

В статье рассмотрена задача построения понтонных мостов группой интеллектуальных транспортных роботов. Предложен метод организации взаимодействия между роботами, перемещающими различные секции моста. Приведены основные идеи управления перемещением отдельной секции, разработана модель динамики перемещения и осуществлено моделирование.

Планы будущих исследований. В настоящее время проводятся работы по упрощению алгоритма перемещения тела для случая двух и четырех роботов, соединенных с секцией симметрично. Также производится приспособление алгоритма поддержания строя отдельных роботов для случая строя из сцепленных с секциями малых групп роботов. Далее планируется объединение алгоритмов в единый алгоритм построения понтонных мостов и численное моделирование работы этого алгоритма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г.* Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.: Физматлит, 2009.
2. *Rocheffort Y., Piet-Lahanier H., Bertrand S., Beauvois D., Dumur D.* Guidance of flocks of vehicles using virtual signposts // Preprints of the 18th IFAC world congress, 2011.
3. *Гайдук А.Р., Капустян С.Г., Шаповалов И.О.* Оптимальное перемещение тела интеллектуальным роботом // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – № 7. – С. 43-46.
4. *Селимов Ч.Д.* Перемещение тела вдоль заданных траекторий // Материалы Пятой научно-практической конференции "Перспективные системы и задачи управления" и Второй молодежной школы-семинара "Управление и обработка информации в технических системах". – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – С. 212-215.
5. Краткий физико-технический справочник. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 1962.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор А.А. Илюхин.

Шаповалов Игорь Олегович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: shapovalovio@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: +79508473455; кафедра систем автоматического управления; аспирант.

Shapovalov Igor Olegovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: shapovalovio@gmail.com; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79508473455; the department of automatic control systems; postgraduate student.

УДК 681.325.65

Е.А. Шестова

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Разработан метод решения задачи в условиях неполноты исходной информации, отличающийся формализацией параметров системы тестирования в виде лингвистических переменных, а также применением модели принятия решений на основе композиции нечетких правил вывода, дополняющей известные статистические модели оценок результатов тестирования, что позволяет не только снизить степень информационной неопределенности, но и повысить объективность оценки результатов тестирования. Разработано предметно-ориентированное программное приложение, предназначенное для обработки результатов тестирования и оценки знаний.

Модель; нечеткая логика; композиционная модель; тестирование.

E.A. Shestova

**DEVELOPMENT MODELS AND METHODS OF ANALYSIS
AND EVALUATION THE TEST RESULTS**

The approach for task solution in condition of indeterminacy of source information is developed in the article. This method is differed by formalization test system parameters in the form of linguistic variables and with the use of decision-making model based the use of the composition model of fuzzy deduction rules. This model complement the well-known statistical models of estimated results of testing knowledge which not only reduce the degree of information uncertainty but also to increase objectivity of the test results assessment. The object-oriented software application destined for processing of test results and knowledge assessment is worked out in the article.

Model; fuzzy logic; composition model; testing.

В процессе тестирования используется много заданий, каждое из которых предусматривает решение нескольких задач и ответов на поставленные вопросы. В этих условиях получение объективной оценки результатов тестирования является достаточно сложной задачей. В большинстве применяемых методик обработки результатов тестирования [1, 2, 3] основное внимание уделяется вопросам конструирования тестов, методам определения их качества и статистической оценки результатов тестирования, а решения принимаются на основе процента правильно выполненных заданий в тесте. При тестировании существует достаточно большая степень неопределенности как относительно самих правил построения тестов и проведения тестирования, так и относительно оценки результатов тестирования. Следовательно, существует потребность в разработке методики проектирования системы тестирования, включающего соответствующие методы и модели принятия решений в условиях неполноты исходной информации

Процент выполненных заданий хотя и имеет конкретное значение, но зависит от сложности тех или иных заданий – величина этого показателя по сути неопределенная. То же самое относится и к показателю «средний балл», значение которого может быть достигнуто за счет выполнения неоднозначных по сложности (интеллектуальным затратам) заданий. Успеваемость, качество, которые оцениваются, как правило, исходя из процента оценок «4» и «5» по пятибалльной шкале позволяют получать только общее представление, так как совершенно не учитывают индивидуальных свойств обучаемых или методов обучения и, тем более, не позволяют ценить, например, качество учебного плана подготовки специалистов в высшем учебном заведении.

