

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОРТРЕТА ОБУЧАЕМЫХ НА ОСНОВЕ СТАТУСНЫХ ФУНКЦИЙ

И.В. Вешнева¹, А.А. Большаков², Д.В. Лушин¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Российская Федерация

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Представлена архитектура информационной системы для определения и анализа компетентностного портрета обучаемых. Оценки формируются как статусные функции, которые являются комплекснозначными. При этом каждая оценка содержит упорядоченную пару, включающую оценки текущего состояния и ее ожидаемого тренда. Значимость вклада каждой из оценок вычисляется на основе корреляций всех оценок в системе. Предложен алгоритм интерпретации и преобразования информации с использованием математического аппарата статусных функций для поддержки принятия решений с использованием информационной системы. На входе информационной системы задаются оценки и перечень компетенций, описание учебного плана, содержание дисциплин, оценки по отдельным компетенциям. На выходе формируются оценки компетентностного портрета обучаемых на основе вычисляемых интегральных моментов. Предложен и описан алгоритм формирования оценок значений показателей компетентности обучаемых. Разработаны соответствующие модули информационной системы на языке JavaScript. В качестве примера для верификации программы используется формирование компетентностного портрета выпускника вуза направления 44.03.01 «Педагогическое образование».

Ключевые слова: статусные функции; математическое моделирование; компетентностный портрет; обучение; комплексы проблемно-ориентированных программ.

Юбилею профессора Т.Б. Чистяковой посвящается

Введение

Результаты образовательного процесса, которые описываются с использованием понятия компетенция являются основой для повышения профессионального признания, а также мобильности и сопоставимости дипломов и соответствующих квалификаций. В Российской Федерации управление образовательным процессом на базе компетентностного подхода является важным аспектом формирования единой профессионально-квалификационной, образовательной, а также культурной сферы [1]. Определение компетенции только на основе ее исследования в действии, оценивание компетенций требует определенных ресурсов, включая наблюдателя(ей). Привлечение для этой процедуры только преподавателя потребует существенных временных затрат, поэтому является слабо эффективным. Поэтому необходимо построить

информационную систему (ИС) для определения значений компетенций. При этом требуется обеспечить возможность оценки компетенций всем участникам образовательного процесса. Использование математических моделей прямого описания, основывающегося на базисах разложений в виде гармонических функций для входных и выходных переменных, является наиболее перспективным для обеспечения теоретической основы создания архитектуры информационной системы построения и исследования компетентностных портретов обучаемых. Проведем разработку архитектуры информационной системы с использованием математических моделей, основанных на статусных функциях [2–4], которые аналогичны комплексным вероятностям, используемым для описания процессов формирования компетенций обучаемых.

1. Статусные функции как базисные функции представления данных и их аналогии

Теоретический этап разработки интеллектуальных информационных систем для формирования интегральной оценки компетентностных портретов требует разработки адекватной предъявляемым требованиям математической модели. Определим требования.

1. Возможность создания динамических моделей, которые могут быть развернуты во времени и использованы для прогнозов.

2. Возможность использования малого количества статистических данных, в которых некоторые показатели измеряются статично и не регулярно. Необходимо, основываясь на фрагментированных данных, получить возможность уменьшить неопределенность.

3. Необходимо получить возможность учитывать корреляцию оцениваемых параметров.

4. Ввести возможность учета перекрестности и взаимовлияния показателей.

5. Использовать методы искусственного интеллекта, позволяющие «доставлять» недостающие фрагменты данных и параметров в условиях высокой неопределенности.

6. Использовать синергетические методы, позволяющие внедрить методы нелинейной динамики в исследования процессов формирования компетенций обучаемых. Модели основаны на статусных функциях (СФ) вида:

$$\Psi_{lk}(r) = f_l(r)e^{i2\pi kr}, \quad (1)$$

где $f_l(r)$ – модули комплексных функций характеристик исследуемых процессов, r – введенная базовая переменная, образующая аналог координаты численного значения соответствующей характеристики, k – характеристика ожидаемого числового значения этой оценки.

