

УДК 002.53:004.89

Ю.А. Кравченко

**ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ АДАПТИВНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕД***

Описывается технология анализа надежности интеллектуальных информационных систем диагностики личности обучаемого на основе алгебры алгоритмов. В работе рассматривается многопараметрический случай учета моделей стилей учения и способов мышления при оценке надежности функционирования адаптивных образовательных сред. Описан рабочий оператор, являющийся лингвистической переменной. Задана экспертная система нечетких правил, определяющая нечеткие логические уравнения многомерной функции принадлежности.

Анализ надежности; нечеткие термы; рабочий оператор; нечеткие логические уравнения; функция принадлежности; алгебра алгоритмов.

Y.A. Kravchenko

**TECHNOLOGY ANALYSIS OF INFORMATION ADAPTIVE
ENVIRONMENTS RELIABILITY**

This article describes a technique of student's personality diagnosis intelligent information systems reliability analysis based on the algebra algorithms. In this paper the multiparameter case accounting models teaching styles and ways of thinking in assessing the reliability of the adaptive learning environments is showed. The working operator is described, which is a linguistic variable. The expert system fuzzy rules is given, and it defines fuzzy logic equations of the multidimensional membership function.

Reliability analysis, fuzzy terms, the working operator, fuzzy logic equations, the membership function; algebra algorithms.

Введение. Проводя разработку интеллектуальных многоагентных информационных образовательных систем, позволяющих определять индивидуальную траекторию обучения на основе диагностики личности, необходимо уделять определенное внимание моделированию надежности таких систем. Так как корреляция свойств интеллектуальных агентов и характеристик способов мышления и стилей учения обучаемого будет отражать действительность только в случае выбора адекватной психологической модели. Только в этом случае можно будет утверждать о надежности построения модели характеристик личности обучаемого.

Обратимся к статистической теории надежности, которая является необходимой составляющей исследований создаваемых интеллектуальных сред. Рассмотрим методику описания событий, приводящих к ошибкам в диагностике характеристик личности обучаемого, средствами булевой алгебры, и получения количественных оценок надежности средствами теории вероятности. При анализе надежности будем считать исследуемую человеко-машинную систему совокупностью субъектов и процессов, где субъекты – обучаемые, эксперты и преподаватели, а процессы – поэтапные действия по определению характеристик личности обучаемых субъектов и индивидуальных траекторий обучения. Таким образом, субъекты являются элементарной структурой (S), а процессы – функциональной (F) [1]. Также необходимо отметить, что логико-вероятностные методы, лежащие в основе булевой алгебры, наиболее пригодны для моделирования элементарной

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 09-01-00492), г/б № 2.1.2.1652.

структуры, но часто не подходят для функциональных структур, переполненных процессами контроля и коррекции.

Если же говорить о вероятностной теории надежности, тогда требуются статистические данные о вероятностях правильного выполнения процессов, входящих в логико-алгоритмическое описание исследуемой системы. В этом случае, с каждым элементом модели можно связать булеву переменную χ , принимающую значения: 1 – правильное выполнение процесса или 0 – неправильное выполнение процесса. Т.е. предполагается, что имеется определенная вероятность правильного или нет выполнения процесса $p(q)$ и четкая грань между правильным и неправильным результатом функционирования системы [1]. Сложность состоит в том, не всегда возможно определить эту четкую грань, что характерно для человеко-машинных систем.

