

Информационная система управления образовательным процессом в высшей школе

А. Н. Полетайкин, Т. С. Ильина

Рассматривается задача создания информационной системы управления образовательным процессом в вузе. Выполнен анализ образовательного процесса вуза как объекта управления, разработана его концептуальная структура, в которой определены и структурированы контрольные и управляемые параметры, а также факторы внешнего воздействия. Разработана функционально-структурная схема управляющей системы и укрупненный алгоритм выработки управленческих решений для приведения объекта в заданное состояние. Показано, что эффективность управленческих решений целесообразно оценивать на основе компонентных моделей компетенций, учитывающих личностные характеристики субъектов образовательного процесса.

Ключевые слова: образовательный процесс, управленческая информационная система, информационная динамика, управленческие решения, оптимальное управление.

1. Введение

Подготовка компетентных кадров является для вузов России задачей нетривиальной, сложность которой определяется, прежде всего, организационными проблемами на местах, связанными с обеспечением образовательного процесса (ОП) качественными его компонентами психолого-педагогической реальности [1], основные пять из которых следующие:

1) технологический – связан с технологизацией ОП, обеспечивающей совершенствование традиционного педагогического процесса путем применения инновационных (в том числе информационных) технологий на всех его уровнях;

2) содержательно-методический (материально-технический) – определяет форму и содержание средств обучения: методических, визуальных, организационных, технических и др., в том числе их инновационную инфраструктуру;

3) личностно-индивидуальный – отражает отношение субъектов ОП к себе (у обучающихся – как к педагогу, у обучающихся – как к будущему специалисту), определяет мотивы своей деятельности и удовлетворенность ею и собой как личностью;

4) субъектно-социальный – отражает социальные и психологические характеристики субъектов ОП, предполагает их целенаправленное взаимодействие, ориентированное на развитие личностных профессионально значимых качеств и компетенций;

5) деятельностный – отражает особенности учебной, научной и воспитательной деятельности в вузе.

Данные пять компонентов образуют идеологическую и материальную основу ОП и в существенной степени определяют его эффективность [2]. При этом весьма проблемно выглядит материальный компонент (компоненты 1 и 2), где помимо известных проблем с методическим и техническим обеспечением пущенная на самотек ситуация осложняется капиталистическим строем, сформировавшим на рынке труда множество вакансий со строго ограниченным профессионализмом, адаптированным для определенных сфер бизнеса. Осо-

бым же идеологическим фактором здесь является деятельностный аспект (компонент 5), имеющий выраженный социально-психологический характер (компонент 4) и ставящий в фокус индивидуальные характеристики обучающегося (компонент 3), и определяющий всю многогранность педагогического процесса. Организационные же проблемы обеспечения ОП возможно преодолеть, обратив внимание на соответствующий его компонент:

б) коммуникативно-организационный – определяет организационный аспект межличностной коммуникации между субъектами ОП и подразделениями вуза в рамках различных событий 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 компонента, грамотное его выстраивание и установление эффективного (оптимального) взаимодействия с рассмотренными выше пятью базовыми компонентами посредством принятия и реализации соответствующих управленческих решений – залог эффективного функционирования такой образовательной системы и получения качественной продукции в виде компетентных выпускников.

Рассмотренная компонентная модель ОП, учитывая ее сложность и многогранность, даже в пределах конкретного вуза требует применения специальных методов управления, которое должно осуществляться в направлениях перманентного насыщения ОП, построения индивидуальной траектории обучения, удовлетворения образовательных и личностных потребностей обучающихся. Принимая во внимание данное обстоятельство, а также обилие и разнообразие информации, циркулирующей в вузе, правильным решением будет построение на его базе управленческой информационной системы (УИС), обеспечивающей эффективное управление образовательным процессом.

