

КОМПЛЕКСНО-ЗНАЧНЫЕ СТАТУСНЫЕ ФУНКЦИИ В ИЗМЕРЕНИИ СОЦИАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Вешнева И.В.

*Институт дополнительного
профессионального образования
Саратовского государственного
университета имени Н.Г. Чернышевского*

Введение

Требованием настоящего времени является переход образовательных учреждений к работе по ФГОС и ФГОС+, являющимися стандартами нового поколения. Это закреплено в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года¹. Перед системой образования на современном этапе возникла задача повышения качества образования, которая может быть решена созданием системы управления процессом формирования компетенций. В настоящее время существует множество разных математических моделей и подходов, описывающих стадии процесса контроля результатов обучения². Математические методы оценки результатов обучения могут быть представлены следующими классами^{3,4,5,6}: оценки уровня обучения; диагностико-классификационные; психолого-прогностические; социофизические.

Задача разработки эффективного метода контроля результатов обучения должна быть основана на моделях, обеспечивающих соответствие современной образовательной парадигме, базирующейся на компетентностном подходе, иметь математическое обоснование, соответствовать современным тенденциям развития науки и общества.

Закрепленная в современных образовательных стандартах смена образовательной парадигмы характеризуется рядом противоречий, возникших между требованиями потребителей и предложениями вузов. Во-первых, разработанные математические методы контроля результатов обучения не вполне соответствуют понятию компетенции. Во-вторых, распространенные системы оценки направлены на оценку результативности, а не на эффективность. В-третьих, показатели операционного контроля основных бизнес-процессов в вузе не связываются в систему, позволяющую реализовать его миссию на уровне мониторинга компетенций.

I. Комплексно-значные величины в измерении социальных явлений

В отличие от естественных наук и технических систем в изучении ССЭС существует определенная специфика. В ССЭС наблюдаемые факты не могли бы существовать в отсутствии людей и социальных отношений,

их констатация носит институциональный характер⁷. Например, факт того, что Земля является 3-ей планетой Солнечной системы, является независимым от наблюдателя, однако его констатация нуждается в существовании социальных институтов, как язык и т.д. Заметим, что констатация данного факта не зависит от того факта, который констатируется (гелиоцентрическая система мира сменила геоцентрическую в ходе научной революции XVII века). Анализ ССЭС основывается на явлениях, зависящих от наблюдателя. Наблюдаемым явлениям и объектам приписываются некоторые функции. Эти функции зависят от наблюдателя и принятых коллективных соглашений о наличии соответствующего статуса. Приписывание обычно имеет следующий вид: «X считается Y в контексте C». Во всех этих случаях X обозначает некоторые свойства предмета, индивида или положения вещей, а Y наделяет индивида, предмет или их положение особым статусом. Ярким примером являются правовые отношения, финансовые операции, частная собственность, занимаемые должности.

Допустим, что любая случайная величина, приписываемая состоянию ССЭС складывается из того, что она есть z и его восприятия z' .

Тогда для введения системы измерений состояний ССЭС нужно ввести упорядоченную пару действительных случайных величин $S = \{S_1, S_2\}$, принадлежащих различным множествам оценок наблюдаемых «событий», соответствующих измерению ССЭС. S_1 – является измеряемой на практике случайной величиной оценивания ССЭС, S_2 – оценка восприятия события S_1 .

Аналогичная процедура происходит при формировании оценки компетенции экспертом. Появляется как минимум два числа, образующие упорядоченную пару или вектор, содержащий разноплановые оценки. Если оценивается набор компетенций или в оценке участвует группа экспертов, будут сформированы множества оценок. Для обработки результатов измерения могут быть использованы три пути.

В первом, результаты измерения могут быть интерпретированы на основе классического понятия вероятности, а их обработка проведена статистическими методами. Тогда между разноплановыми оценками можно вычислить корреляцию.

Во втором, применение лингвистических оценок позволяет учесть специфику оцениваемого объекта. В этом случае отсутствует классическая вероятность, применяются методы теории множеств и оценкам приписываются функции принадлежности, образующие нечеткие множества. Корреляции оценок учесть достаточно сложно.