1. Задача оценки надежности интеллектуальных информационных систем в образовании. Результатом отсутствия четкости границ между правильным и неправильным действием системы является возникновение нечеткости ошибок контроля, когда «нечетко правильный» результат может быть отбракован, а «нечетко неправильный» напротив – признается верным. Особую значимость такие ошибки имеют для оценки адекватности интеллектуальных информационных систем, так как отсутствие четких границ между правильными и неправильными результатами не позволяет обеспечить условие повторяемости опытов, необходимое для корректного применения статистических методов оценки вероятностей тех или иных результатов эксперимента. Можно сделать вывод о том, что для оценки надежности исследуемых систем целесообразно применять аппарат нечеткой логики, которая позволит формализовать нечеткость границ между «правильными» и «неправильными» результатами с помощью функции принадлежности и учета влияющих факторов на основе нечеткого логического вывода в экспертных базах знаний. В этом случае необходимо будет создать логико-алгоритмическое описание событий, связанных с возможным возникновением отклонений от желаемого протекания процесса определения личностных характеристик обучаемого. Для количественной оценки логико-алгоритмического описания можно использовать функции принадлежности нечетких множеств. Эти функции задаются экспертно и определяют распределения возможности правильного выполнения операторов и условий в зависимости от измеряемых параметров. Для определения правильности операторных и логических структур им в соответствие ставится нечеткая база знаний в виде правил «IF-THEN» [1]. Тогда задача оценки надежности работы информационной системы может рассматриваться как задача идентификации на основе нечетких баз знаний [2,3], где:

- ◆ объект идентификации – исходное логико-алгоритмическое описание;
- ◆ выход объекта – уровень правильности выполнения алгоритма;
- ◆ входы объекта – измеряемые переменные, устанавливающие правильность выполнения операторов и условий с помощью функций принадлежности;
- ◆ взаимосвязь «входы-выход» – иерархическая система нечетких баз знаний, которая соответствует структуре логико-алгоритмического описания [1].

В качестве модели описания событий, приводящих к неверной диагностике индивидуальных характеристик обучаемого с помощью многоагентных систем, примем кортеж длины 4, задаваемый в алгебре алгоритмов В.М. Глушкова [2,3]:

$$\langle A, B, \Omega_1, \Omega_2 \rangle,$$

где $A = (A, B, C, \dots)$ – множество операторов; $B = (\alpha, \beta, \gamma, \dots)$ – множество условий; Ω_1 – множество операций, приводящих к логическим условиям; Ω_2 – множество операций, порождающих операторы.

В множество Ω_1 входят булевы операции конъюнкции ($\alpha_1 \cap \alpha_2 = \beta$), дизъюнкции ($\alpha_1 \cup \alpha_2 = \gamma$), отрицания ($\overline{\alpha} = \eta$), операция левого умножения условия на оператор ($A\alpha = \varepsilon$). Предполагается, что результат может принимать два значения: 1 – истина или 0 – ложь.

Множество Ω_2 включает: операцию умножения линейной структуры операторов $A_1A_2 = B$, операцию α -дизъюнкции альтернативной структуры if-then-else $(\alpha A_1 \cup A_2) = C$, прямую α -итерацию while-do $(\alpha A) = D$. В теореме о регуляризации [9] произвольный оператор можно представить через другие операторы и условия с помощью названных операций. Вспомогательной операцией из множества Ω_2 может быть обратная α -итерация do-while $\{A\}_\alpha = G = A_\alpha\{A\}$.

Описанная алгебра создает единую логико-алгоритмическую основу, которая объединяет два различных подхода к описанию событий, обеспечивающих правильное выполнение задачи информационной системой. В этом случае элементный S-подход использует подалгебру $\langle A, \Omega_1 \rangle$, а функциональный F-подход применяет подалгебру $\langle A, \Omega_2 \rangle$.

2. Оценка надежности рабочего оператора. Рабочим оператором является элемент процесса функционирования системы, обеспечивающий правильность его выполнения. Возможные ошибки в выполнении рабочего оператора являются нарушением в функционировании системы, но не обнаруживаются и не устраняются. В зависимости от числа параметров, влияющих на правильность исполнения рабочего оператора, различают однопараметрический и многопараметрический случаи [1]. Задача диагностики индивидуальных характеристик личности человека является многопараметрической. Значения измеряемых параметров зависят от времени, т.е. $f_i = f_i(t)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Правильность выполнения оператора диагностики личности обучаемого D зависит от вектора переменных определяемых на основе моделей стилей учения и способов мышления [4-8]. Выходом оператора D является лингвистическая переменная Q , которая интерпретируется как «правильность выполнения оператора D » и оценивается двумя нечеткими терминами:

D^1 – правильное выполнение оператора D ;

D^0 – неправильное выполнение оператора D .

