

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Петрушин В.А.* Экспертно-обучающие системы. – К.: Наукова Думка, 1992. – 264 с.
2. *Атанов Г.А., Пустынникова И.Н.* Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы. – Донецк: Изд-во ДОУ, 2002. – 504 с.
3. *Марков В.В., Луцан М.В.* Организация тестового контроля знаний на основе нечёткой модели экзаменатора // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – 262 с.
4. *Кравченко Ю.А.* Создание учебного проекта как основа образовательного процесса в малых группах // Открытое образование Научно-практический журнал. – М.: CAPITALPRESS, 2009. – № 6 (77). – С. 26-33.
5. *Валгина Н.С., Розенталь Д.Э., Фомина М.И.,* Современный русский язык: Учебник под редакцией Н.С. Валгиной. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2002. – 528 с.
6. *Курейчик В.М., Писаренко В.И.* Синергетика в образовании // Открытое образование. Научно-практический журнал. – М.: CAPITALPRESS, 2010. – № 4 (77) – С. 26-33.
7. *Курейчик В.М.* Биоинспирированный поиск с использованием сценарного подхода // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 7-13.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

**Марков Владимир Васильевич**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: v\_v\_mar@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

**Markov Vladimir Vasilyevich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomous Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”

E-mail: v\_v\_mar@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone.: +78634371651.

The Department of Computer Aided Design; Associated Professor.

УДК 002.53:004.89

**Ю.А. Кравченко**

**МЕТОД СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ В МНОГОАГЕНТНЫХ ПОДСИСТЕМАХ\***

*Описывается метод формирования математической модели взаимосвязи между агентами обучения и комбинирования классификатора. Где множество первых моделирует функции управляющих элементов, а второй – моделирует решение всей информационной системы в целом. Условием появления корректирующего воздействия со стороны внешней среды является отсутствие у АКК варианта экспертного решения. Описаны векторные функции параметров рассматриваемых интеллектуальных агентов. Построен граф структуры взаимосвязей иерархии агентов.*

*Агент обучения классификатора; агент комбинирования классификатора; принятие решений; дискретное пространство; элементы управления.*

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты: № 10-07-00538, № 11-07-00064, № 11-07-00064).

Y.A. Kravchenko

## METHOD OF SUPPORT DECISION MATHEMATICAL MODELS DEVELOPMENT IN MULTIAGENT SUBSYSTEMS

*This article describes a method of forming a mathematical model of the relationship between learning and combining classifier agents. Where a plurality of first simulates the function of control elements, and the second – simulates a solution of the entire information system as a whole. The corrective action by the external environment is appearance in the condition absence of the ACC option expert solutions. The vector functions of the parameters considered intelligent agents were described. Graph structure of the relationship hierarchy of agents was built.*

*Agent learning classifier; classifier combining agent; decision making; discrete space; controls.*

**Введение.** Управление многоагентными информационными системами, в том числе сетевыми, связано с необходимостью анализа больших объемов информации о значениях оперативных параметров динамики развития элементов этих систем. Для корректной поддержки принятия решений по управлению необходимо учитывать:

- ◆ информацию о параметрах модулей сбора и обработки информации на этапе построения диагностики моделей личности обучаемых;
- ◆ информацию о качестве функциональной взаимосвязи элементов;
- ◆ информацию о ретроспективе применения системы для создания базы прецедентов;
- ◆ информацию о возможных отклонениях в работе системы, для анализа необходимости параметрических или алгоритмических настроек.

Так как информационная система обучения решает ряд задач, функции управления децентрализуются и распределяются по нескольким управляющим элементам, происходит декомпозиция на ряд подзадач, решаемых отдельными управляющими элементами. Децентрализация управления позволяет сократить неопределенность в данных о состоянии информационной системы и условиях ее функционирования, но приводит к неопределенности взаимодействия между различными управляющими элементами.

**1. Модель взаимодействия элементов интеллектуальной информационной подсистемы.** Обеспечение соответствия между решениями принимаемыми разными управляющими элементами является важной задачей. Некорректное принятие решений отдельным управляющим элементом может привести к отклонению всей системы от локального оптимума. В связи с этим, для преодоления неопределенности необходимо решить дополнительные задачи по координации управления. Важнейшими вопросами, подлежащими исследованию, являются:

- 1) разработка математических моделей принятия решений управляющими элементами и всей информационной системой в целом, и порядка информационного взаимодействия между ними;
- 2) анализ условия согласуемости принимаемых решений [1–4].

