

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра менеджмента в образовании

**Математическая модель и алгоритмы решения  
задач управления процессом формирования компетенций в вузе**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 3 курса 331 группы

направления 38.04.02 «Менеджмент»

Института дополнительного профессионального образования

**Вешневой Ирины Владимировны**

Научный руководитель:

профессор кафедры менеджмента в образовании,

д.э.н., профессор: О.А. Мызрова

Зав. кафедрой

д-р соц. н., доцент: Н.В. Медведева

Саратов 2016

## Введение

Общие формальные задачи управления социально-экономическими системами (ССЭС), требуют разработки моделей и алгоритмов измерения процессов различного рода оценок процессов формирования компетентностной модели персонала. Исследования задач управления процессами формирования компетенций и в системе непрерывного образования на основе компетентностного подхода проведены, например, в работах Фионовой Л.Р., Маруева С.А., Лисициной Л.С.

Однако, противоречие традиционных методов и новых требований обуславливает необходимость внедрения новых подходов, математических моделей и алгоритмов. Современные теоретические и прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов в социальной и экономической сферах активно используют механизмы, модели и методы, разработанные в квантовой механике, физике, химии, биологии (например, Brody D., Buchanan M., Castellano C., Chakrabarti B.K., Sokolovski D., Словоохотов Ю.Л., и др.). Математические методы оценки результатов обучения направлены на обработку результатов тестирования (Wright B.D., Rasch G., Stone M.N., Ким В.С., Аванесов В.С., Хлебников В.А. Нейман Ю.М, и др.). Формирование компетентностного подхода в системе образования привело к активному изучению понятия компетенций (Ackerman P.L., Winterton J., Spencer L.M., Furnham A., Delamare F., White R.W., Болотова В.А., Байденко В.И., Зимняя И.А., Субетто А.И., Новиков А.М., Татур Ю.Г. и др.). Задача разработки моделей и алгоритмов решения задач управления процессом формирования компетенций ориентирована, как и сама идея компетентностного подхода, на предоставление гарантий работодателю наличия у персонала требуемых для работы компетенций и личностных качеств.

Используемые методы измерения компетенций с применяют номинальные (введение классов по типу хороший-плохой), порядковые (ранжирование), интервальные (бально-рейтинговые системы) или нечеткие процедуры (Берестнева О.Г., Найханова Л.В., Дамбаева С.В.). Применение теории нечетких множеств (ТНМ) для математического моделирования процессов формирования компетенций дает хорошие результаты, однако имеет недостатки, такие как, например, статичность. Кроме того, важно помнить, что современное понятие компетенции включает наличие у субъекта знаний и умений с одной стороны, а с другой – способности успешно действовать, что включает латентную психологическую характеристику. Эти характеристики измеряются в разных координатах. Тем не менее, их нужно объединить, так как они относятся к одной компетенции. Это можно учесть, используя математические модели, развитые в физике и динамике технических систем и позволяющие учитывать множество сценариев такого взаимовлияния. Проблема управления процессом формирования компетенций является актуальной, но не достаточно изученной в контексте внедрения новых подходов в моделировании и разработки алгоритмов управления на основе результатов комплексной оценки.

**Объект исследования** – процесс формирования профессиональных и общекультурных компетенций в вузе.

**Предмет исследования** – процессы формирования компетенций, обусловленные воздействием на обучающихся информационной среды, модели и оригинальные алгоритмы реализации механизмов комплексного оценивания процессов формирования компетенций.

**Методы исследования** – разработанный метод статусных функций для оценки заданных параметров состояния сложной социально-экономической системы; метод ортогонализации Грамма-Шмидта; интерполяции Лагранжа; теоретические методы квантовой механики; методы теории вероятностей; методы теории особенностей Уитни; методы теории нечетких множеств в процессе фазификации, дефазификации и формирования поддержки приня-

тия решений; созданные в работе методологические основы управления процессом формирования компетенций в процессе обучения.

**Цель магистерской работы** – разработать новые модели и методы решения задач управления и поддержки принятия решений, обеспечивающих процесс формирования компетенций.

Для достижения поставленной цели требуется провести теоретические и прикладные исследования системных связей основных компонент компетенции, а также закономерностей процессов формирования компетенций на основе разработки их новых математических моделей, и решить **задачи**:

1. Выделить закономерности процессов формирования компетенций как нового класса объектов математического моделирования и управления.
2. Разработать методы формирования моделей комплексно-значных функций, приписываемых состоянию системы для различных ССЭС;
3. Провести оценку управленческих преимуществ по сравнению с ранее используемыми методами.