Согласно инновационной форме образовательного процесса, каждый обучаемый обладает индивидуальным познавательным стилем. Составляющие познавательного стиля конкретной личности могут не совпадать с компонентами предлагаемой обучаемому образовательной среды. Данный конфликт приводит к снижению эффективности и качества обучения. *Персональный познавательный стиль* – продукт интеграции различных познавательных стилей [9]. Согласование технологии обучения с интегральным познавательным стилем студента положительно влияет на эффективность и качество обучения.

Рассмотрим несколько групп стилей учения предложенных разными учеными. *Стиль учения* – типичный для конкретной личности подход к процессу своего обучения [9].

В зарубежных исследованиях известность получила теория Д.А. Колба, согласно которой можно выделить четыре стиля учения:

- 1) *дивергентный*;
- 2) *ассимилятивный*;
- 3) *энвергентный*;
- 4) *аккомодативный*.

Теория Колба получила развитие в работах П. Хани и А. Мамфорда, которые описали те же четыре стиля учения, но в более простых и понятных терминах: *деятельностный, рефлексивный, теоретический и готический* [9].

Представим названные выше стили учения в виде множества

$$S_1 = \{s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}\},$$

где s_{11} – дивергентный (деятельностный) стиль учения; s_{12} – ассимилятивный (рефлексивный) стиль учения; s_{13} – энвергентный (теоретический) стиль учения; s_{14} – аккомодативный (готический) стиль учения.

Рассмотрим также модель А.Р. Грегоса, в которой он выделяет стили учения в зависимости от того, лежит ли в основе учебной деятельности конкретный опыт либо абстрактные знания, а также от того, имеют ли учебные стратегии последовательный либо случайный характер [9]:

- 1) конкретно-последовательный;
- 2) конкретно-случайный;
- 3) абстрактно-последовательный;
- 4) абстрактно-случайный [9].

Данные стили учения представим в виде множества:

$$S_2 = \{s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24}\},$$

где s_{21} – конкретно-последовательный стиль учения; s_{22} – конкретно-случайный стиль учения; s_{23} – абстрактно-последовательный стиль учения; s_{24} – абстрактно-случайный стиль учения.

Проведя анализ соответствия друг другу различных стилей учения из двух описанных моделей, представим корреляцию между моделями Колба, Хани, Мамфорда и Грегоса двудольным графом $G = \langle S_1, S_2, L \rangle$ (рис. 1), где L – множество ребер, указывающих на наличие схожих свойств у стилей учения из разных моделей:

$$l_1 = s_{11} \cup s_{24}; \quad l_2 = s_{12} \cup s_{23};$$

$$l_3 = s_{13} \cup s_{21}; \quad l_4 = s_{14} \cup s_{22}.$$

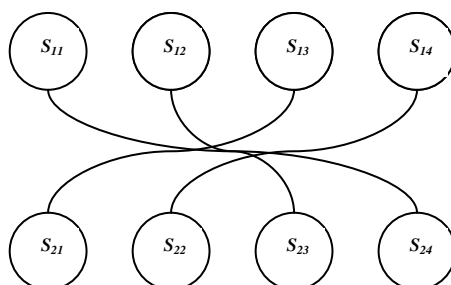


Рис. 1. Граф идентичности свойств между моделями стилей учения

Сходством дивергентного и абстрактно-случайного стилей учения является богатое воображение как опора на визуальный опыт и обучение на основе синтеза и интегрирования информации как целостный подход к учению. Ассимилятивный стиль похож на абстрактно-последовательный аналитическим и логическим подходом к обучению. Корреляцией между энвергентным и конкретно-последовательным стилями является стратегическое мышление и стремление проверить теорию, что можно классифицировать как предпочтение непосредственного последовательного обучения. Аккомодативный же и конкретно-случайный стили имеют сходство, связанное с предпочтением обучения на основе проб и ошибок, т.е. на основе конкретных впечатлений, предметных действий и экспериментов.

Таким образом, по результатам проведенного анализа можно представить интегральные стили обучения в виде множества:

$$IS = \{S_{11} \cup S_{24}, S_{12} \cup S_{23}, S_{13} \cup S_{21}, S_{14} \cup S_{22}\}.$$

Способы мышления рассмотрим на основе модели Дж. Ройса, предложившего три базовых способа, на основе которых строятся различные «образы мира» [9].