2. Образовательный процесс вуза как объект управления

Как объект управления, ОП характеризуется системой параметров, исходя из которой можно измерять степень приближения объекта управления к идеальному состоянию и вырабатывать управленческие решения, содействующие приближению значений данных параметров к желаемым. В соответствии с рассмотренными компонентами ОП все контрольные и управляемые параметры можно разделить на группы. Первые две группы представляют личностные характеристики и относятся к категории контрольных, характеризуя состояние участников деятельности обучения – 1) *обучающего* и 2) *обучаемого*. Оба они характеризуются такими качествами, как компетенция и компетентность, общий уровень знаний и разнообразные личностные характеристики, для них характерны такие состояния, как напряженность, утомление, общее физическое состояние и др. Также они характеризуются социальным положением, религиозностью, характером отношений с окружающими и т.д. Многие из этих показателей характеризуются высокой неопределенностью. Кроме того, каждая из групп обладает такими присущими ей характеристиками, значительными для осуществления деятельности обучения:

1) *Характеристики обучающего* – квалификация, артистизм, ораторские способности, дипломатичность, объективность, требовательность, доверие к людям, терпимость, любовь к ближнему, харизма, чувство юмора.

2) *Характеристики обучаемого* – образовательные потребности, осознанность отношения к обучению, убежденность, усидчивость, прилежание, адекватность самооценки и уровня притязаний, удовлетворенность, умение работать в команде.

По мнению многих исследователей, личностные характеристики субъектов ОП являются одними из важнейших факторов, обуславливающих деятельность обучения и обоюдное развитие компетенций. Так, в статье [3] обоснованно утверждается, что направленность личности должна учитываться при выборе методов и средств контроля знаний и формировании

контрольных заданий. Исследование [4] показывает целесообразность учета психологических характеристик обучающихся для реализации их творческих возможностей через лично-направленное развитие компетенций и научно-исследовательскую работу. В исследовании Л. М. Митиной [5] были выделены более пятидесяти личностных свойств учителя, формирующих его идеализированный портрет, а в статье [6] она подчеркивает важность личностной направленности и поведенческой гибкости педагога при формировании профессиональной компетентности будущего профессионала. Все это дает основание полагать обязательным учет личностных характеристик при оценивании качества обучения и решении задач управления образовательным процессом в высшей школе. Исследования, проведенные авторами в отношении компетенций, соответствующих направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика (в экономике)», определенных соответствующим ФГОС [7], позволили сформировать для каждой компетенции параметризованную компонентную модель (ПКМ) направленного развития личности (некоторые из которых показаны в табл. 1 и 2), устанавливающую соответствие компетенции личностным характеристикам участников деятельности обучения. Как будет показано далее, такое соответствие компетенций и их компонентов контрольным и управляемым параметрам образовательного процесса играет важную роль в оценивании эффективности, целесообразности и ответственности вырабатываемых УИС управленческих решений.

Таблица 1. Компонентный состав компетенции ОК-7 (способность к самоорганизации и самообразованию)

Компоненты (уровни) и их индикаторы			Личностные качества
Упорядочивание	Реагирование	Потребность	
Способность упорядочить и правильно организовать свою жизнь, окружение, работу для того, чтобы достичь цели, выполнить договоренности, понимание соотношения стабильности-нестабильности	Умение организовать себя при изменении внутренних или внешних условий, умение самостоятельно находить нужную информацию, выделять релевантную, анализировать и делать выводы	Потребность в самообразовании, умение проанализировать, каких знаний недостает для дальнейшего развития; владение тайм-менеджментом	Самомотивация, воля, адекватность самооценки и уровня притязаний, мотивация, самосознание, самоконтроль, самокритичность, целеустремленность, энтузиазм

Таблица 2. Компонентный состав компетенции ПК-10 (способность принимать участие во внедрении, адаптации и настройке информационных систем)

Компоненты (уровни) и их индикаторы			Личностные качества
Подготовленность	Контроль	Регулирование	
Инсталляция программных и настройка технических средств, знание основ тестирования ИС	Написание технических инструкций по внедрению и настройке ИС, поддержка пользователей ИС	Оперативное устранение сбоев и обновление компонентов в ИС, мониторинг показателей эффективности, спецификация требований	Внимательность, усидчивость, стремление к совершенству, коммуникабельность, целеустремленность, наблюдательность

Следующие четыре группы характеристик относятся преимущественно к категории управляемых (некоторые параметры, например, характеристики средств стимулирования деятельности обучения (группа 5), характеризуются самой возможностью их применения и в этом смысле являются контрольными), а области их значений являются рабочим материалом для формирования управленческих решений.