**Обоснованность и достоверность результатов исследования:**

Предложенные в работе новые модели и алгоритмы обоснованы: строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными результатами. Достоверность выводов подтверждена результатами проведения социальных и вычислительных экспериментов, результатами использования разработанных методов и моделей при решении практических задач в ряде вузов.

**Теоретическая значимость работы:**

1. Разработан новый метод представления знаний о процессе формирования профессиональных и общекультурных компетенций студентов вуза на основе статусных функций, включающий наиболее полно соответствующий понятию компетенции способ формирования двухкомпонентной оценки компетенций в форме комплексно-значных функций.

2. Созданы методологические основы разработки системы поддержки принятия управленческих решений при мониторинге процесса формирования компетенций.

3. Построена математическая модель на основе системного анализа нового класса объектов управления – процессов формирования профессиональных и общекультурных компетенций.

#### **Практическая значимость результатов исследования:**

Практическое использование полученных результатов позволяет:

1. Внедрять в управленческие механизмы комплексной оценки состояний компетенций субъектов, участников процессов информационного обмена и организаций разработанный в авторский метод комплексно-значных статусных функций.

2. Внедрять в систему оценки процессов формирования компетенций программный комплекс.

Содержание исследования соответствует Государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 гг., ФЗ РФ «Об образовании» от 29 декабря 2012 г., Государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011- 2020 годы)».

#### **Связь исследования с другими проектами:**

Основные разделы исследования выполнены в тематике госбюджетных научно-исследовательских работ ФГБОУ ВПО СГТУ «Создание комбинированных математических моделей сложных социально-экономических систем» 2011 г., инициативного проекта РФФИ 12-07-00598-а «Новые методы математического моделирования динамики формирования компетенций в процессе обучения» 2012-2014 гг.

**Апробация научных результатов работы:** основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: Управление в интеллектуальных, эргатических и организационных системах (УИнтЭргОС-2013). Всероссийская научная конференция «Информационные технологии в новых стандартах и модернизация гуманитарного образования»

(Саратов, 2014), VI Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании» (Саратов, 2014), VII Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании» (Саратов, 2015), VIII международной интернет-конференции «Образование в современном мире»(2013), IX международной интернет-конференции «Образование в современном мире»(2014), X международной интернет-конференции «Образование в современном мире»(2015).

**Публикации.** Основные теоретические и прикладные результаты магистерской работы изложены в 20 публикациях, из них в 3 монографиях, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, зарегистрированных в Реестре программ для ЭВМ.

## **Краткое содержание**

Магистерская работа состоит из введения, трех основных разделов, заключения, списка использованных источников и приложений.

**В первом разделе «Анализ управления процессами формирования профессиональных и общекультурных компетенций»** разделе изучены компетентностные модели результатов обучения, начиная с введения категории «компетенция» в научные исследования около полувека назад. Мероприятия оценки результатов обучения и современные математические модели контроля результатов обучения. Проведенный аналитический обзор показал, что изменение парадигмы высшего образования требует изменения методов обучения, процедур и критериев оценки, способов обеспечения качества образования, перехода к компетентностному подходу. Современные математические модели оценки результатов обучения обладают специфическими недостатками. Современные требования систем менеджмента качества предъявляют требования по измеримости характеристик качества, прозрачности управления на основе процессного подхода, системности структурного управления.

Для этого необходимо разработать метод оценки компетенций, основанный на современных теоретических исследованиях в области психологии и математики; сформулировать концепцию синтеза интеллектуальной информационной системы мониторинга и поддержки принятия решений при управлении процессом формирования компетенций в вузе; разработать и исследовать аспекты интеллектуализации системы.

**Второй раздел «Исследование процессов формирования компетенций как нового класса объектов управления»** исследованы особенности функционирования и синтеза систем управления процессом формирования компетенций в вузе, отражающие современные требования к этому процессу и ИС. Определены задачи, которые требуется выполнить для реализации поставленной в магистерской работе цели, позволит повысить эффективность системы управления вузом.

