

АДЕКВАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. С. Канев, А. Н. Полетайкин

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

УДК 378.146

Обсуждаются вопросы адекватного моделирования образовательных систем. Анализируется требование адекватности модели, как неперменного свойства, повышающего объективность научных суждений не только и не столько в решении задач в привычных инженерно-физических средах, но и при моделировании в образовательных системах.

Ключевые слова: модель, адекватность, объективизация, оценивание, компетенции, гибридизация, образовательная программа, управленческие решения.

Введение. Наиболее мощным средством повышения объективизации суждений и выводов особенно научного характера является использование математического метода, математического моделирования. Важнейшим требованием к этому действию является требование адекватности выбранной знаковой системы – иначе математической модели исследуемому объекту или некоторой теоретической структуре – избираемой для объяснения теории или особенностей объекта. Часто это требование не проверяется, по умолчанию считается уже результатом сам факт использования математического метода. Однако как справедливо и метко подмечено [1] «Гора собранной информации и скрупулезно проведенного моделирования зачастую рождает мышь конечного когнитивного результата...» Почему? Развёрнутый ответ на этот вопрос глубокого методологического свойства мы планируем дать в более просторных границах издательского места. Здесь же лишь подметим основные обстоятельства, ответственные за степень адекватности тех модельных конструкций, которые привлекаются для объективизации оценивания степени сформированности профессиональных компетенций.

1. Постановка задачи. Возможные направления «дисциплины» адекватности. Что значит математическая модель (ММ) адекватна? Это, прежде всего, оказывается, зависит от

- Критически достаточного качественного описания (изучения) объекта по выбранным характеристикам
- Разумно необходимого количественного описания объекта по выбранным характеристикам и, может быть, самое главное
- Постоянного осознания ответственности рациональной, но не дедуктивной логики за степень адекватности ММ.

Если эти устремления у исследователя достигаются, то уместно говорить о качестве ММ, а именно качество ММ есть адекватность модели в совокупности с её эффективностью. При этом понятие адекватности модели непосредственно опирается на определение объекта моделирования, в то время как понятие эффективности - на цели моделирования [2].

Наиболее распространённая ситуация в исследовательской практике, когда используют «подозрительную» на адекватность инструментальную среду (понимаем совокупность математической модели, компьютерную поддержку и достижимую в плане обеспеченности дан-

ными информационную среду и технологию взаимодействия этих компонентов) до тех пор, пока становится ясным её ограниченные объяснительные и изобразительные свойства. Тогда либо резко переходят к другой «подозрительной» инструментальной среде, либо мягко сопрягают её с новой инструментальной средой. И тогда справедливо толкуют о надеждах большей адекватности в такой эклектике. Ситуация особенно распространена у опытных исследователей, которые на уровне своей богатой профессиональной интуиции способны порождать подобные эклектики с заданным набором потребительских свойств по сути дела работая на гибридных математических моделях. Идея гибридизации ММ из разных их классов не нова, она использовалась похоже сразу же за периодом «наивного» математического моделирования, когда акцентировалось собственно использование математического аппарата в существенно вербальной сфере (ретроспективный опыт гуманитарных наук). Но осознание на методологическом поле укрепления семантики рациональной категории адекватности ММ пришло не сразу, потребовалось накопить достаточный опыт ММ и его осознание.

Приведём здесь некоторый наш опыт построения гибридных ММ, благо из довольно разных предметных областей, чтобы в большей мере наедаться на справедливость и объективность некоторых методологических и методических выводов.

Гибридизация в единой ММ многомерных регрессионных уравнений, адекватно описывающих механические свойства заводского стального проката и его химический состав, используемых на следующем этапе как ограничения и целевые функции в задаче линейного программирования. Эффективность ММ от такого смещения достигала увеличения показателей прочностных свойств стали до 30 % поддерживая химический состав на рекомендованных моделью уровнях и это в пределах ГОСТа [3]. Далее.