3) *Характеристики средств обучения* – цикл учебной дисциплины; актуальность, востребованность, инновационность, уровень сложности и вид подачи материала; степень разработанности курса, используемые технологии (технические средства обучения – ТСО), междисциплинарные связи и др.

4) *Характеристики средств диагностирования* – целевое назначение испытания, категория оцениваемых знаний, уровень соответствия учебному материалу, уровень сложности, направленность на измерение определенных компетенций, технологии контроля знания, интерактивный режим, длительность испытания, контроль умения пользоваться справочной литературой, возможность повторного выполнения испытания.

5) *Характеристики средств стимулирования деятельности обучения* – наличие и формат учебной ситуации, творческое учебное взаимодействие [8], диалогизация обучения, личностная включенность обучаемого в ОП, уровень и формат использования технических средств обучения, эффективность их восприятия, доступность образовательных ресурсов, внеаудиторные формы организации обучения, интерактивные формы обучения, стимулирующее тестирование, специфические виды контроля и шкалы оценивания.

6) *Характеристики коммуникационной инфраструктуры* (межличностные и технические коммуникации) – сетевая платформа вуза, уровень коммуникации между участниками ОП, состояние рынка телекоммуникаций, сетевой формат образовательных программ, интеграция с научно-производственными предприятиями отрасли, электронный документооборот, информационные ресурсы вуза, связь с коммерческими структурами, сотрудничество с общественными организациями, взаимосвязь со студенческими сообществами, проведение мероприятий городского и международного масштаба.

Оценивание рассмотренных характеристик, за исключением очевидных, типа цикла учебной дисциплины, целевого назначения испытания и др., целесообразно осуществлять методами экспертного оценивания с привлечением в качестве экспертов руководителей подразделений вуза, специалистов Минобрнауки РФ, преподавателей (в том числе из родственных, отраслевых вузов), работодателей (в соответствующих профессиональных отраслях), родителей обучающихся. Личностные характеристики могут быть с приемлемой точностью оценены посредством общепризнанных психологических тестов разных видов. Например, тест на внимательность, коммуникабельность, мотивацию и др. [9]. Некоторые характеристики, такие как креативность и ораторские способности, внимательность и самокритичность, могут быть оценены как тестами, так и экспертами.

Помимо указанных параметров ОП на его состояние оказывает влияние множество возмущающих факторов внешней среды. Внешние факторы охватывают культурную, социальную, политическую, правовую, регулятивную, финансовую, технологическую, экономическую, природную и конкурентную среду, а также международную, национальную, региональную или локальную обстановку, ключевые движущие силы и тренды. Данные факторы также можно разделить на такие группы, как характеристики образовательной надсистемы (образовательного пространства), характеристики регионального рынка труда (в отрасли), экономическая и демографическая ситуация в регионе, характеристики технологизации в отрасли, характеристики международной деятельности, различные молодежные тренды и тенденции глобализации образования. С целью диагностики и обоснования влияния данных факторов на ОП авторы рассматривают прежде всего различные виды анализа как приоритетную перспективу оценки факторов. Предлагаемые виды анализа могут быть представлены в виде классификации по определённым признакам: существенность и частота влияния, степень охвата, масштаб, методы оценивания, тип измерений, динамика (в т.ч. информационная) влияния на образовательный процесс.