Значения $k = 0, \pm 1$, которые являются фазовыми множителями для определенных функций выбираются так, чтобы сохранялась ортогональность для скалярного произведения:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi_i(r)\psi_j^*(r)dr = \delta_{ij}, \quad (2)$$

где $*$ – это комплексное сопряжение, δ_{ij} – это символ Кронекера. Показатель k – это результат воздействия оператора на СФ, аналогичного импульсу:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1(r)e^{-2\pi k_1 r} \left[-i \frac{\partial}{2\pi \partial r}\right] [f_1(r)e^{i2\pi k_1 r}] = k_1. \quad (3)$$

Введенные СФ являются аналогом функций принадлежности (ФП) в теории нечетких множеств (ТНМ). Причем ФП определяются на основе соображений простоты вычисления при условии адекватности процессу. Причем в качестве термина, аналогичному ФП является СФ, т.к. при этом применяются в виде математического выражения, тогда как, например, лингвистическая переменная им не обладает. Базисные СФ являются ортонормированным базисом системы. Тип СФ задается с учетом необходимости задания ортонормированного базиса системы для оценок с учетом адекватности оцениваемого показателя состоянию исследуемого процесса.

2. Алгоритм интерпретации и преобразования данных на основе СФ для реализации поддержки принятия решений

Алгоритм интерпретации и преобразования данных (Data Interpretation and Transformation Algorithm – DITA) использует математические модели метода СФ для преобразования значений входных переменных в выходные. Этапы алгоритма DITA соответствуют этапам алгоритмов Мамдани, Цукамото, Ларсена и Сугено. При этом совпадают названия этапов и их цели. В известных алгоритмах используются действительные ФП, а в предлагаемом алгоритме DITA в основе содержатся комплекснозначные функции. Таким образом, основными этапами DITA являются: формирование базы правил, фаззификация, агрегирование, активизация, аккумуляция и дефаззификация. В частности, 1-й этап алгоритма, формирование базы правил DITA на основе метода СФ. Для этого этапа необходимо создать правило двойной оценки исследуемых процессов, объектов или явлений. Правила интерпретации данных выглядят следующим образом:

$$RULE_{ij} : IF \langle \text{Condition } i \text{ and condition } j \rangle THEN \langle \text{Conclusion}_{ij} \rangle (F_{ij}), \quad (4)$$

где F_{ij} обозначают базисные СФ соответствующих правил. Первое условие по i использует оценку явно измеряемой части. Им ставится в соответствие амплитуда СФ (1) $f_i(r)$. Амплитуды всех наборов возможных оценок образуют набор ортонормированных координатных функций, которые получены в результате процедуры Грамма – Шмидта ортогонализации ФП. Амплитуды являются знакопеременными действительными функциями, локализованными в заранее заданном интервале. Нормировка этих функций позволяет получить пространственно-локализованное решение. Полученные действительные амплитуды являются максимально приближенными к ФП. Функция распределения используется в форме ортонормированного базиса координатных функций системы и гарантирую наличие решения в системе.

Условие по j определяет субъективную оценку ожидаемого значения амплитуды. Она является параметром и используется в формировании степени экспоненты. Эта оценка характеризует интенциональное направление стремлений объекта, ожидаемой динамики процесса или желаемой характеристики явления. Например, если

оценивать наборы компетенций и их компонент, можно разделить оценки на две. Первая по i – включает знаниевую и функциональную компоненты, а вторая по j – личностно-мотивационную компоненту. Последняя является интенциональной и основана на субъективном ожидании оценивающего личностно-мотивационного проявления обучаемого реализации для данной компетенции. Например, «хорошо и добьется лучшего» или «хорошо, но применять не стремится». Этап считается законченным, когда сформированы все правила алгоритма DITA на основе метода СФ.

3. Алгоритм формирования оценок

Решая задачу компетентностного портрета участника процесса обучения на примере конкретного ВУЗа и направления подготовки, необходимо обратиться к описанию формируемых компетенций и соответствующих дисциплин, которые участвуют в их формировании. Для каждой компетенции подготовлен паспорт компетенции, разработанный специалистами организации. В паспорте компетенции заданы уровни и этапы оценивания. Компоненты компетенций формируются в периоды изучения различных дисциплин. Отдельная компетенция вычисляется по ряду компонент при освоении определенных дисциплин, поэтому компетенции, а также их компоненты перекрестны. В существующей системе оценивания по дисциплинам невозможно последовательно определить паспорт компетенции. Применение алгоритма DITA (рис. 1), основанного на методе СФ, позволит определить процедуры, которые учитывают перекрестность и сложность задания компетенций.

