требуется извлечь не только вид схемы данных, но также и связанную с ним семантическую информацию. Достижение полной автоматизации в этом вопросе маловероятно, и речь лишь может идти о создании автоматизированных методов и систем извлечения информации из Интернет. Актуальное исследование в области работы со слабо структурированной информацией на основе интеллектуальных агентов (ИА) привели к появлению большого количества альтернативных инструментов их создания.

Предлагаемая в данной работе интеллектуальная мультиагентная система (ИМС) связана с решением задачи сокращения затрат времени на поиск необходимых данных и улучшения их смыслового качества.

**Постановка задачі.** Формализованная модель ИМС может быть представлена тройкой основных функциональных компонентов  $MAS = (S, AG, env)$ , где:

- $S$  есть конечное множество состояний внешней среды;
- $AG = \{ag_1, \dots, ag_n\}$  есть конечное множество агентов, каждый из которых представлен расширенной моделью интеллектуального агента;
- $env : S \times A_{ag_1} \times \dots \times A_{ag_n} \rightarrow 2^S$  есть функция, описывающая возможную реакцию внешней среды на действия всех агентов системы. Множество всех возможных совместных действий системы обозначим  $ACS = A_{ag_1} \times \dots \times A_{ag_n}$  [1].

Известно [2], что множество  $S$  развивается эволюционно, распределяясь равномерно по разным логическим категориям знаний. Отсюда и формируемая модель знаний (МЗ), которая с учетом общего состояния множеств  $AG$ ,  $env$ ,  $ACS$  и условия важности развития их отдельных составляющих, постоянно обновляет и уточняет своё смысловое содержание. Множество  $AG$  связано с созданием онтологий для описаний расширенных моделей и модульного дополнения моделей агентов. Множество  $ACS$  динамично обновляется, учитывая все воспринимаемые агентами изменения внешней среды на основе их интегрального опыта. Низкая эффективность работы существующих автоматизированных систем сбора и анализа специализированных данных для формирования моделей знаний предметных областей связана с отсутствием адаптивных интеллектуальных механизмов постоянного информационного обновления моделей знаний. Одним из вариантов ее решения и является предлагаемая в данной работе обобщённая модель ИМС.

#### **Синтез обобщённой модели ИМС.**

Структурно ИМС представляет собой нейронную сеть с нейронами, обладающими памятью и интегральной логикой [5]. При этом адаптация ИМС к изменениям внешней среды происходит по принципам генетического алгоритма [7]. Интеллектуальные агенты в данной ИМС обеспечивают интеграцию нейронной сети с логикой принятия решений, основанной на мультиагентном методе синтеза деревьев решений [6]. В предлагаемой ИМС модификация указанного метода состоит в том, агенты переходят с узла на узел не с помощью случайного выбора, а генетическим отбором лучшего потомства. Процесс обучения в ИМС реализуется с обратными связями по различным акцепторам, которые связывают ядро ИМС с модулями обработчиками разных акцепторов и распределённых баз данных, выбранных и построенных под архитектуру ИМС. Данная ИМС предусматривает систематизацию данных моделей знаний и возможность варьирования логического текстостроения. Для реализации элемента «решение» используется опыт, приобретённый так называемым актуальным сенсорным полем (АСП) [3]. АСП – это ассоциативные связи актуальных полей сенсоров с обычной и когнитивной памятью. Далее производится логическая надстройка над ассоциативным запоминающим полем АЗП [3]. Для этого отфильтровываются на начальном этапе поступления информации исключения из правил системы, особые случаи паттернов построения семантики и т.д., а также информация для скрытого латентного слоя. Шифрование информации происходит по схеме вероятностной генерации числовой последовательности случайных кодовых слов из определённой выборки ключевых слов, которые передаются асинхронно в каждом пакете данных с «хэш-ключом соответствия». После осуществления транзакции и передачи пакета данных, ключ уничтожается и генерируется автоматически новая последовательность с новым ключом, вычисляемым из новой последовательности. В случае нарушения работы ИМС используется отдельно построенная выборка, отбираемая по принципу сильнейшего поколения «генов».

Для формирования логики действий ИА существует два варианта описания семантики [1]:

- с динамическим ментальным состоянием. В этом случае предполагается, что агент обновляет свое ментальное состояние («намерения») на каждом шаге взаимодействия с внешней средой.

- со статическим ментальным состоянием. В этом случае предполагается, что ментальное состояние агента не изменяется со временем.