Третий путь интерпретации результатов измерения также основывается на неклассическом понимании вероятности, позволяющим выбирать правила обработки результатов так, чтобы это подтверждалось в эксперименте. При этом вектор можно рассматривать в целом.

Предположим, что состоянию ССЭС приписывается функция ψ , которая описывается своим распределением вероятностей $P(\psi)$. Пусть ССЭС может находиться в состояниях 1 и 2, которые определяются приписываемыми функциями ψ_1 и ψ_2 . Если эти состояния взаимодействуют, то распределение вероятностей ССЭС описывается как:

$$P = |\psi_1 + \psi_2|^2 \quad (1)$$

Это соответствует не классическому определению вероятности в квантовой механике⁸. Такое математическое представление вполне соответствует многим взаимосвязанным процессам в ССЭС. Например, аспекты системы сбалансированных показателей предприятия (внутренние бизнес-процессы, взаимоотношения с клиентами, финансовые показатели деятельности и показатели обучения и развития персонала), которые внутренне взаимосвязаны между собой.

Используемые методы оценивания вносят погрешности в измеряемые состояния, что неизбежно сказывается на принципах управления, основанного на фактах. Введение комплексных функций оценок позволит преодолеть данное несоответствие.

Представим метод применения комплексно-значных оценок состояния ССЭС на примере формирования оценок компетенций.

II. Метод статусных функций

Проведем краткое рассмотрение предложенного автором метода статусных функций (СФ). Метод наиболее полно соответствует современному понятию компетенций. Он основан на следующем определении: компетенция является способностью применять знания, умения и успешно действовать на основе практического опыта и имеющихся навыков. Выделим две основные составляющие компетенцию компоненты.

Первая содержит знания, умения и навыки и может быть измерена традиционными способами возможно с применением, например, номинальной (введение классов вида: плохо, удовлетворительно, хорошо, отлично), порядковой (ранжирование), интервальной (бально-рейтинговые системы) или нечеткой процедур. Вторая – способность действовать и применять составляющие первой компоненты является трудно измеримой и отражает личностные качества, позволяющие проявлять навыки в действии. Оценка составляющих каждой компоненты компетенций формируется на общей шкале. В результате получают две групповые оценки, которые не являются независимыми. Представим функцию, описывающую состояние компетенций, зависящей от двух переменных – r , получаемой в результате измерений состояния компетенций на основе тестов, экзаменов и т.п. и k , латентную, личностно-психологическую составляющую, характеризующую волю к реализации этой компетенции.

Предположим, что эти переменные находятся в аналогичной связи, как координата и импульс в квантовой механике. Координата представима измерениями знаний, умений и навыков (ЗУН). Импульс будет установлен фазой комплексной функции и определит направление и скорость смещения оценки по координате r . В результате процедуры оценивания формируются комплексные элементарные СФ оценки каждой компетенции:

$$\psi_{lk} = f_l(r) \exp(i2\pi kr), \quad (2)$$

где $f(r)$ – модули комплексных функций оценок, r – введенная базовая переменная, образующая аналог координаты оценки, k – оценка, представляющая личностную характеристику участника и определяющая фазу. Допустим, для оценок способности применять знания и умения используется 3 возможных уровня освоения компетенции. Для дескрипторов вводятся оценки способности успешно действовать – три ($k = -1, 0, 1$).

Весь набор оценок компетенций каждого из оцениваемых студентов с вычисленными корреляционным способом весовыми коэффициентами определяет итоговую СФ участника:

$$\Psi(r) = \sum_{l=1}^3 \sum_{k=-1}^1 w_l \psi_{lk}(r). \quad (3)$$

Система оценок на основе метода СФ описывает состояние процесса формирования компетенций, полученное при их измерении, которое является суперпозицией всех комплексных функций, составляющих их элементарных оценок. При этом, если оценка некоторого набора компетенций определяется комплексной функцией Ψ_1 , а оценка другого набора комплексной функцией Ψ_2 , то состояние оценок также можно описать суммой этих состояний с некоторыми коэффициентами. Таким образом, введен аналог вектора состояния для множества показателей на примере упрощенной оценки формируемых в процессе обучения компетенций.