4. Архитектура ИС поддержки принятия решений

Предложена архитектура информационной системы поддержки принятия решений, которая реализует вышеприведенный алгоритм (рис. 2).

Блок управления системой осуществляет управление модулями ввода-вывода информации, а также процедурными блоками, обращение к СУБД соответствующих баз данных. Вначале модулем ввода данных осуществляется ввод информации о перечне компетенций, учебном плане и содержании дисциплин по компетенциям. Далее осуществляется формирование базы правил входного оценивания с использованием баз моделей СФ и продукционных правил. После этого модулем ввода данных осуществляется ввод оценок по компонентам каждой компетенции. Далее выполняется преобразование оценок в базисные СФ на основе Базы моделей СФ. При необходимости, осуществляется формирование и реализация требуемого управленческого решения для стабилизации процесса формирования компетенций. По окончании заданного временного интервала осуществляется запрос на СФ промежуточных оценок и вычисление, собственно, СФ, аккумуляция оценок, запрос на продукционные правила. По окончании этих процедур модулем вывода осуществляется вывод и визуализация результатов вычислений.

Заключение

В работе предложена архитектура информационной системы для определения и анализа компетентностного портрета обучаемого, которая позволяет реализовать предложенные алгоритмы. К ним относятся, в первую очередь, алгоритм интерпре-

