

**АНАЛИЗ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ КАЧЕСТВА  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

© 2019 Н. Н. Цыбов

*Кыргызский государственный университет строительства,  
транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (г. Бишкек, Кыргызская республика)*

*Статья посвящена проблемам автоматизации компонентов образовательного процесса, при применении асинхронных адаптивных обучающих систем с распределенным правом доступа к обучающим ресурсам. В статье рассмотрены основные подходы в понимании сути качества образовательного процесса и его компонентов, рассмотрены вопросы формализации и анализа показателей качества компонентов образовательного процесса, а также виды моделей применяемых при моделировании компонентов образовательного процесса.*

*Ключевые слова: качество обучения, обучающая система, модели образовательного процесса, экспертная система оценки качества обучения.*

**Введение**

Реализация идей автоматизации компонентов образовательного процесса активизировалась в 60-тые годы прошлого столетия благодаря исследованиям Берреса Фредерика Скиннера, Нормана Аллисона Кроудера и др. Интеллектуальные адаптирующие обучающие системы начали появляться только с начала 90-ых [7]. Появление и распространение коммерческих интернет сетей предоставило возможность создания асинхронных адаптивных обучающих систем с распределенным правом доступа к обучающим ресурсам. Создание адаптивных обучающих систем не может быть эффективным без диагностики компонентов дидактических процессов. Для реализации целей диагностики необходимы экспертные системы показателей качества образовательного процесса.

Качество образования относится к ряду категорий, к которым весьма сложно дать однозначное определение.

При определении понимания сути качества образовательного процесса существуют ряд подходов:

– Б. Гершунский и В. Леднев соотносят качество обучения с уровнем образованности, воспитанности и развития обучающихся;

– Б. Данилишин и В. Луговой предлагают определять качество образования как результат возможности вуза придерживаться

государственного образовательного стандарта;

– В. Байденко и А. Ляшенко качества учебного процесса соотносит с профессиональной и социальным уровнем подготовки студентов;

– Г. Бордовский предлагает определять качество образования в соответствии с результатами учебно-воспитательного процесса в вузе [8].

– С. Хохлова предлагает определять качество образования как иерархию результатов, функционирования процесса и условий.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что качество образовательного процесса представляет собой совокупность компонентов, позволяющих оценить глубину знаний и навыков студентов. И соответственно при анализе качества обучения появляется необходимость исследования этих компонентов качества.

При всех выше перечисленных подходах качество образования в первую очередь будет определяться потенциальными возможностями и результативностью деятельности профессорско-преподавательского состава реализовывать необходимый уровень качества подготовки будущих специалистов.

Потенциальные возможности вузов в общем виде определяются:

– соотношением количества студентов на одного кандидата или доктора наук;

– соотношением абитуриентов, получивших при поступлении отличные оценки;

---

Цыбов Николай Николаевич – Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, к. т. н., Nikolay\_reseach@mail.ru.

- соотношением количества научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на каждую кафедру;
- соотношением необходимого объема информации для научной и учебной деятельности вуза;
- соотношением социально-бытовой обеспеченностью вуза;
- соотношением числа научных специальностей диссертационного совета вуза.

Результативность вузов в общем виде определяется:

- соотношением количества востребованных работодателями выпускников;
- соотношением количества патентов и авторских свидетельств, полученных каждой кафедрой вуза;
- соотношением количества учебно-методической литературы, подготовленной к изданию профессорско-преподавательским составом каждой кафедры;
- соотношением количества студентов сдавших сессию на хорошо и отлично;
- соотношением доходов и расходов вузов;
- соотношением подготовки кандидатов и докторов наук каждой кафедрой.

Основные сложности автоматизации компонентов образовательного процесса заключаются в том, что часть управляющих воздействий на педагогический процесс являются трудно предсказуемыми и ввиду их многомерности и весьма сложными для математического описания. Для решения задач этого класса необходима оперативная диагностика многомерных факторов, «онлайн», в процессе обучения с автоматической адаптацией с выявленными связями и их содержанием. Оптимизация функционирования обучающей системы при этом может быть достигнута адаптивной вариацией параметров динамических моделей образовательного процесса.