Статусная функция является обобщением характеристической функции множества возможных оценок для множества всех возможных. Анализ вида статусной функции и вычисление ее интегральных характеристик содержит полную информацию о состоянии системы компетенций оцениваемого студента.

При оценке уровня сформированности компетенций нужно использовать заданные дескрипторы. Пример представлен в табл. 1:

Таблица 1. Пример оценки компетенций по уровням освоения и дескрипторам

Код компетенции	Образовательный результат	Личностная активность		
		пассивный	декларационный	активный
...				
ППК-1	Первый уровень освоения (пороговый):			
	Второй уровень освоения (базовый):	+		
	Третий уровень освоения (повышенный):			
ППК-2	Первый уровень освоения (пороговый):			+
	Второй уровень освоения (базовый):			
	Третий уровень освоения (повышенный):			
ППК-3	Первый уровень освоения (пороговый):			
	Второй уровень освоения (базовый):			
	Третий уровень освоения (повышенный):		+	
ППК-4	Первый уровень освоения (пороговый):			
	Второй уровень освоения (базовый):	+		
	Третий уровень освоения (повышенный):			
ППК-5	Первый уровень освоения (пороговый):			
	Второй уровень освоения (базовый):			
	Третий уровень освоения (повышенный):	+		
...				

Использование СФ позволяет формировать оценки по всем компетенций в общую систему простых правил поддержки принятия управленческих решений. При этом для полученной функции формируется общая СФ, по которой вычисляются интегральные моменты, такие как математическое ожидание, дисперсия, асимметрия, эксцесс.

Сконструированная статусная функция, содержит полную информацию о нечетком множестве, соответствующем субъекту исследования. Часть информации о смысловом значении, содержащемся в сконструированной статусной функции, содержит математическое

ожидание ее квадрата модуля⁹. Математическое ожидание указывает некоторое среднее значение, около которого группируются все возможные значения r .

$$m = \int_{-\infty}^{\infty} r |\Psi(r)|^2 dr. \quad (4)$$

Математическое ожидание, представляет собой среднее значение случайной величины оценки уровня компетенций, поэтому нетрудно перевести эту оценку в традиционные баллы.

Для значений математического ожидания могут быть введены традиционные лингвистические трактовки как отлично, хорошо, удовлетворительно и неудовлетворительно. Значения диапазонов целесообразно подобрать экспериментально, согласуясь с экспертными заключениями о подготовке студентов.

Кроме математического ожидания информативны такие характеристики как ширина распределения, асимметрия и эксцесс.

Ширина распределения (разброса величины около среднего значения) – дисперсия (математическое ожидание квадрата ее отклонения от математического ожидания):

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (r - m)^2 |\Psi(r)|^2 dr \quad (5)$$

характеризует согласованность мнений экспертов и оценок, когда проводится оценка несколькими экспертами. В нашем случае проводится оценка одним преподавателем набора компетенций, соответственно, ширина распределения характеризует равномерность оценок различных компетенций.

Полученные результаты не дают возможности их однозначной интерпретации и, по сути, являются дополнением к значению математического ожидания. Участник, демонстрирующий рост итоговой оценки набора компетенций, осваивает частично некоторые новые компетенции и при этом происходит расширение функции распределения в сторону высоких оценок. Характеристика функций принадлежности выходных значений компетенций для лучше подготовленного, но не мотивированного на активное обучение участника демонстрирует сужение ширины распределения, оставаясь с прежним набором и не захватывая новых компетенций.

Следующими обсудим характеристиками формы кривой распределения – асимметрию (γ_1) и эксцесс (γ_2):

$$\gamma_1 = \int_{-\infty}^{\infty} (r - m)^3 |\Psi(r)|^2 dr / \sigma^2 \quad (5)$$

Если коэффициент асимметрии отрицательный, то это

свидетельствует о большом влиянии на величину оценки отрицательных отклонений. Рассмотрим возможность такого распределения для оценок формируемых компетенций, что означает смещение оценок в сторону понижения максимума распределения; т.е. если в начале обучения человек имел исследовательский уровень инструментальных компетенций и способность решать нетривиальные задачи, а затем его уровень характеристики компетентностей снизился до возможности только понимания того, о чем ему рассказывают. Такое значение γ_1 должно свидетельствовать о необходимости срочного управленческого вмешательства в процесс формирования компетенций. Если коэффициент асимметрии положительный, а значит, преобладает влияние положительных отклонений, то кривая распределения более пологая справа. Практически определяют знак асимметрии по расположению кривой распределения относительно точки максимума дифференциальной функции. Неравномерное распределение уровней оценок различных компетенций приводит к более высокому значению асимметрии.