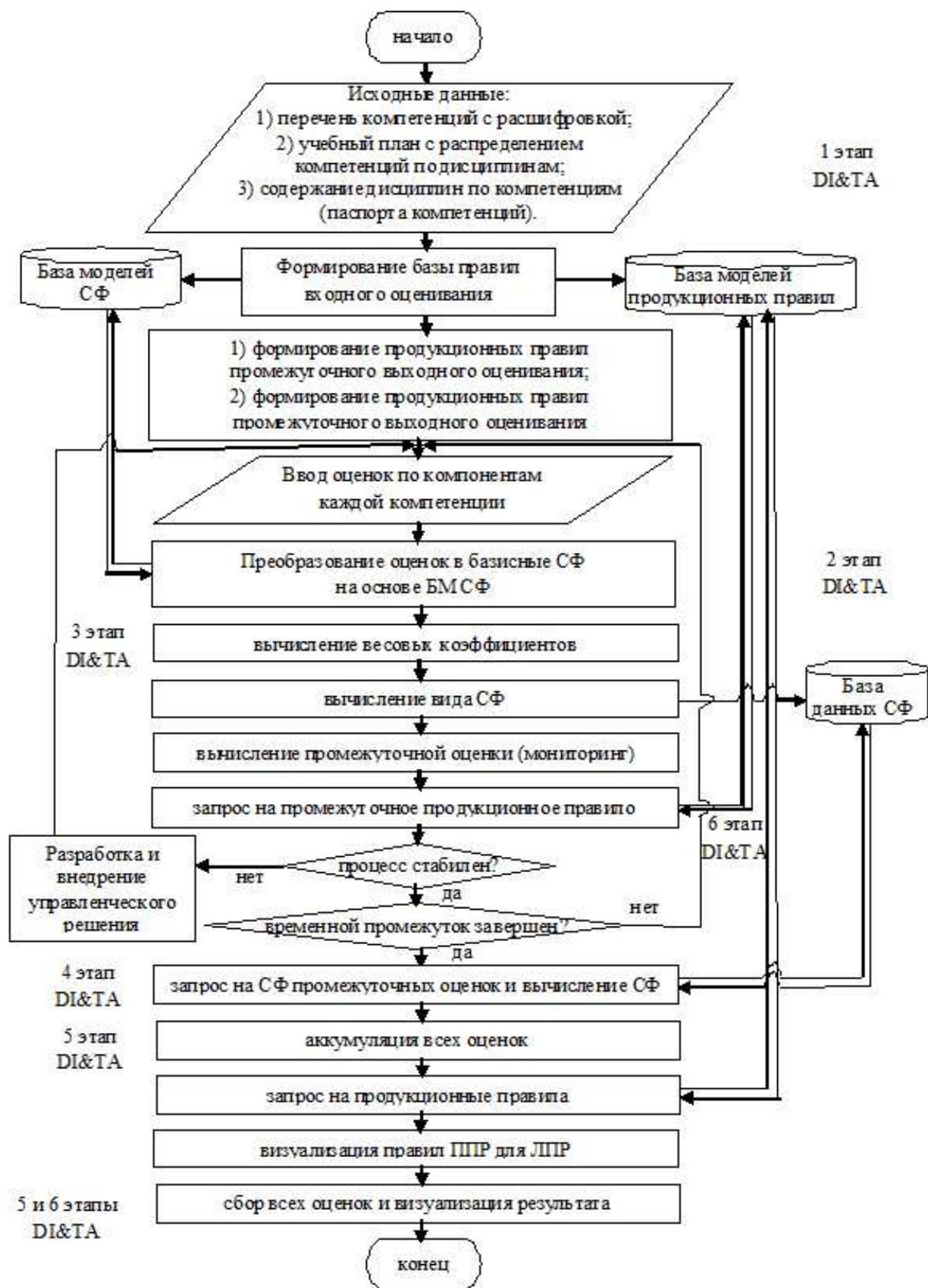


Рис. 1. Реализация алгоритма DITA

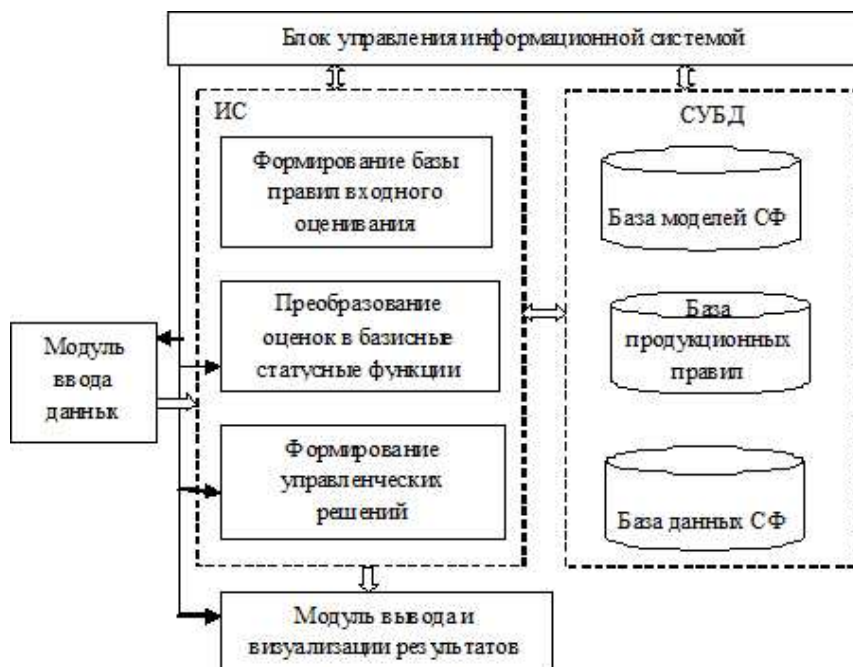


Рис. 2. Архитектура ИС поддержки принятия решений

тации и преобразования данных на основе статусных функций, который используется для поддержки принятия решений в системе. Также предложен алгоритм формирования оценок компетентностного портрета обучаемых. Архитектура информационной системы позволяет получить оценки компетенций с учетом их взаимовлияния и перекрестности, осуществить визуализацию получаемых результатов. Реализация основных модулей информационной системы построения компетентностных портретов выполнена с использованием языка программирования JavaScript, проведена верификация предложенных методов для оценивания компетентностного портрета обучаемого на примере нескольких компетенций. Информационная система предназначена как для текущего мониторинга процесса формирования компетенций, так и для результирующего оценивания компетентностных портретов выпускников в соответствии с актуальными ФГОС. Система наполнения причинно-следственных графов компетенций и дисциплин позволяет адаптировать предложенные модели и информационную систему к анализу сложных социально-экономических процессов не только в системе образования.