Процесс мониторинга показателей качества возможен при наличии специально отобранных критериев. Работы по классификации и отбору критериев проводились С. К. Калдыбаевым [6], М. М. Поташником [8], В. И. Зверевой [5]. Но набор критериев не может быть универсальным для различных сфер образования. Для каждой специальности эффективным и оптимальным будет свой индивидуальный набор критериев.

При мониторинге результатов обучения необходима информация об исходном состоянии студента (что он знает на момент начала обучения) и о конечном его состоя-

нии (какими знаниями он должен владеть по результатам курса). Для этих целей необходимы на начальном этапе обучения «поведенческая динамическая модель» и на конечном этапе – «нормативная модель». Для целей отображения траектории обучения реального студента необходимы «специфические модели ошибок».

Моделирование процесса обучения при адаптивном обучении реализуется с применением объединенных подходов к созданию моделей компонентов образовательного процесса. Учитывая то, что предметная область интеллектуальной обучающей системы, как правило, содержит формализованные модели «разнородных знаний», анализ компонентов образовательного процесса целесообразно проводить, используя методы нечеткого моделирования. При анализе моделей образовательного процесса представление информационных массивов предметных областей приводятся процедурным и декларативным способом. Декларативное представление знаний базируется на множестве процедур и является более гибким и экономичным по сравнению с процедурным.

При проектировании интеллектуальных обучающих систем наиболее часто применяемыми моделями являются имитационные модели ошибок, модели фальшправил, выводимые модели, фиксирующие, генетические графы, оверлейные сетевые и векторные. Адаптивные экспертные системы оценки качества образовательного процесса, входящие в состав интеллектуальных обучающих систем, как правило, применяют эталонные модели В.И. Чернецкого, модели расчета рейтингов и бальные модели, хотя наиболее приемлемыми являются разностные и пертурбационные модели, отображающие несоответствие знаний студента и системы [3]. Основным преимуществом пертурбационной модели является возможность диагностики несоответствия знаний обучаемого и интеллектуальной системы.

#### **Формализация компонентов качества образовательного процесса**

При решении задач диагностики качества образовательного процесса необходимо формализовать модели образовательных компонентов и описать алгоритмы оценок качества в соответствии с выделенными критериями.

Баранниковой И.В. выявлены следующие критерии: – материально-техническая база, профессорско-преподавательский состав, учебно-методическая база, учебные

практики, самостоятельная работа студентов, контроль результатов обучения [1]. При оценке качества обучения по критериям Баранниковой И. В. применялись методы экспертных оценок в соответствии с теорией принятия решений.

Так как оценка качества образовательного процесса является интегрированным показателем, состоящим из усредненных оценок отдельных критериев среднее значение отдельного критерия определяется в соответствии с выражением:

$$K_{kr} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{cr}}{n}, \quad (1)$$

где:  $n$  – число экспертов;

$K_{kr}$  – среднее значение оценки критерия (Average rating);

$S_{cr}$  – оценка критерия экспертом (Score criterion).

Тогда общий интегрированный показатель качества образовательного процесса будет определяться в соответствии с выражением:

$$K_Q = \frac{\sum_{kr=1}^{Cr} K_{kr}}{K_{kr\max}}, \quad (2)$$

где:  $K_Q$  – общий показатель качества;

$K_{kr\max}$  – максимальное значение суммы оценок.

При формализации показателей качества процесса обучения математическую модель процесса обучения целесообразно представить составной частью модуля логического вывода, входящего в систему анализа качества образовательного процесса.

Опишем математическую модель модуля логического вывода экспертной системы оценки качества обучения по методике Гордиенко С.А. [2].

Для реализации математической модели введем следующие обозначения:

$K_{ef}$  – обобщенный коэффициент эффективности экспертной системы.

$$K_{ef} = K_{eft} + K_{efp} + K_{efsm} \quad (3)$$

где:  $K_{eft}$  – обобщенный коэффициент эффективности экспертной системы при обретении теоретических знаний;

$K_{efp}$  – обобщенный коэффициент эффективности экспертной системы при обретении практических знаний;

$K_{efsm}$  – обобщенный коэффициент эффективности экспертной системы при обретении духовно-нравственных качеств.