Для более достоверного оценивания процесса и результатов обучения, а также достоверной конкретизации знаний отдельного обучаемого следует применять дополнительно модели нечеткого логического вывода. Данные модели позволяют более полно оценивать результат за счет эффективного применения знаний экспертов. Применение модулей принятия решений на основе моделей нечеткого логического вывода в составе информационного обеспечения, позволяет достаточно оперативно настраивать базу правил нечеткого логического вывода, а также формализовать нечеткие знания относительно тех или иных параметров задачи тестирования.

Основная задача тестирования знаний в образовательной системе – обеспечение достоверности результатов оценки качества знаний [4]. Исследуются и анализируются результаты проведения тестирования в группах испытуемых. Для анализа результатов тестирования знаний в данной работе предложен подход на основе модели композиции нечетких правил вывода. На его основе разработано специализированное, предметно-ориентированное программное приложение, предназначенное для обработки результатов тестирования и оценки знаний [5].

Математическую модель композиции нечетких правил вывода можно представить в виде набора множеств (X, T, H) , где X – базовое множество, H – множество принимаемых решений, T – множество, элементы которого представляют собой формальную запись в виде продукций словесно-качественной информации экспертов. Входные лингвистические переменные (ЛП) задачи тестирования: $\langle \alpha_i, T(\alpha_i), XI, G, M \rangle$, $i = \overline{1, n}$, где α_i – название i -й ЛП, $T(\alpha_i)$ – терм-множество ЛП α_i , XI – область определения каждого элемента $T(\alpha_i)$, G – синтаксическое правило (грамматика), порождающее элементы (j -е нечеткие переменные (НП)) $\alpha_i^j \in T(\alpha_i)$, M – семантическое правило, которое ставит в соответствии каждой НП $\alpha_i^j \in T(\alpha_i)$ нечеткое множество $\tilde{C}(\alpha_i^j)$ – смысл НП α_i^j . Для каждой ЛП определим терм-множества: $T(\alpha_i) = \langle \alpha_i^1, \alpha_i^2, \dots, \alpha_i^{m_i} \rangle$, $i = \overline{1, k}$, $\langle \alpha_i^j, X_i, \tilde{C}(\alpha_i^j) \rangle$, $i = \overline{1, k}$, $j = \overline{1, m}$, $\tilde{C}(\alpha_i^j) = \{ \langle \mu_{C(\alpha_i^j)}(x_i) / x_i \rangle \}$, $x_i \in X_i$, где $\mu_{C(\alpha_i^j)}(x_i)$ – функции принадлежности.

Известно задание входных переменных задачи тестирования в виде лингвистических переменных, терм множеств, представленных табл. 1, и базового множества принимаемых решений $H = \{h_0, h_1, h_2, h_3, \dots, h_{max}\}$, где $h_{max} = 100$. Если оценка тестирования осуществляется согласно статистическим подсчетам, то оценка «отлично» соответствует 85–100 набранным баллам, оценка «хорошо» соответствует 70–84 набранным баллам, оценка «удовлетворительно» соответствует 55–69 набранным баллам. Если испытуемый набрал от нуля до 54 баллов, то считается что он не «прошел» тест. На базовом множестве зададим лингвистическую переменную β – «результат тестирования». Определим терм-множество этой лингвистической переменной – $T(\beta) = \{ \beta_1 - \text{неудовлетворительный результат; } \beta_2 - \text{удовлетворительный результат; } \beta_3 - \text{почти хороший результат; } \beta_4 - \text{хороший результат; } \beta_5 - \text{отличный результат} \}$.

Таблица 1

Переменные пространства состояний задачи тестирования

Лингвистические переменные		Нечеткие переменные	
имя	символ	имя	символ
Количество выполненных заданий «А»	α_1	Недостаточное количество выполненных заданий «А»	α_1^1
		Достаточное количество выполненных заданий «А»	α_2^1
		Большое количество выполненных заданий «А»	α_3^1
		Очень большое количество выполненных заданий «А»	α_4^1
Количество выполненных заданий «В»	α_2	Недостаточное количество выполненных заданий «В»	α_1^2
		Достаточное количество выполненных заданий «В»	α_2^2
		Большое количество выполненных заданий «В»	α_3^2
		Очень большое количество выполненных заданий «В»	α_4^2