Литература

1. Чистякова, Т.Б. Электронная образовательная среда для компетентностно-ориентированного обучения специалистов инженерного профиля / Т.Б. Чистякова // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2016. – № 7. – С. 230–241.
2. Veshneva, I.V. Increasing the Safety of Flights with the Use of Mathematical Model Based on Status Functions / I.V. Veshneva, A.A. Bolshakov // Recent Research in Control Engineering and Decision Making. – Springer Nature Switzerland AG, 2019. – P. 608–621.
3. Bolshakov, A.A. The Architecture of Intellectual System for Monitoring of University Student's Competences Formation Process / A.A. Bolshakov, I.V. Veshneva, T.B. Chistyakova // 2016 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE' 2016). – V. 2. – Saratov, 2016. – P. 30–37.

4. Вешнева, И.В. Метод обработки и интерпретации данных измерения взаимодействий в образовательной среде на основе статусных функций / И.В. Вешнева, Т.Б. Чистякова, А.А. Большаков // Proceedings of SPIIRAS. – 2016. – V. 6, № 49. – P. 144–166.

Ирина Владимировна Вешнева, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии в обучении», Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (г. Саратов, Российская Федерация), veshnevaiv@mail.ru.

Александр Афанасьевич Большаков, доктор технических наук, профессор кафедры «Телематика (при ЦНИИ РТК)», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), aabolshakov57@gmail.com.

Дмитрий Владимирович Лушин, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (г. Саратов, Российская Федерация), dman95csait@gmail.com.

Поступила в редакцию 10 сентября 2019 г.

MSC 68U05

DOI: 10.14529/mmp190409

ARCHITECTURE OF THE INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINING THE COMPETENCE PORTRAIT OF TRAINED ON THE BASIS OF STATUS FUNCTIONS

I. V. Veshneva¹, A. A. Bolshakov², D. V. Lushin¹

¹Saratov National Research State University, Saratov, Russian Federation

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnical University, St. Petersburg, Russian Federation

E-mails: veshnevaiv@mail.ru, aabolshakov57@gmail.com, dman95csait@gmail.com

We present the architecture of an information system for determining and analyzing the competency portrait of trainees. Assessments are formed as status functions that are complex-valued. Moreover, each estimate contains an ordered pair, including estimates of the current state and its expected trend. The significance of the contribution of each of the estimates is calculated based on the correlations of all the estimates in the system. We propose an algorithm for interpreting and transforming information using the mathematical apparatus of status functions to support decision-making using an information system. At the input of the information system, a list of competencies, a description of the curriculum, content of disciplines, and assessments of individual competencies are set. At the output, estimates of the competency portrait of the trainees are formed on the basis of the calculated integral moments. Also, we propose and describe an algorithm to estimate the values of the indicators of competence of students. We develop the corresponding modules of the software information system in the JavaScript language. As an example, to verify the program, we use the formation of a competency portrait of a university graduate in the field of 44.03.01 “Pedagogical education”.

Keywords: status functions; math modelling; competency portrait; training; complexes of problem-oriented programs.

References

1. Chistyakova T.B. [Electronic Educational Environment for Competency-Based Training of Engineering Specialists]. *Science and Education: Scientific Publication of N.E. Bauman*, 2016, no. 7, pp. 230–241. (in Russian)
2. Veshneva I.V., Bolshakov A.A. Increasing the Safety of Flights with the Use of Mathematical Model Based on Status Functions. *Recent Research in Control Engineering and Decision Making*. Springer Nature Switzerland AG 2019: ICIT 2019, SSDC 199, 2019, pp. 608–621.
3. Bolshakov A.A., Veshneva I.V., Chistyakova T.B. The Architecture of Intellectual System for Monitoring of University Student's Competences Formation Process. *2016 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE' 2016)*, Saratov, 2016, vol. 2, pp. 30–37.
4. Veshneva I.V., Chistyakova T.B., Bolshakov A.A. [Method for Processing and Interpreting Interaction Measurement Data in the Educational Environment Based on Status Functions]. *Proceedings of SPIIRAS*, 2016, vol. 6, no. 49, pp. 144–166. (in Russian)

Received September 10, 2019