$les_0$  – начальные значения уровня показателей учебной подготовки.

$les_{t0}$  – начальные значения уровня показателей теоретической подготовки.

$les_{p0}$  – начальные значения уровня показателей обретения практических навыков.

$les_{sm0}$  – начальные значения уровня показателей обретения духовно-нравственных качеств.

$Les$  – заданный уровень показателя учебной подготовки.

$les_t$  – заданный уровень показателя теоретической подготовки.

$les_p$  – заданный уровень показателей обретения практических навыков.

$les_{sm}$  – заданный уровень показателя обретения духовно-нравственных качеств.

$es$  – общий показатель усвоения учебного материала (интенсивность потока ошибок после проведения  $i$ -го занятия).

$es_{ti}$  – показатель усвоения учебного теоретического материала (интенсивность потока ошибок после проведения  $i$ -го теоретического занятия).

$es_{pi}$  – показатель усвоения учебного практического материала (интенсивность потока ошибок после проведения  $i$ -го практического занятия).

$es_{sm}$  – показатель усвоения духовно-нравственных качеств.

$i = 1, 2, 3, \dots, n$  – количество учебных занятий.

$\Delta Tt_i^k$  – продолжительность времени теоретического обучения при проведении  $i$ -го учебного занятия.

$\Delta Tp_i^k$  – продолжительность времени практического обучения при проведении  $i$ -го учебного занятия.

$\Delta Tsm_i^k$  – продолжительность времени обретения духовно-нравственных качеств при проведении  $i$ -го учебного занятия.

$Tl_s^e$  – полное учебное время, отведенное на все занятия.

С учетом принятых обозначений полное учебное время, отведенное на все занятия определяется в соответствии с выражением:

$$Tl_s^e = \Delta Tt_i^k + \Delta Tp_i^k + \Delta Tsm_i^k \quad (4)$$

В процессе обучения поток ошибок, по мере увеличения количества проведенных занятий, уменьшается по экспоненциальному закону. При этом общий показатель подготовки обучающегося и его компоненты будут иметь вид:

$$es_i = les_0 + (les - les_0) \cdot$$

$$\cdot f_i(\Delta Tt_i^k, \Delta Tp_i^k, \Delta Tsm_i^k, Kef, Tl_s^e) \quad (5)$$

$$es_{ii} = les_{i0} + (les_i - les_{i0}) \cdot$$

$$\cdot f_i(\Delta Tt_i^k, K_{efi}, Tl_s^e) \quad (6)$$

$$es_{pi} = les_{p0} + (les_p - les_{p0}) \cdot$$

$$\cdot f_i(\Delta Tp_i^k, K_{efp}, Tlp_s^e) \quad (7)$$

$$es_{smi} = les_{sm0} + (les_{sm} - les_{sm0}) \cdot$$

$$\cdot f_i(\Delta Tsm_i^k, K_{efsm}, Tlsm_s^e), \quad (8)$$

где:  $f_i(\Delta Tt_i^k, \Delta Tp_i^k, \Delta Tsm_i^k, Kef, Tl_s^e)$  – функция, представляющая собой зависимость потока ошибок от продолжительности времени теоретического обучения при проведении  $i$ -го учебного занятия –  $\Delta Tt_i^k$ , от продолжительности времени практического обучения при проведении  $i$ -го учебного занятия –  $\Delta Tp_i^k$ , продолжительность времени обретения духовно-нравственных качеств при проведении  $i$ -го учебного занятия –  $\Delta Tsm_i^k$ , от коэффициента эффективности экспертной системы –  $Kef$ , от полного учебного времени, отведенные на все занятия –  $Tl_s^e$ .