Окончание табл. 1

Лингвистические переменные		Нечеткие переменные	
имя	символ	имя	символ
Количество ошибок в решаемых заданиях «А»	α_3	Небольшое число ошибок в решаемых заданиях «А»	α_1^3
		Среднее число ошибок в решаемых заданиях «А»	α_2^3
		Большое число ошибок в решаемых заданиях «А»	α_3^3
Количество ошибок в решаемых заданиях «В»	α_4	Небольшое число ошибок в решаемых заданиях «В»	α_1^4
		Среднее число ошибок в решаемых заданиях «В»	α_2^4
		Большое число ошибок в решаемых заданиях «В»	α_3^4
Качество обучения по учебному плану	α_5	Низкое качество обучения по учебному плану	α_1^5
		Среднее качество обучения по учебному плану	α_2^5
		Хорошее качество обучения по учебному плану	α_3^5
		Очень хорошее качество обучения по учебному плану	α_4^5

$T = \{R_i\}_{i=1}^k$ – база нечетких правил, где R_i – i -е нечеткое продукционное правило (совокупность условий и выводов). Для базы нечетких правил (НП) справедливы следующие свойства: непрерывность, непротиворечивость, полнота. Полнота базы НП $\{R_i\}_{i=1}^k$ связана с полнотой знаний, которые содержатся в базе правил. Мерой полноты базы нечетких правил является критерий

$$CM(x) = \sum_{k=1}^{N_r} \left\{ \prod_{i=1}^{N_x} \mu_{A_{ik}}(x) \right\},$$

где x – физическая переменная входных данных, N_x – число условий в правиле, N_r – число правил в базе правил [6].

$\mu_{\pi_i}(x_1, x_2, \dots, x_n, R_i)$ – функция принадлежности для каждого правила R_i .

$\mu_{T_{\pi_i}}(x_1, x_2, \dots, x_n, h_i) = \bigotimes_{i=1, |R_i|} \mu_{\pi_i}(x_1, x_2, \dots, x_n, R_i)$ – функция принадлежности для

отношения T . Получение нечеткого вывода осуществляется следующим образом:

$$\mu_{T(\pi_s)}(x^0, h_s) = \max_i \mu_{T(\pi_i)}(x^0, h_i),$$

находится такое значение h_s базового множества H ЛП β – «результат тестирования», при котором $\mu_{T(\pi_j)}(x^0, h_i)$ имеет максимальное значение. Нечеткая переменная ЛП β , имеющая наибольшее значение в точке h_s , является результатом оценки тестируемого по результатам ответа на предложенный тест.

$\mu_{A_3}(x) = \mu_{A_1}(x) \wedge \mu_{A_2}(x) = \min(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)), \forall x \in R$ – нечеткая операция «И» (логическое произведение Заде), $\mu_B = \tilde{I}(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) = \max((1 - \mu_{A_1}(x)), \mu_{A_2}(x))$ – нечеткая импликация.

Общий алгоритм модели композиции нечетких правил вывода, вид которого показан на рис. 1.

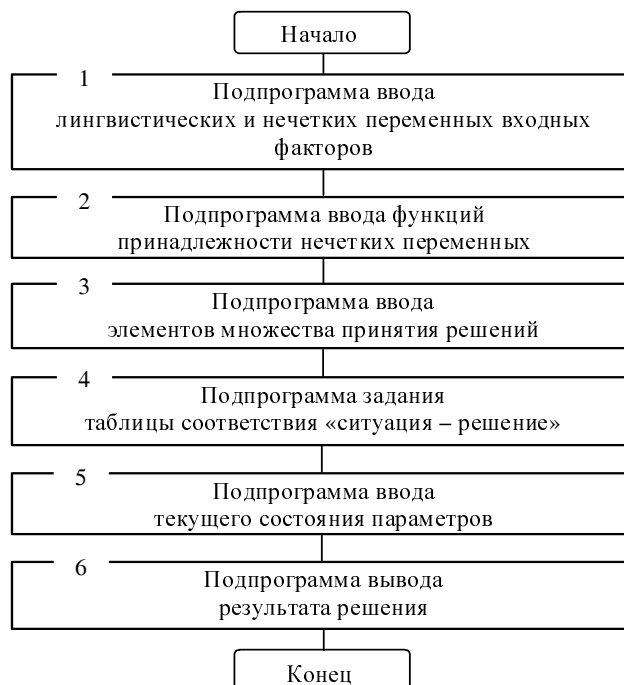


Рис. 1. Алгоритм модели композиции нечетких правил вывода

Основной для проведения операции нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «если-то» и функции принадлежности для соответствующих лингвистических переменных. При разработке алгоритма и программного приложения для нечеткой системы управления необходимо осуществить проверку базы нечетких правил на непрерывность, непротиворечивость и полноту.