Гибридизация в единой ММ канонической сетевой модели, описывающей крупномасштабный инвестиционный процесс с моделью ортогональной регрессии – как свёртки специально организованных, спланированных имитационных экспериментов. В качестве функции отклика использовался показатель интегрального дисбаланса между заданной и полученной в результате эксперимента (расчетной) динамикой инвестиций. Для варьирования по матрице планирования экстремальных экспериментов были выбраны три группы факторов: представляющихся достаточно значимыми: Риск-факторы - сроки ввода в действие целевых событий - важнейших элементов бизнес процессов (БП), определяющих его этапы, лимиты инвестиций по временным периодам – Ресурс-факторы, ограничения по трудовым ресурсам также риск-факторы по временным периодам. При этом для инвестиций принималась гипотеза их складированности, а трудовые ресурсы рассматривались как не складированный ресурс. В целях сокращения размерности факторного пространства, предполагалось несколько идеализированное (равномерное) распределение капитальных вложений внутри временных периодов. Описанная эклектика позволила в существенной нелинейной модели (ориентированный граф) ранжировать линейные эффекты по степени ответственности их влияния на функцию отклика и изучать так называемые парные взаимодействия на построенной линейной ортогональной регрессии до регрессии второго порядка. Большой простор для анализа нелинейностей [3]. И, наконец, опыт гибридизации ММ из гуманитарной сферы. Разнообразие подходов для повышения адекватности модельных конструкций с целью повышения объективизации оценивания достаточно велико [4-6].

2. Опыт и итоги моделирования образовательной системы. С нашей точки зрения повышенная адекватность и объективизация оценивания достигаются в наибольшей степени

через гибридизацию моделей и методов экспертного оценивания, специализированных методов статистической обработки данных, методов нечёткой логики и энтропийного подхода. Вопрос качественного и объективного оценивания результатов учебного процесса стоит сегодня в вузах России очень остро. Эта процедура требует разработки специальных методик и моделей оценивания результативности освоения студентами учебных дисциплин в разрезе формирования компетенций обучающихся. Достижение этого видится в создании специализированных модельно-инструментальных комплексов как основы для формирования фондов оценочных средств дисциплин и собственно оценивания результатов их освоения. Можно утверждать, что это направление является современной, распространенной и востребованной задачей в вузах России.

Нами [7-11] решена задача создания модельно-инструментального комплекса для системного оценивания качества освоения образовательных программ, которая базируется на некоторых новых математических моделях и алгоритмах анализа данных и оценивания в условиях неопределенности и риска, и обеспечивает повышение эффективности оценивания качества освоения образовательных программ в вузе, в частности двукратное повышение оперативности реализации процесса оценивания, а также увеличение точности оценивания качества освоения учебных дисциплин на 12 %. Среди полученных могут быть отмечены такие как основные.

– Анализ компетентностного подхода к оцениванию качества освоения образовательных программ показал, что компетенции следует рассматривать как динамическое сочетание знаний, умений, навыков, личностных качеств, которые необходимо учитывать при оценивании. Проведенный научный поиск методов и моделей оценивания и анализа данных в условиях неопределенности позволил определить формальный аппарат для решения сформулированных задач исследования.

– Разработан и исследован подход к системному оцениванию компетенций, учитывающий внутреннюю структуру компетенций, что позволяет снизить степень субъективизма при оценивании. На основе данного подхода предложена методика оценивания качества освоения студентами учебных дисциплин и выполнена ее компьютерная реализация, которая показывает преимущество учета связей между элементами компетенций. В частности, установлено, что учет связей позволяет обеспечить структурно-логическую целостность и повысить упорядоченность содержания учебных дисциплин, а также увеличить точность оценивания сформированности компетенций.

– Показана целесообразность включения в структуру компетенций личностных качеств обучающихся. Разработана формальная процедура структурного моделирования образовательных программ и их компонентов с учетом личностных качеств, которая позволяет распространить принцип системности на структурирование учебных дисциплин и образовательных программ, а также реализовать в их отношении разработанную методику для объективного оценивания качества их освоения.