В целом, учитывая объем, изменчивость и многообразие информации, представляющей описанное многообразие данных для решения задачи управления ОП, очевидно, что построение качественной информационной структуры является задачей высокой сложности. Сложность же системы, как известно, пропорционально связана с мерой неопределенности ее состояния, характеризуемого в общем случае величиной энтропии системы. Таким образом, данная задача сводится к задаче минимизации энтропии образовательной системы вуза при неубывании (и даже перманентном возрастании) ее разнообразия. Задачи подобного рода рассматривает информационная динамика (инфодинамика).

3. Динамика информационных процессов в образовательной системе

Согласно положениям инфодинамики [10] результатом деятельности (действия информации как процесса на структуру объекта управления) является обобщенная негэнтропия (ОНГ). ОНГ является однозначной характеристикой рассматриваемой системы, ее структуры. Также вводится понятие обобщенной энтропии (ОЭ), определяющей степень неадекватности в системе информационной структуры. В этой же монографии показано, что только учет инфоструктур и их информационный анализ дает возможность охватить целостность сложной системы и избегать применения недостаточно адекватных математических моделей. Как ОНГ, так и ОЭ являются функциями состояния системы и связаны классическим соотношением, выражающим упорядоченность системы R , которую определяют как степень отклонения ее состояния от равновесия (введенную Шенноном величину избыточности):

$$R = 1 - \frac{OЭ_{\phi}}{OЭ_M} = \frac{ОНГ}{OЭ_M}, \quad (1)$$

где $OЭ_{\phi}$ – фактическая ОЭ системы, $OЭ_M$ – максимально возможная ОЭ системы. $R = 0$, если система находится в состоянии полного беспорядка ($OЭ_{\phi} = OЭ_M$, $ОНГ = 0$); $R = 1$ для идеально упорядоченной системы ($OЭ_{\phi} = 0$, $ОНГ = OЭ_M$). Определение $OЭ_M$ сопряжено с оценкой максимального количества всех возможных состояний системы $S_{\max}$, учитывая общее количество элементов, связей между ними и области значений их атрибутов в ее инфоструктуре. В случае равновероятного распределения значений атрибутов объектов инфоструктуры для расчета $OЭ_M$ используется выражение:

$$OЭ_M = -\log_2 \frac{1}{S_{\max}} = \log_2 S_{\max}. \quad (2)$$

Фактическая ОЭ представляет собой сумму средних условных энтропий относительно исполнения целевого критерия при условии действия факторов, влияния которых скалярно проецируются на общую ось целевого критерия:

$$OЭ(C/F) = -\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n k_i P_{ji}(C_j/F_i) \log_2 P_{ji}(C_j/F_i), \quad (3)$$

где P_{ji} – условная от отдельных факторов F_i вероятность достижения цели C_j ; m – число частных критериев эффективности системы; n – количество факторов, влияющих на систему; $k_i \geq 1$ – коэффициент рассеяния информации для i -го фактора. Вероятности $P(C_j/F_i)$ оцениваются по косвенным или априорным закономерностям, которыми могут служить ранее известные теоретические или экспериментальные зависимости, а также математические модели, правдоподобные предположения и гипотезы, экспертные оценки. Результат энтропийной оценки (3) показывает степень неопределенности текущей ситуации в отношении достижения либо недостижения системой поставленных целей. Текущие же значения вероятностей $P(C_j/F_i)$ демонстрируют сильные места ($P_{ji} \approx 1$), слабые места ($P_{ji} \approx 0$), а также точки неопределенности ($P_{ji} \approx 0,5$). И если первый случай дает повод для удовлетворения, то последние два случая требуют принятия мер, корректирующих текущее положение по соответствующим факторам F_i и связанным с ними параметрам системы.