Для разработки проблемно-ориентированного программного приложения необходимо определить структуры баз данных, организацию и содержание баз знаний, а также структуру модуля принятия решений в условиях неполноты информации. Базы данных предназначены для хранения исходных и промежуточных данных. База знаний предназначена для хранения долгосрочных данных, определяющих задание экспертами нечетких интервалов, задание лингвистических переменных, функций принадлежности нечетких переменных, а также логических правил вывода для принятия решения. Модуль обработки информации содержит программные модули, реализованные на языке C#.

Создано программное приложение на языке программирования высокого уровня C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2008. В качестве основы программного приложения используется платформа .NET, обеспечивающая высокую гибкость конечного продукта, возможность его запуска на различных версиях ОС Windows (Windows9*, Windows2000, Windows NT, Windows XP, Windows Vista, Windows 7).

На рис. 2 приведена структура главного меню программного приложения. Данное программное приложение представляет собой систему оценки знаний по результатам тестирования. Главная форма называется «Определитель успеваемо-

сти» и включает 3 кнопки (файл, настройки и правила), по нажатию которых производится переход к 3-м другим окнам. Для корректной работы программы сначала необходимо настроить модель и задать базу нечетких правил, а потом загрузить файл с данными для анализа.

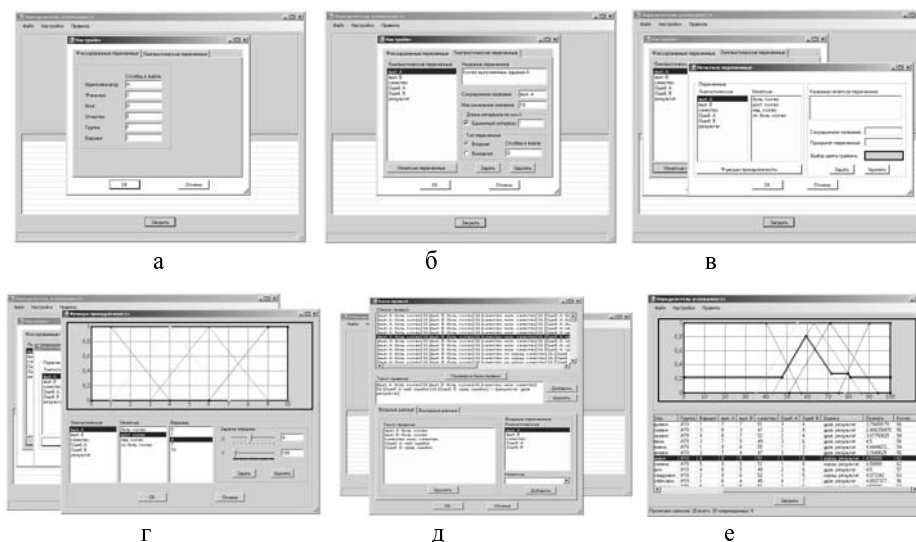


Рис. 2. Структура главного меню программного приложения: а – настройка фиксированных переменных модели; б – настройка лингвистических переменных модели; в – настройка нечетких переменных модели; г – задание функций принадлежности ЛП; д – задание базы правил; е – результат тестирования

Данная модель позволяет обеспечить достоверность результатов оценки качества знаний. Таким образом, применение модели композиции нечетких правил вывода позволяет не только снизить степень информационной неопределенности, но и повысить объективность оценки результатов тестирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Звонников В.И., Чельшикова М.Б. Современные средства оценивания результатов обучения: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 224 с.
2. Шестова Е.А. Разработка методов тестирования потребителей электроэнергии // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 7 (84). – С. 154-159.
3. Шестова Е.А. Модель стохастического анализа состава тестов и результатов тестирования // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 2 (115). – С. 137-141.
4. Шестова Е.А. Применение информационных технологий для анализа результатов тестирования знаний. Системный анализ, управление и обработка информации [текст]: Труды 1-го Международного семинара студентов, аспирантов и ученых / Под общ. ред. Р.А. Нейдорфа. – Ростов-на-Дону: Изд. Центр Донск. гос. техн. ун-та, 2010. – С. 240-242.
5. Шестова Е.А. Разработка программного приложения для анализа результатов тестирования знаний // Системный анализ, управление и обработка информации [текст]: Труды 2-го Международного семинара студентов, аспирантов и ученых / Под общ. ред. Р.А. Нейдорфа. – Ростов-на-Дону: Изд. центр Донск. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 307-313.
6. Финаев В.И. Модели систем принятия решений: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 118 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Шестова Елена Александровна – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: shestovaelena@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371689; кафедра систем автоматического управления; ассистент.

Shestova Elena Alexandrovna – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: shestovaelena@mail.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928; phone: +78634371689; the department of automatic control systems; assistant.