Разработка новых моделей, методов и алгоритмов решения задач управления и поддержки принятия решений, обеспечивающих процесс формирования компетенций позволит выделить наиболее существенные факторы, влияющие на динамику процесса, и выявить механизмы эффективного управления исследуемой системой. Сложность задачи определяется двумя основными причинами. С одной стороны – отсутствует принятый инструментарий и четко регламентированная «система мер и весов». С другой стороны сложность и перекрестность происходящих процессов требует математического представления ССЭС как открытой динамической системы и описания методами нелинейной динамики. Выявление общих закономерностей явлений и процессов в сложных неравновесных системах привело к активному развитию междисциплинарных наук, таких как, например, эконофизика и социофизика. Квантовая механика, статистическая физика, гидродинамика, неравновесная термодинамика, теория динамических систем и хаоса становятся применимыми в исследованиях ССЭС.

Например, применяются методы, выработанные в нелинейной динамике для анализа современного состояния научного потенциала высшей школы

РФ. Методы нелинейной динамики используются и для моделирования передачи информации между отдельными индивидуумами и установления доминирующего мнения в социуме.

Как и всякая система, образованная множеством элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом ССЭС также предстает стоящей из подсистем, выделенных по некоторому признаку. В современном информационном обществе, где большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации, особенно высшей её формы – знаний, особенную роль приобретают процессы формирования компетенции. Структуры, обеспечивающие их формирование приобретают роль одного из основных обеспечивающих ресурсов общества. Поэтому современные задачи эффективного управления ССЭС предполагают исследование процессов формирования компетенций приоритетно важными.

Применение методов теории нечетких множеств позволяет вводить лингвистические переменные для оценок состояния исследуемого объекта. В работах проведено исследование возможности использования методов нечеткой логики в системе управления качеством обучения в системе образования. Рассмотрена концепция разработки модели экспертной системы управления качеством образования на основе ТНМ. Заметим, что применение оценок на основе ТНМ, обладает рядом недостатков. Наиболее значительным является статичность получаемых результатов, происходящая из приближенного к вероятностному смыслу базовых функций принадлежности. При этом получается многофакторная оценка дефрагментированных показателей описываемой системы.

**В третьем разделе «Метод оценки предметных компетенций студентов вуза на основе системы статусных функций»** В разделе предложен проект расширения языковых средств ТНМ для разработки моделей для описания процессов, происходящих в сложных социально-экономических системах. Оно позволяет решить две задачи. Первая связана с формированием измерительных шкал для управления процессом формирования профессио-

нальных и общекультурных компетенций посредством введения традиционных для физики динамических систем понятий амплитуды и фазы. Вторая – со взаимным влиянием формируемых компетенций, с созданием структур, в которых оценки отдельных компетенций вносят вклад в общую оценку, подобно типам колебаний в нелинейных диссипативных динамических системах в общую динамику системы. Такие исследования соответствуют мировому уровню, однако главным отличием работы является использование комплексных функций для оценок характеристик заданного набора параметров. При этом решены поставленные задачи:

1. Проведен анализ современного понятия компетенции. Выявлено, что в понятии компетенции используется набор составляющих факторов. В случае описания состояния компетенций набор соответствующих факторов может быть разделен на две группы. Первая включает оценку традиционно измеряемых ЗУН, вторая – отражает проявление личностных качеств, проявляемых только в действии. На основе проведенного исследования высказано предположение о целесообразности формировать функцию принадлежности из двух составных частей – очевидную, получаемую в результате измерений состояния компетенций посредством тестов, экзаменов и т.п. и латентную, скрытую или мнимую личностно-психологическую составляющую.

2. В общем случае вводимые переменные являются лингвистическими. Для лингвистических переменных используются методы лингвистического моделирования, разработанные в ТНМ. Так как функции принадлежности не являются вероятностями, их конструирование допускает варьирование и адекватность оценок, полученных с использованием таких функций принадлежности, является критерием их правильности. На основе предположения, что положительно определенная функция принадлежности может быть интерпретирована как квадрат комплексной функции, введены комплексные функции, которые используются как ФП в ТНМ и предложен метод формирования комплексной функции принадлежности. Они названы статусными функциями (СФ), поскольку понятие статуса также двойственно и включает

внешний, принимаемый социумом статус индивидуума, так и его внутренний, психологический статус. Изменение внутреннего статуса ведет к изменению внешнего статуса.

Система оценок на основе метода СФ описывает состояние оценок компетенций, возникающее при их оценивании, которое является суперпозицией всех комплексных функций составляющих их элементарных оценок.