ОНГ определяется для упрощенных моделей с известной $OЭ_M$. Для этого рассчитывается разность между $OЭ_M$ и $OЭ_{\phi}$ после получения информации для случая независимости $OЭ_M$ от информационного процесса (4). Если в результате получения системой информации макси-

мальная энтропия изменяется до $OЭ_{МИ}$ (а в случае введения управляющей информации система нередко увеличивает свое пространство состояний), то расчет производится по формуле (5). Графически соотношения данных характеристик представлены на рис. 1.

$$ОНГ_1 = OЭ_M - OЭ_\Phi; \quad (4)$$

$$ОНГ_2 = OЭ_{МИ} - OЭ_\Phi. \quad (5)$$

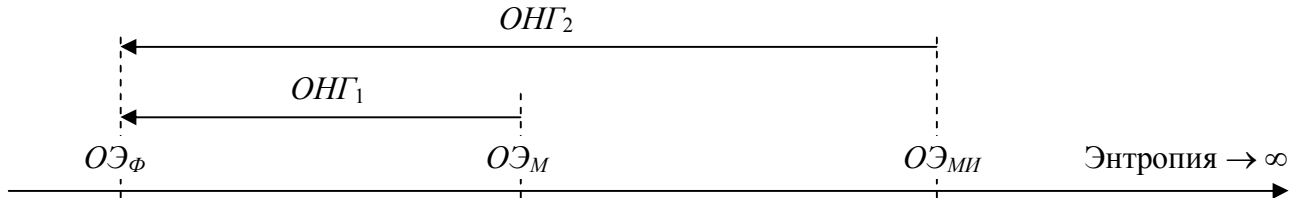


Рис. 1. Геометрический смысл взаимодействия основных величин инфодинамики

Общесравнимые значения $OЭ_M$, $OЭ_\Phi$ и $ОНГ$ имеют единые единицы измерения (бит) в любых системах. Это дает возможность составлять балансы-неравенства их передачи между системами, что в свою очередь позволяет посредством варьирования факторами, их динамикой, максимально приблизить модели к реальным объектам и их оптимизировать. Из [10] известны два варианта оптимизационных балансовых неравенств.

1. Баланс $ОНГ$ основывается на законе непревышения максимума $ОНГ$: *ОНГ в изолированной системе не увеличивается, но может уменьшаться*. Система может получать $ОНГ$ от других систем и отдавать ее другим системам при помощи информации. Для любой системы формула неравенства за определенный период:

$$ОНГ_1 + \sum ИФ_{IN} \geq ОНГ_2 + \sum ИФ_{OUT}, \quad (6)$$

где $ИФ_{IN}$ – полученная системой информация ($ОНГ$); $ИФ_{OUT}$ – отданная системой информация ($ОНГ$); $ОНГ_1$ и $ОНГ_2$ – $ОНГ$ системы в начале и в конце периода.

2. Баланс $OЭ_\Phi$ выводится из второго закона термодинамики: *$OЭ_\Phi$ не может быть меньше, чем сумма условных энтропий влияющих на систему внутренних и внешних факторов*. Общая $OЭ_\Phi$ в изолированной системе не может уменьшаться. Для любой системы формула энтропийного неравенства:

$$OЭ_{\Phi O} \geq \sum OЭ_{\Phi Y}, \quad (7)$$

где $OЭ_{\Phi O}$ – общая фактическая энтропия системы; $OЭ_{\Phi Y}$ – условная фактическая энтропия системы под влиянием одного фактора или воздействия.

Данная методика дает возможность составлять зависимые от многих факторов балансовые модели инфообмена. Например, можно при оптимизации структуры учебной дисциплины спрогнозировать сформированность определенного кластера компетенций при сокращении объема аудиторной нагрузки и выяснить вероятность достижения этого прогноза (цели) путем определения функционала $OЭ_\Phi$ (2) и его минимизации путем вариации факторов на неравенствах (6) и (7), либо подобным образом максимизировать функционал $ОНГ$ (4) и (5). Если в данных конкретных условиях возможны несколько альтернативных вариантов упорядочивания системы, то реализуется та альтернатива, которой отвечает минимальный рост (или максимальное убывание) $OЭ$ при максимальной степени поглощения поступающих извне ресурсов и $ОНГ$.