Важной составляющей системы является коинтегрированное действие интерпретаторов обоих вариантов описаний семантики. Для этого используется алгоритм автоматического (или автоматизированного) создания онтологий и их запись в распределённую базу данных (БД). Эта БД используется интерпретаторами МЗ с автоматическим выделением категорий в области аксиом построения паттернов, которые характеризуются следующими обязательными онтологическими связями:

- мета описанием базы данных (концептуальная схема);
- описанием знаний об элементах базы данных;
- знаний о взаимосвязи понятий базы данных с понятиями естественного языка) [4].

Все знания предметной области составляют множество  $\Xi^S$  терминов (ключевых слов/запросов) и описываются в виде закономерностей на основе различных типов отношений (прямых и обратных), которые разбиты на восемь групп [4]. Такое разбиение даёт возможность сформировать первый уровень «онтологического представления» информации, т. е. понятийного базиса спецификаций. Фактически, это формирование ассоциативного ряда над базисом аксиом с отображением интегральных и дифференциальных оценок действительности и выделением случайной и предметноориентированной информации на скрытый слой, хранящийся в отдельной базе.

Любое решение ИМС есть логически обоснованный общий учёт оценок всех отношений со взвешенными коэффициентами групп отношений и их приоритетными воздействиями на среду и друг на друга. «Намерение» определяется поставленной перед интеллектуальным агентом целью, которая определяется последовательностью оценок приоритетов воздействия определённых логических групп с привлечением эталонной модели, учитывающей все оценки и «возмущения» множеств  $S, AG, env, ACS$ . «Возмущение» есть изменённое состояние основной модели по отношению к эталонной модели.

Каждый последующий уровень выбора онтологического представления информации формируется с учетом специфики предыдущего и интегральной оценки состояний системы в данный момент времени, в котором эталонная модель остаётся стабильной. Алгоритм формирования реализуется на основе индекса специфики принятия решений, определяемого по формуле:

$$i = F(l_j, s_k, h(j, k)) , \quad (1)$$

где  $i$  – коэффициент обозначающий интегральное соотношение индекса ситуации  $s_k = f(h)$  ( $k$  – вид ситуации,  $f$  определяется пересечением множеств  $k$  и  $k^*$ ) к индексу специфики  $l_j$  ( $j$  – специфика логики);

$h$  – суперпозиционная оценка (учитывается база вероятностей событий);

$n$  – максимальное количество видов ситуаций для группы векторов;

$\bar{S}$  – вектор ситуации,  $\bar{SL}$  направляющий вектор в пространстве логики, вида ситуации и их суперпозиционной оценки  $h$ . Далее приведена формализация мер  $j, k, h$ :

$$\begin{cases} k = \bar{S} \times n \\ j = k \times \bar{SL} \\ h = (k, j) \circ (k^*, j^*) \end{cases} . \quad (2)$$

Вид ситуации определяется количеством векторов ситуаций и влияет на выбор группы векторов, зависящей от типа ИА. ИА может принадлежать либо одной уникальной группе векторов, либо набору групп со схожими векторами. Выбор определённого вектора группы сперва основан на экспертных оценках, а затем, набрав опыт, ИМС формирует базу знаний (БЗ) направляющих логик, из которых, в зависимости от группы ИА, формируется выбираемый вектор ситуации, определяющий поведение агента.

Следует отметить, что один направляющий вектор может транзитивно соотноситься с множеством векторов ситуаций, и наоборот. Формально это можно записать следующим образом:  $\overline{SL}_5^1 = \overline{SL}_5^4 = \overline{SL}_6^1 = \dots$ . База ассоциаций направляющих векторов - это часть БЗ направляющих логик.

Суть бинарного (0 и 1) направляющего вектора состоит в том, что он нулями «обнуляет» те точки векторов ситуаций (определённых групп), которые ИА не должен «проходить» для решения поставленной задачи, точки векторов, это точки-действия пространства БЗ направляющих логик (действия агентов сети). БЗ направляющих логик включает в себя направляющие вектора, множества специфик логик, вектора и виды ситуаций, скорректированные оценки экспертов для  $\overline{S}$  и  $\overline{SL} - \overline{S}^* = \dots$  и  $\overline{SL}^*$  соответственно и временные поведенческие характеристики о количестве раз применений логик и оценок качества (как экспертных, так и системных – агентов оценщиков). Работа ИМС согласно формуле (1) происходит следующим образом. Индекс специфики уровня онтологического представления

$$l_j = L(k, j, h) \tag{3}$$

функционально определяется через  $(k, j) \cap (k^*, j^*)$ . Если такое пересечение есть, то оно выделяется (происходит отсечение лишних состояний и оценок) в оценочную меру  $h$  и составляет с  $k, j$  - три меры функции поведения ИА для «сложившейся» ситуации в пространстве поведений, т.е. поведение агента определяет индекс специфики логики.