– Разработана методика нечеткого оценивания личностных качеств, которая использует экспертные оценки их соответствия параметрам личности, измеряемым посредством многофакторных методов психологического исследования. Адекватность методики проверена сравнением результатов оценивания при помощи данной методики с результатами оценивания с помощью стандартных общепризнанных психологических тестов. Результаты сравнения показали абсолютную погрешность оценивания 8 %.

– Формализована и исследована процедура проведения испытаний до и после внедрения модельно-инструментального комплекса, в результате чего показаны преимущества применения разработанных инструментов по ресурсным и временным показателям. Выполненные исследования динамики результатов оценивания качества освоения образовательных программ и их влияния на эффективность образовательного процесса в вузе в целом показали повышение объективности оценивания качества освоения учебных дисциплин.

– Данная технология может применяться для измерения компетенций по любому направлению подготовки, входит в структуру информационной системы управления образовательным процессом в вузе и внедрена в ряде вузов региона.

3. Схемы и модели решения задач. Актуальность постановки задачи моделирования образовательной системы определяется возрастающей процедурной сложностью директивно устанавливаемых правил и норм аттестации студентов в вузах, связанными с часто меняющимся технологическим и методическим обеспечением образовательного процесса. Немаловажное значение имеют также личностно-индивидуальный и субъектно-социальный компоненты, отражающие социальные и психологические характеристики субъектов образовательного процесса (ОП).

В ходе проведенного авторами исследования [11] рассмотрена задача создания информационной системы управления образовательным процессом в вузе и выполнен развернутый анализ образовательной системы вуза как объекта управления в разрезе декларируемого эндогенно компетентностного подхода позволило выявить десятки показателей, характеризующих идеологическую и материальную основу ОП и в существенной степени определяют его эффективность в технологическом, содержательно-методическом, личностно-индивидуальном, субъектно-социальном и деятельностном аспектах. При этом наиболее проблемно выглядит материальный компонент (технологический и содержательно-методический аспекты), где, помимо проблем с методическим и техническим обеспечением, ситуация осложняется капиталистическим строем, сформировавшим на рынке труда множество вакансий со строго ограниченным профессионализмом. Особым же идеологическим фактором является деятельностный аспект, имеющий выраженный социально-психологический характер и ставящий в фокус индивидуальные характеристики обучающегося. Организационные проблемы обеспечения ОП возможно преодолеть, обратив внимание на коммуникативно-организационный аспект, определяющий коммуникации между субъектами ОП и подразделениями вуза в системе организационного управления ОП, а также решение вопросов, характеризующихся неопределенностью и двусмысленностью, главным образом, через контактные аудитории, такие как ученый совет, совет стратегического планирования, и др. Проработка данного системообразующего аспекта и установление эффективного (оптимального) взаимодействия с другими аспектами посредством выработки и реализации оптимальных управленческих решений – залог эффективного функционирования такой образовательной системы и получения качественной продукции.

Также авторами разработана концептуальная структура образовательного процесса, в которой определены и структурированы контрольные и управляемые параметры, а также факторы внешнего воздействия, определяющие качество продукции вуза. Показано, что эффективность управленческих решений целесообразно оценивать на основе компетентностных моделей, учитывающих качества личности субъектов образовательного процесса. Разработанная авторами информационная технология позволяет осуществлять относительно объ-

ективное (в сложившихся условиях) оценивание сформированности образовательных компетенций студентов с учетом их личностных и профессиональных качеств.