$K_{ef}$  – обобщенный коэффициент эффективности экспертной системы определяется в соответствии с выражением:

$$Kef = Kef_L \cdot Kef_{eq} \cdot Kef_{com}, \quad (9)$$

где  $Kef_L$  – коэффициент эффективности обучающего, при достаточной квалификации преподавателя;

$Kef_{eq}$  – коэффициент эффективности средств обучения и оборудования;

$Kef_{com}$  – показатель эффективности обучающегося, характеризующий процесс формирования компетенций на  $i$ -м учебном занятии.

$Kef_{com}$  – индивидуальный коэффициент эффективности обучающегося.

Индивидуальный коэффициент эффективности обучающегося  $Kef_{com}$  рассчитывается для каждого обучающегося.

Для определения  $Kef_{com}$  обозначим:

$\varepsilon$  – параметр восприятия учебного материала, зависящий от степени его осмысления обучающимся в конце  $i-1$  занятия;

$b$  – коэффициент обратной связи, который представляет собой вероятность выявления недостатков в знаниях обучающегося в начале  $i$ -го учебного занятия;

$\Delta t_m$  – относительный коэффициент учебного времени, (для изучения теоретического, практического материала и обретения

нравственно-духовных качеств), который с увеличением количества занятий возрастает от минимума до 1 и вычисляется для теоретической подготовки:

$$\Delta t_{tm} = \frac{\sum \Delta Tt_s^e}{\Delta Tt_s^e} \quad (10)$$

Для практической подготовки:

$$\Delta t_{pm} = \frac{\sum \Delta Tlp_s^e}{\Delta Tt_s^e} \quad (11)$$

Для обретения духовно-нравственных качеств:

$$\Delta t_{smm} = \frac{\sum \Delta Tlsm_s^e}{\Delta Tt_s^e} \quad (12)$$

В соответствии с допущением того, что уменьшения запоминаемой информации распределяется по экспоненциальному закону, определим показатель эффективности обучающегося  $Kef_{com}$  в общем виде в соответствии с выражением:

$$Kef_{comi} = K_{yc} \cdot \left[ \frac{1 - (e^{-\varepsilon i - 1 \Delta t_m}) + (1 - (e^{-\varepsilon i - 1 \Delta t_m}) \cdot bi)}{1 - (e^{-\varepsilon i - 1 \Delta t_m})} \right], \quad (13)$$

где:  $K_{yc} = \frac{B_{cp}}{5}$ ;  $\varepsilon = \frac{A_{к.нр}}{Q_{к.общ}}$ ;  $b = \frac{A_{н.нр}}{Q_{н.общ}}$ ,  $K_{yc}$  –

уровень подготовки;  $B_{cp}$  – средний бал профилирующих дисциплин;  $A_{к.нр}$  – количество правильных ответов, данных обучающимся в конце  $i$ -того занятия;  $A_{н.нр}$  – количество правильных ответов, данных обучающимся в начале  $i$ -того занятия;  $Q_{к.общ}$  – количество вопросов, поставленных обучающемуся в конце  $i$ -того занятия;  $Q_{н.общ}$  – количество вопросов, поставленных обучающемуся в начале  $i$ -того занятия.

Последнее выражение применимо для показателей эффективности как теоретической так и практической подготовки обучающегося, а также применимо при оценке показателей уровня духовно-нравственного воспитания.

Показатель эффективности обучающего  $Kef_L = 1$  тогда, когда студент полностью на 100 % готов к проведению занятий.

Показатель эффективности средств обучения равен  $Kef_{eq} = 1$  при полностью (100 %) исправном состоянии технических обучающих средств.

Тогда обобщенный коэффициент эффективности экспертной системы будет определяться в соответствии с выражением:

$$Kef_i = K_{nol} \cdot \left[ \frac{1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) +}{+(1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) \cdot b_i)} \right] \quad (14)$$

После преобразования выражения (14) обобщенного коэффициента эффективности экспертной системы общий показатель усвоения учебного материала примет следующий вид.

Для теоретической подготовки:

$$es_i = les_0 + (les - les_0) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - \Delta t_m \cdot K_{yc.t} \cdot [1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) + (1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) \cdot b_i)]) \quad (15)$$

где  $K_{yc.t}$  – уровень теоретической подготовки.