1. *Эмпиризм* – стиль, который характеризует личность с взглядом на действительность детерминированным перцепцией и конкретно-образным опытом. Эмпирик подтверждает свои убеждения за счет постановки вопросов о фактах, тщательности измерений, надежности наблюдений.
2. *Рационализм* – стиль, выражающийся в построении широких понятийных схем. При этом собственные убеждения оцениваются на основе логических выводов и обоснований. Критерием надежности модели мира является его логическая устойчивость.
3. *Метафоризм* – стиль человека со стремлением к разнообразию впечатлений, комбинированию отдаленных областей знаний. Характерна склонность к символизации и глобальности понимания происходящего.

Модель Дж. Ройса представим в виде множества:

$$W = \{w_1, w_2, w_3\},$$

где w_1 – эмпиризм; w_2 – рационализм; w_3 – метафоризм [9].

Таким образом, присвоив значения рассмотренных в моделях Колба, Грегора и Ройса стилей учения и способов мышления элементов: $l_1; l_2; l_3; l_4; w_1; w_2; w_3$ [9] вектору переменных параметров $F = (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7)$, можно выразить зависимость выполнения рабочего оператора D экспертной системой нечетких правил:

$$\begin{aligned} IF f_1 = y_{11} \cap f_2 = y_{21} \dots \cap f_7 = y_{71} \\ \cup f_1 = y_{12} \cap f_2 = y_{22} \dots \cap f_7 = y_{72} \\ \dots \\ \cup f_1 = y_{1m} \cap f_2 = y_{2m} \dots \cap f_7 = y_{7m}, \\ THEN Q = D^I, \end{aligned}$$

где y_{ij} – нечеткий терм, принимающий значения: низкий; ниже среднего; средний; выше среднего; высокий, для оценки переменной f_i (в нашем случае $i = 1, 2, 3, \dots, 7$) в j -й строке-конъюнкции ($j = 1, 2, \dots, m$). Тогда многомерная функция принадлежности вектора $F = (f_1, f_2, \dots, f_7)$ к термам “ D^1 – верно” и “ D^0 – неверно” определяется с помощью нечетких логических уравнений [1]:

$$\begin{aligned} \mu_D^1(f_1, f_2, \dots, f_7) &= \bigcup_{j=1}^m \bigcap_{i=1}^7 \mu_{ij}(f_i), \\ \mu_D^0(f_1, f_2, \dots, f_7) &= 1 - \mu_D^1(f_1, f_2, \dots, f_7), \end{aligned}$$

где $\mu_{ij}(f_i)$ – функция принадлежности переменной f_i к нечеткому терму y_{ij} ($i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, m$).

Заключение. В работе рассмотрена технология моделирования надежности интеллектуальных информационных образовательных систем, направленных на поддержку создания индивидуальных траекторий обучения, построенных на основе анализа индивидуальных личностных характеристик обучаемого. Для построения модели надежности применяется логико-алгоритмическое описание событий, связанных оценкой адекватности сформированных психологических моделей стилей учения и способов мышления. Исходными данными для моделирования вы-

браны функции принадлежности и нечеткие правила, которые характеризуют правильность выполнения операторных и логических элементов модели в зависимости от измеряемых параметров и влияющих факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ротштейн А.П.* Алгебра алгоритмов и нечеткая логика в анализе надежности систем // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – № 2. – С. 87-99.
2. *Глушков В.М.* Теория автоматов и формальные преобразования микропрограмм // Кибернетика. – 1965. – № 5. – С. 1-10.
3. *Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л.* Алгебра. Языки. Программирование. – Киев: Наукова думка, 1989.
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., Писаренко В.И., Кравченко Ю.А.* Инновационные образовательные технологии в построении систем поддержки принятия групповых решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 216-221.
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.
9. *Писаренко В.И.* Инновационное обучение иностранным языкам в техническом вузе / Под редакцией А.В. Непомнящего. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 376 с.

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.