Новизна и объективная необходимость инициирования таких исследований подкрепляется многочисленными отечественными и зарубежными публикациями по этому поводу, а также возрастающим потоком диссертаций, которые защищались и в СибГУТИ (см., например, авторефераты [12 – 16]). В [12] решена задача оптимизации выполнения объема работ и найдено оптимальное время деятельности обучающегося, что позволяет организовать управление учебной деятельностью и осуществлять диагностику процессуальных особенностей деятельности обучающихся. В работах [13] и [15] решена задача оценивания уровня сформированности компетентности и определения на его основе оптимальной индивидуальной траектории обучения студента, что само по себе является сложной, слабоформализованной задачей со значительной степенью неопределенности. Исследование [14] лежит в плоскостях применения онтологий, описывающих предметную область ОП, а также поддержки принятия управленческих решений о выборе оптимального режима работы образовательной организации в особые периоды времени по критериям снижения трудоемкости, повышения надежности и оперативности инфообработки, а также результативность обучения студентов и удовлетворенности заказчиков. В [16] разработана модель регионального рынка труда, позволяющая прогнозировать кадровые потребности региона, и в частности, проводить исследование влияния на рынок труда следующих параметров: изменение числа работающих пенсионеров, академическую мобильность, нелинейное половозрастное распределение работающих, особые формы трудовой деятельности (вахтовый метод работ), а также новый метод формирования оптимального с точки зрения регионального рынка труда регионального заказа на подготовку специалистов по сети учреждений профессионального образования, поддерживая таким образом принятие оптимальных управленческих решений в области социально-экономического развития региона. Причем данный широкий спектр применения математических методов и информационных технологий отнюдь не исчерпывает данную область исследования. Подобные исследования проводятся в Российском экономическом университете им. Г.В. Плеханова, г. Москва, Российском государственном профессионально-педагогическом университете, г. Екатеринбург, Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники, Томском политехническом университете, Иркутском государственном университете путей сообщения, Горно-Алтайском государственном университете, Югорском государственном университете, и других вузах России.

Другим обстоятельством, мотивирующим исследовательскую активность в этом направлении, являются проблемы рутины и неоднозначного восприятия данных инноваций, которые даже отталкивают преподавателей, главным образом, из-за возрастающего объема "неблагодарной" работы. Проблема эта может быть решена за счет разумной минимизации структур образовательных программ и их компонентов, и применения эффективных и простых в использовании инструментальных средств.

Продолжающиеся исследования, однако, показывают перспективность применения методов оптимизации и математического моделирования для объективизации процессов оптимального планирования, структурирования, контроля и управления высшим образованием за счет именно компетентностных моделей учебной, научной, воспитательной и вспомогательной деятельности в вузе через ее связь с трудовыми функциями профессиональных стандартов и профессиональными качествами личности субъектов образовательного процесса.

Дальнейшие исследования в этой области по линии оптимизации предполагается вести по следующим трем направлениям:

Первое и основное – разработка методики конструирования образовательных компетенций с оптимальной внутренней структурой на основе заданного набора трудовых функций, определяемых профессиональными стандартами. Трудовые функции включают в себя необходимые знания, умения и трудовые действия, которые должен освоить выпускник и которые рассматриваются в качестве структурных элементов образовательных компетенций. Число таких элементов в составе трудовых функций профессиональных стандартов, определенных федеральным государственным образовательным стандартом для направления, например, 09.03.03 «Прикладная информатика», составляет около тысячи, а число возможных системных связей, соответственно, около миллиона. Поэтому разработка такой методики позволит конструировать псевдосовершенные структуры, руководствуясь при этом принципом разумной достаточности, формализованным в оптимизационном алгоритме. Решение данной задачи позволит существенно повысить адекватность структур компетенций при конструировании компетенций и разработке на их основе основных профессиональных образовательных программ.

Второе направление актуально с точки зрения современных требований рынка труда к профессиональным качествам выпускников вузов, и предполагает построение компонентной компетентностной модели структурно-логической схемы целевой подготовки выпускников вуза, которая обеспечит создать для обучающегося индивидуальную воронку профессиональной подготовки, чтобы обеспечить максимизацию охвата его образовательных возможностей при минимизации затрат ресурсов образовательной организацией. Снятие противоречия между этими двумя показателями позволит упорядочить и рационализировать взаимодействие между государством, бизнесом и образовательной организацией при подготовке квалифицированных кадров.