Для разработки математической модели взаимодействия элементов интеллектуальной информационной системы обучения при принятии решений будем использовать понятия агента обучения классификатора (АОК) и агента комбинирования классификатора (АКК), введенные в имитационной модели принятия решений на основе комбинации агентов обучения и объединения классификаторов.

Множество АОК, в данном случае, будет моделировать функционирование управляющих элементов, а АКК – моделировать принятие решений всей информационной системы обучения в целом. Таким образом, формируется двухуровневая иерархическая архитектура управления. Верхним уровнем иерархии является один АКК, а нижним – множество АОК.

Описание взаимодействия АКК и АОК можно провести с помощью теории иерархических систем и теории игр с противоположными интересами [1,5,7]. Функции по управлению системой распределяются между агентами в соответствии с имеющимися оперативными данными, определяющими параметры протекания процесса. АОК осуществляет оперативную обработку информации по закрепленному за ним направлению исследований (определения стилей учения или способов мышления обучаемого, оценки его компетенций и т.д.). АКК, обрабатывая результаты от каждого из АОК, решает задачу многокритериальной оптимизации по выбору индивидуальной асинхронной траектории обучения, с учетом особенностей полученной модели типа личности обучаемого и уровня имеющихся у него компетенций.

Для создания математических моделей введем следующие обозначения:  $h_n$  – вектор состояний АОК;  $m_n$  – вектор значений сигналов, передаваемых от АОК к АКК;  $q_n$  – вектор обратной связи (координирующих сигналов) от АКК к АОК;  $b_p$  – вектор внешних корректирующих воздействий;  $n = \overline{1, N}$ ;  $p = \overline{1, (N + 1)}$ , где  $N$  – количество АОК.

Параметры каждого АОК в общем случае будут задаваться векторной функцией  $\Psi_n$ , формируемой из  $r$  частных показателей, влияющих на состояние рассматриваемого АОК. Выражение векторной функции  $\Psi_n$  будет иметь следующий вид:

$$\Psi_n(b_n, q_n, m_n, h_n) = \langle \Psi_{n1}, \dots, \Psi_{ni} \rangle, i = \overline{1, 2^r}.$$

В рассмотренном нами частном случае оценки стилей учения  $r = 4$ . Любое из этих четырех параметров теоретически обеспечивает адаптацию информационной системы обучения, логично считать, что оптимумом представленного векторного показателя будет достижение максимума:

$$\Psi_n(b_n, q_n, m_n, h_n) = \langle \Psi_{n1}, \dots, \Psi_{ni} \rangle \rightarrow \max, \quad (1)$$

где обозначение «max» предполагает, что требуется максимизировать  $2^r$  частных показателей  $\Psi_{ni}$ ,  $i = \overline{1, 2^r}$ .

Структуру взаимосвязей агентов, заданную выше, проиллюстрируем в виде графа  $G_{agents}$ , представленного кортежем  $\langle \beta, W, b_p, q_n, m_n, h_n \rangle$  (рис. 1). Вершины  $\beta$  и  $W$  являются абстрактными значениями внешнего воздействия и внутреннего состояния АКК соответственно.

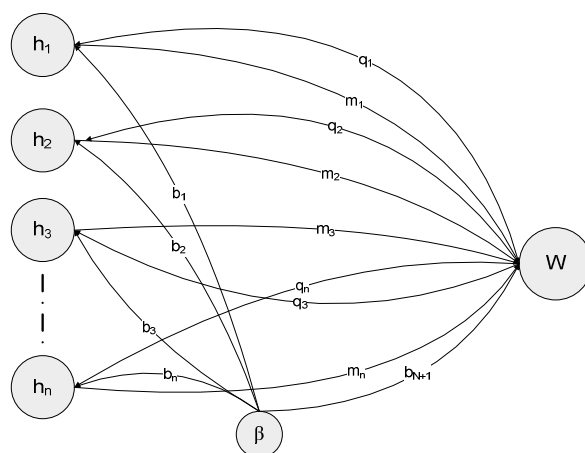


Рис. 1. Граф взаимосвязей агентов обучения классификатора с агентом комбинирования классификатора и внешним воздействием

Для решения многокритериальной задачи (1) результирующее отношение представим в виде функционала. Тогда предпочтения АОК будут отражаться стремлением максимизировать этот показатель:

$$\Phi_n(\Psi_n(b_n, q_n, m_n, h_n)) = \Phi_n(\Psi_{n1}, \dots, \Psi_{ni}) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Основной функцией АКК является выбор управления  $q = \langle q_1, q_2, \dots, q_N \rangle \in Q$ , причём  $Q$  в данном случае является дискретным пространством. Вектора  $q_n$ ,  $n = 1, N$  являются координирующими воздействиями от элемента верхнего уровня (АКК) к элементам нижнего уровня (АОК). Текущее состояние всей исследуемой информационной системы характеризуется вектором  $h = \langle h_1, h_2, \dots, h_N \rangle$ . При этом реакция АОК на координирующее воздействие от АКК представляет собой для каждого значения  $q_n$  отображение  $F_n(q_n)$ . В подобной иерархической системе управления передаваемая на верхний уровень информация агрегируется, то есть АКК учитывает не сами параметры  $h_n, f_n$ , а некоторые функции от этих параметров.