Для практической подготовки:

$$es_i = les_0 + (les - les_0) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - \Delta t_m \cdot K_{yc.p} \cdot [1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) + (1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) \cdot b_i)]) \quad (16)$$

где  $K_{yc.p}$  – уровень практической подготовки.

Для подготовке при обретении духовно-нравственных качеств:

$$es_i = les_0 + (les - les_0) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - \Delta t_m \cdot K_{yc.sm} \cdot [1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) + (1 - (e^{-\varepsilon_i - 1\Delta t_m}) \cdot b_i)]) \quad (17)$$

где  $K_{yc.sm}$  – уровень подготовки при обретении духовно-нравственных качеств.

Математическую модели, описанные выражениями (15, 16 и 17), с учетом принятых допущений, можно использовать для мониторинга, прогноза и оценки качества обучения [2, 4].

### Заключение

1. Существенным препятствием при создании автоматизированных адаптивных обучающих систем является отсутствием единых общепринятых образовательных критериев и единого математического подхода.

2. Формализация компонентов образовательного процесса осложняется тем, что часть управляющих воздействий на педагогический процесс являются трудно предсказуемыми и ввиду их многомерности весьма сложными для математического описания.

3. Математические модели экспертных систем показателей качества образовательного процесса должны разрабатываться индивидуально с учетом специфики каждой специальности вуза.

4. Математические модели образовательного процесса должны быть адаптивными

к неконтролируемым возмущениям и иметь возможность функционировать при не строгих теоретических ограничениях модели, учитывающих типичную для преподавателей непредсказуемость индивидуального подхода к вопросам качества.

5. Алгоритмы функционирования математических моделей образовательного процесса должны в себя включать основные дидактические принципы образовательного процесса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранникова, И. В. Методика оценки качества обучения в высших учебных заведениях / И. В. Баранникова, Е. В. Шафорова // Статистика и Экономика. – 2018. – Т. 15. – № 6. – С. 36-45.

2. Гордиенко С. А. Использование экспертной системы для вычисления показателя теоретической подготовки обучающегося / С.А., Гордиенко, И. В. Трубочёв, В. А Ярмыш // Инновационные технологии в образовательном процессе: Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 55-60.

3. Граничина, О. А. Математические модели управления качеством образовательного процесса в вузе с активной оптимизацией / О. А. Граничина // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2006. – Т. 2. – № 1-1. – С. 77-108.

4. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии / Б. А. Душков. – М.: Академический проект, 2002.

5. Зверева, В. И. Самоаттестация школы / В. И Зверева. – М: Центр «Педагогический поиск», 2000. – 160 с.

6. Калдыбаев, С. К. Качество образовательного процесса в структуре качества образования / С. К. Калдыбаев, А. Б Бейшеналиев // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 7. – С. 90-97.

7. Кривицкий, Б. Х. Обучающие компьютерные программы: психология разработки преподавателями обучающих курсов в АСО / Б. Х. Кривицкий // Educational Technology & Society. – № 10 (3). – 2007. – С. 395-406.

8. Поташник, М. М. Управление качеством образования / М. М. Поташник. – Практикоориентированная монография и методическое пособие; под редакцией М. М. Поташкина. – М.: Педагогическое общество России, 2000. – 448 с.

## ANALYSIS AND FORMALIZATION OF QUALITY COMPONENTS OF EDUCATIONAL PROCESS

© 2019 N. N. Tsibov

*N. Isanov the Kyrgyz State university of construction, transport and architecture  
(Bishkek, Republic of Kyrgyzstan)*

*The article is devoted to the problems of educational process components automation with usage of asynchronous adaptive teaching systems with a distributed right to access the educational resources. The article considers the basic approaches to understanding the essence of educational process quality and its components; there also considered the issues of formalization and analysis of educational process quality components, and types of models applied in modeling of educational process components.*

*Key words: education quality, teaching system, educational process models, expert system for assessing the quality of education.*