Эксцесс определяется как

$$\gamma_2 = \int_{-\infty}^{\infty} (r - m)^4 |\Psi(r)|^2 dr / \sigma^2 \quad (5)$$

Эксцесс служит для сравнения данного распределения с нормальным, у которого эксцесс равен нулю. Распределения более островершинные, чем нормальное, имеют эксцесс положительный, а более плосковершинные – имеют отрицательный эксцесс.

Данные характеристики вводятся для формирования гипотез о состоянии объекта и наиболее эффективно могут быть использованы во всем наборе числовых характеристик распределения. Например, по эксцессу возможно проведение более четкой интерпретации контрастности распределения. Высокая контрастность будет соответствовать более коррелированному распределению. Противоречивость и несогласованность мнений или несгруппированность оценок будет вести к «размазыванию» распределения и снижению его контрастности и эксцесса.

Таким образом, получили набор числовых характеристик, по которым можно сформировать систему принятия управленческих решений по процессу создания компетенций в процессе образования. Заданный набор оценок является весьма информативным. Его развитие позволяет организовать не только оперативный операционный контроль изменением и возникновением новых компетенций в процессе образования, но и значительно более информативное их изучение и оценку. Такая система позволит сформировать эффективную систему управления формированием компетенций, на основе многоаспектного рассмотрения всего процесса с целью его постоянного совершенствования.

Заключение

Метод статусных функций основан на квантово-механических аналогиях процессов формирования компетенций студентов вуза волновым процессам. Являясь комплексно-значными, эти функции имеют большую априорную эффективность для измерения, контроля, анализа и моделирования процессов формирования компетенций. Для компетенций это направление изменения контролируемой компетенции определяется из соответствия заранее требуемому, которое по умолчанию считается установленным и известным. Начиная с момента введения понятия компетенций в научную литературу в середине прошлого века, идея двух компонентности их измерения, в принципе, являлась очевидной. Разработка метода статусных функций обеспечила реализацию процесса контроля и управления формированием компетенций требуемым математическим аппаратом, который наиболее полно соответствует современному их современному пониманию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ 12-07-00598-а)

1 Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. URL: <http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf> (дата обращения 20.02.2015 г.)

2 *Проскурнин А.А.* Математические модели оценки знаний // Известия вузов. Информационные технологии. М.: Московский государственный университет печати им. Ивана Федорова, 2010. № 2. С. 071-078.

3 *Зайцева Л.В., Прокофьева Н.О.* Модели и методы адаптивного контроля знаний//Educational Technology&Society. Казань: Изд-во Казанский государственный технологический университет, 2004. № 7(4). С.265 – 277.

4 *Ким В.С.* Тестирование учебных достижений. Монография. Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. 214 с.

5 *Veshneva I., Melnikov L.* The method of the students' competence rating: knowledge, abilities, skills and personal characteristics // Social and Natural Sciences Journal. Prague. 2012. Vol. 5. P. 1-6.

6 *Большаков А.А., Вешнева И.В., Мельников Л.А., Перова Л.Г.* Новые методы математического моделирования динамики и управления формированием компетенций в процессе обучения в вузе: монография М.: Горячая линия. Телеком, 2014. 252 с.

7 *Серл Дж.* Современная теория институтов: предмет и метод / Серл Дж. // Вопросы экономики. 2007. № 8. С. 4-27.

8 *Клышко Д.Н.* Квантовая оптика: квантовые, классические и метафизические аспекты // УФН, 1994, т.164, № 11, с. 1187–1214

⁹ Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и таблицами. Под ред. Абрамовиц М., Стиган М.: «Наука» 1979, 832 с.