Третье, перспективное направление предполагает разработку и экспериментальные исследования нечеткой модели параметризации оптимальных управленческих решений в условиях реального образовательного процесса в вузе, а также создание информационных и программных средств, образующих структурированное киберпространство организации, и обеспечение ими образовательного процесса в вузе в рамках формирующегося регионального сектора интеллектуальной инфраструктуры профессиональной подготовки, учитывающей интересы общества и рынка труда России.

Список литературы

1. Клейнер Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория. - ЭиММ. том 37, 2001. с. 111 – 126.
2. Канев В.С. Адекватность и эффективность математического моделирования // материалы XI Международной Азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем», г. Чолпон-Ата, Кыргызская республика, 27.06 – 7.08. 2015 г., том 1. С. 327–332.
3. Канев В.С., Шевцова Ю.В. Основы моделирования и управления операционными рисками в электронной коммерции и телекоммуникациях. М.: Горячая линия-Телеком, 2015. 278с.
4. Sigrid Blömeke, Olga Zlatkin-Troitschanskaia, Christiane Kuhn and Judith Fege (Eds.) Modeling and Measuring Com-petencies in Higher Education <https://www.sensepublishers.com/media/1531-> (дата обращения 26.04.17)

5. Heather Getha-Taylor, Raymond Hummert, John Nalbandi-an, and Chris Silvia Competency Model Design and Assessment: Findings and Future Direction // University of Kansas http://naspa.org/jpaemessenger/Article/VOL19-1/10_Getha_Taylor_et_al.pdf (дата обращения 26.04.17)
6. Valerie J. Shute, Iskandaria Masduki, Oktay Donmez, Vanessa P. Dennen, Yoon-Jeon Kim, Allan C. Jeong, and Chen-Yen Wang Modeling, Assessing, and Supporting Key Competencies Within Game Environments [http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute %202010_c.pdf](http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute%202010_c.pdf) (дата обращения 26.04.17)
7. Полетайкин А.Н., Ильина Т.С. Методика нечеткого оценивания личностных качеств обучающихся // Материалы XVII Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию, г. Новосибирск, Россия, 30 октября - 3 ноября 2016 г. -- Новосибирск: ИВТ СО РАН. 2016. - С. 100..
8. Ильина Т.С., Полетайкин А.Н. Информационная технология системного оценивания образовательных компетенций // Труды XIII международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (АПЭП – 2016), В 12 томах. Том 9. Новосибирск 2016. – С. 172–177.
9. Ильина Т.С., Баранова А.И., Канев В.С. Управление рисками оценивания образовательных компетенций в высших учебных заведениях. Вестник СибГУТИ. 2017. №1, с. 3-11.
10. Ильина Т.С. Модельно-инструментальный комплекс оценивания качества освоения образовательных программ студентами высшего учебного заведения. . – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – Новосибирск, 2017. – 23 с.
11. Полетайкин А. Н., Ильина Т. С. Информационная система управления образовательным процессом в высшей школе // Вестник СибГУТИ. Новосибирск, 2016. №2. С. 38-50.
12. Николаева Ю.С. Системы управления и диагностики учебной деятельности в вербальных проблемных средах. – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – Новосибирск, 2012. – 23 с.
13. Махныткина О.В. Моделирование и оптимизация индивидуальной траектории обучения студента. – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – Новосибирск, 2013. – 23 с.
14. Темникова Е.А. Математическое и программное обеспечение поддержки принятия управленческих решений для организации дополнительного профессионального образования. – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – Новосибирск, 2015. – 23 с.
15. Гольцова Е.В. Поддержка принятия решений для управления подготовкой инженерных кадров. – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – Новосибирск, 2016. – 22 с.
16. Татьянкин В.М. Методы и алгоритмы для управления процессами кадрового обеспечения региона. – Рукопись. Текст. : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах (технические науки). – Новосибирск, 2016. – 22 с.

Канев Валерий Семёнович – д-р техн. наук, зав. кафедрой Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики;

630102, Новосибирск; e-mail: kanev@ngs.ru;

Полетайкин Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доцент Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики;

630102, Новосибирск; e-mail: Alex.Poletaykin