**2. Поддержка принятия консолидированного решения.** Важной проблемой для многоагентных информационных систем такого рода является задача поддержки принятия консолидированного решения для получения эффекта усиления интеллекта в моделируемой среде и диффузии знаний [2,6,8]. При этом необходимо проводить анализ вклада и оценку компетентности агентов при составлении консолидированных решений. Исходя из решаемой задачи диагностики стилей учения, способов мышления и наличия определенных компетенций у обучаемого, можно построить математическую модель метода эволюционного согласования на основе дискретного случая принятия консолидированного решения группой интеллектуальных агентов обучения и комбинирования классификатора.

Каждый АОК получает от тестовой подсистемы априорную информацию о наличии, либо отсутствии определенных качеств личности и компетенций, что позволяет ему дать однозначный ответ:

- 1) true – 1;
- 2) false – 0,

о данных выборках идентификации уровня компетентности, стиля учения и способа мышления обучаемого. Полученный ответ записывается агентом в соответствующую ячейку. В модели АОК вариант решения представляется набором нулей и единиц, мультипликативная свертка полученных параметров позволяет определить окончательный вариант решения, где единица будет соответствовать наличию искомого данным АОК качества, а ноль – отсутствию. АКК выступает в качестве оценщика, в соответствии с имеющимися в его памяти вариантами комбинирования ответов, поступивших от АОК. Условием появления корректирующего воздействия со стороны внешней среды является отсутствие у АКК варианта экспертного решения. Данная ситуация становится причиной появления нового прецедента.

Если АКК за определенное время из  $C$  полученных от АОК выборок генерирует в среднем  $S$  решений по выбору индивидуальных траекторий обучения, тогда его способность поддержки принятия решений  $P = S/C$ . Произведение  $P \cdot C$  соответствует математическому ожиданию числа решений по выбору асинхронных траекторий обучения, где  $P$  – вероятность нахождения АКК допустимого варианта решения поставленной задачи выбора. В случае отсутствия у АКК варианта экспертного решения, выбор траектории  $M$  производится с помощью корректирующего воздействия внешней среды. На следующей итерации работы системы траектория  $M$  заносится в список прецедентов для АКК.

**Заключение.** Можно сделать вывод, что общая задача принятия решений выбора траектории обучения в подобных адаптивных информационных системах сводится к совокупности решения частных задач агентами обучения классификатора

(АОК) и агентом комбинирования классификатора (АКК), связанными установленными процедурами информационного обмена. При этом, локальные задачи АОК могут решаться параллельно. Содержательный смысл координационного управления АКК обусловлен проведенной декомпозицией уровней используемых агентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зеленцов В.А.* Многоагентное моделирование при управлении эксплуатацией сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 76-83.
2. *Протасов В.И.* Математическая модель мультиагентной системы принятия консолидированных решений // Материалы первой международной конференции «Автоматизация управления и интеллектуальные системы и среды»: Научный сборник. – Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2010. – Т. 2. – С. 84-87.
3. *Кравченко Ю.А.* Технология анализа надежности адаптивных информационных сред // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 103-108.
4. *Кравченко Ю.А.* Метод определения познавательных стилей на основе теории агентов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 12 (101). – С.120-128.
5. *Бова В.В.* Технологии интеллектуального анализа и извлечения данных на основе принципов эволюционного моделирования / В.В. Бова, Л.А. Гладков, Ю.А. Кравченко, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, С.Н. Щеглов. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 124 с.
6. *Курейчик В.М., Кныш Д.С.* Проблемы, обзор и параллельные генетические алгоритмы: состояние // Известия РАН. Теория и системы управления. – М., 2010. – № 4. – С. 72-82.
7. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-25.
8. *Литвиненко В.А., Ховансков С.А., Норкин О.Р.* Оптимизации мультиагентной системы распределенных вычислений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 226-235.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор М.М. Ошхунов.

**Кравченко Юрий Алексеевич**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: krav-jura@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

**Kravchenko Yury Alekseevich**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: krav-jura@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371651.

The Department of Computer Aided Design; Associate Professor.