3. Представлены результаты эксперимента в группе студентов 5 курса физического факультета СГУ, указывающие на адекватность введенных СФ реальному описанию ситуации на естественном неформализованном языке. При проведении оценок компетентностей методом СФ необходимо складывать амплитуды статусных функций оценок, что обеспечивает дополнительную возможность извлечения информации о процессе обучения. Показана прогностичность аргумента СФ по отношению к достигнутым в результате изучения спецкурса «Матричная оптика». В процессе проведения эксперимента прямой зависимости между низкой мотивацией и понижением среднего значения результирующей оценки не выявлено.

4. Введение СФ для проведения фаззификации потребует также нетрадиционных для ТНМ методов устранения нечеткости или дефаззификации. Вычисление интегральных характеристик полученного распределения представляет хорошие возможности для разработки лингвистических правил принятия решений.

В другом примере проведена оценка заданного набора компетенций по проблемно-ориентированному анализу, формируемых в группе профессорско-преподавательского состава на занятиях по повышению квалификации. Для обоих случаев в работе продемонстрирована применимость введенных вортономмированных знакопеременных функций принадлежности.

5. Проведенное в работе исследование проводится в рамках описанной в концепции разработки модели экспертной системы управления качеством образования на основе ТНМ, которая может быть положена в основу интеллектуальной системы мониторинга процесса формирования профессиональ-

ных и общекультурных компетенций позволяющей разрабатывать производственные правила для ИС, предлагающей управленческие решения ЛПР.

## Заключение

В результате выполнения магистерской работы решена проблема создания методологии синтеза и реализации ИИС мониторинга и ППР для управления процессом формирования профессиональных и общекультурных компетенций в процессе обучения в вузе, основанной на введенных в работе комплексно-значных функциях принадлежности и комбинированных подходах к принятию решений. Это позволяет повысить эффективность и поддержку принятия решений при управлении процессом обучения. При этом получены следующие результаты.

1. Разработан метод статусных функций, в рамках которого:

– Выполнен анализ свойств процессов формирования компетенций как нового класса объектов управления.

– Проведена апробация возможностей применения функций принадлежности (ФП), используемых в теории нечетких множеств (ТНМ) для оценки компетенций. Используются центрированные ФП и показано соответствие лингвистической интерпретации результирующей выпукло-вогнутой ФП и центрированной относительно нуля на стадии формирования лингвистических выводов.

– Введено предположение, что традиционная оценка по смыслу соответствует плотности вероятности распределения функции принадлежности лингвистических оценок компетенций. Проведена процедура нормализации центрированных ФП и получен полный ортонормированный базис системы накопления знаний об оценках компетенций. Показана применимость квадрата полученных центрированных знакопеременных функций в качестве ФП.

– Предложен метод формирования комплексных функций принадлежности. Их конструирование допустимо с некоторым произволом и адекват-

ность оценок, полученных с использованием таких функций принадлежности и является критерием их правильности. Оценка компетенции предполагается состоящей из двух компонент – оценки ЗУН (знания-умения-навыки) и мотивационной части. Для первой компоненты предложены функции принадлежности, отличающиеся от применяемых в ТНМ тем, что они центрированы относительно нуля, и для них проведена процедура ортогонализации Грамма-Шмидта.

– Введена интерпретация фазы центрированных знакопеременных функций, которая связывается с личностной (мотивационной) части компетенции и характеризует готовность к обучению субъекта. В квантовой механике это соответствует ожидаемому значению импульса частицы. Введены функции принадлежности для трех уровней активности. Таким образом, фаза связывается с мотивационной частью компетенции, а модуль – с частью, описывающей ЗУН. Эти функции, используемые как функции принадлежности в духе ТНМ, по смыслу подобны квантово-механическим волновым функциям. Так как полученные функции некорректно называть функциями принадлежности или волновыми функциями, поэтому для них введен новый термин – статусные функции (СФ). При проведении оценок компетентности по такой методике необходимо складывать амплитуды статусных функций оценок, а не вероятности, что обеспечивает дополнительную возможность извлечения информации о процессе обучения.

Разработанные автором методы позволяют повысить эффективность управления процессом формирования компетенций при обучении студентов при реорганизации учебного процесса и программ при формировании компетентностного подхода в соответствии с современными стандартами, закрепляющими общемировые научные тенденции.