Коэффициентами  $\overline{SL}$  являются приоритеты, увязанные через дифференциальную составляющую генетического кода потомства  $G$ , применяемой в определении индекса специфики логики:

$$l_j = \int G(s_k) dl, \tag{4}$$

основанном на выборе  $\overline{S}$ . Каждое новое возмущение создаёт новый момент и переводит статическое ментальное состояние в динамическое учитывая оценки всех возмущений, давая возможность перехода на новый временной этап системы.

Дифференциальное состояние потомства генетического кода  $G$  – это оценка возможного прироста или падения потомства на вектор пространстве решений трёхмерной функции поведения агента (мерами являются множества  $(k, j, h)$ ), делают агенты оценщики, при том мера считается полной (то есть коэффициент при точке вектора  $\overline{SL} = \mathbf{1}$ ), тогда и только тогда, когда:

$$\begin{cases} dh \neq 0 \\ dj > 0 \\ dk > 0 \end{cases} . \tag{5}$$

**Заключение.** В данной работе синтезирована обобщённая модель ИМС сбора и анализа данных с алгоритмом принятия решений, основанным на генетическом подходе и мультиагентном методе синтеза деревьев решений и нейронной сети, использующей

индекс специфики принятия решений. Снижение времени поиска в ИМС обусловлено алгоритмом отбора управляющих решений, использующим оценки множеств видов ситуаций и специфик логик, а не сами множества.

Повышение качества информации достигается на каждой итерации отбором поведений с высокой частотой использований и отсеканием области суперпозиционных оценок индексом специфики логики и индексом ситуации, что повышает уровень онтологического представления информации.

## Список литературы

1. Бугайченко Д. Ю. Разработка и реализация методов формально-логической спецификации самонастраивающихся мультиагентных систем с временными ограничениями. Санкт-Петербург – 2007. Страницы в порядке упоминания – 48-49, 106, 139.
2. Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский Базы знаний интеллектуальных систем. СПб-2000. ПИТЕР – 48 с.
3. Ю.Кисленко. От мысли к знанию (нейрофизиологические основания). Киев-2008. «Український літопис». – 38 стр.
4. Л.В. Найханова, И.С. Евдокимова. Методы и алгоритмы трансляции естественно-языковых запросов к базе данных SQL-запросы. Улан-Удэ – 2004. ВСГУ. Страницы в порядке упоминания – 54, 59.
5. Hodgkin, A., and Huxley, A. (1952): A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *J. Physiol.* 117:500—544.
6. С.А. Субботин, Ан.А. Олейник, Е.А. Гофман, С.А. Зайцев, Ал.А. Олейник Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов. Харьков – 2012. Компания Смит. – 132, 133.
7. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Генетический\\_алгоритм](https://ru.wikipedia.org/wiki/Генетический_алгоритм).

**Aleksandr Stenin, V. Burlakov, Valery Kurbanov**

*National Technical University of Ukraine “Kyiv Politechnic Institute”*

**Intelligent multiagent data collection and analysis system for the knowledge models of subject areas**

The low efficiency of the existing automated systems for the collection and analysis of data for the formation of specialized knowledge models in subject areas, concern to the absence of intelligent adaptive mechanisms for continuous updating of information modeling knowledge.

We propose in this article the intelligent multiagent system related with the solution of the problem of reducing the time of search for the required data and to improving their semantic quality.

Reducing the search time is because we select the control decisions of evaluations on sets kinds of situations and specificity logic, but not of themselves sets.

Improving the quality of information at each iteration happens because of selection behaviors with a high frequency of use and cutoff field of superimposed evaluations by the index of logic specificity and situation index.

Multiagent is disclosed in the introduction imitating agents (primary agents evaluators) with dynamic mental state (in base, the state of those they imitate - static), when passing "behavior selection" by experts and "evolution", they dynamically continue to exist or reborn in static agents evaluators.

**intelligent multiagent system, neural network, genetic algorithm, knowledge model, subject area**

Одержано 19.11.14