4. Постановка задачи на создание системы управления

Общая структура системы управления показана на рис. 2 и включает в себя объект управления (ОУ), представляющий ОП, и субъект управления (СУ), представляющий собой управляющую подсистему, обеспечивающую выработку управленческих решений.

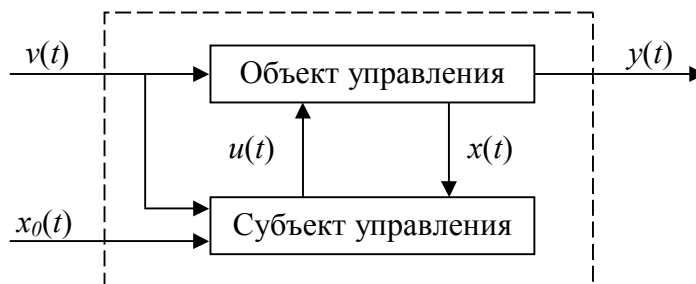


Рис. 2. Структура системы управления образовательным процессом

Регулирование состояния ОУ производится посредством реализации управленческих решений $u(t)$, вводящих в ОУ управляющую информацию, что через некоторое время приводит к изменению множества X контрольных параметров ОУ. Данные изменения передаются по обратной связи $x(t)$ субъекту управления (СУ), который на основе этой информации, влияния возмущений внешней среды $v(t)$ и с учетом задания идеального состояния объекта $x_0(t)$ вырабатывает решения $u(t)$ с заданными параметрами. Такой замкнутый контур образует цикл управления ОП с обратной связью. Управляемость U такой системы согласно закону инфодинамики по управляемости систем, являющимся обобщением закона необходимого разнообразия в кибернетике (по Эшби), выражается отношением суммы первоначальной и введенной управляющей системой ОНГ к её $ОЭ_M$:

$$U = \frac{ОНГ_H + ОНГ_U}{ОЭ_M}, \quad (8)$$

где $ОНГ_H$ – первоначальная ОНГ в системе, $ОНГ_U$ – введенная управляющей подсистемой ОНГ, $ОЭ_M$ – максимальная ОЭ управляемой подсистемы (ОУ). Оценка управляемости имеет важное значение при формировании управленческих решений, определяя их направленность – в случае низкой управляемости решения должны быть ориентированы на ее повышение, например, через организацию дополнительных инфоструктур в объекте управления.

Поскольку основу управления в данной системе составляет выработка параметризованных управленческих решений $u(t)$, рассмотрим эту задачу с формальной точки зрения. Целью решения общей задачи принятия решений является выбор из допустимого множества решений U единственного наиболее эффективного решения $u^\circ \in U$. В формальной постановке это означает, что необходимо решить задачу [11]:

$$u^\circ = \arg \max_{x \in X} E(x), \quad (9)$$

где $E(x)$ – обобщенный скалярный показатель качества решений. При принятии решений в условиях многокритериальности, когда эффективность j -й альтернативы решения характеризуется кортежем разнородных показателей (критериев) $X = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$ и кортежем частных характеристик этой альтернативы $K = \langle k_j(x_i) \rangle, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, представляющих пространство характеристик качества решения, для которых не существует единственного решения $u^\circ = \arg \max_{x \in X} \langle k_j(x_i) \rangle$, возникает задача вычисления обобщенной скалярной оценки эффективности решений, известной как функция полезности $P(x)$:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i k_i^H(x), i = \overline{1, n}, \quad (10)$$

где: α_i – относительные безразмерные весовые коэффициенты, лежащие в интервале $[0, 1]$, $k_i^H(x)$ – нормализованные (приведенные к изоморфному виду) частные параметры. При этом нормализация выполняется по формуле (11), которая учитывает наилучшее $k_{i_{HL}}$ и наихудшее $k_{i_{HX}}$ значение i -го параметра, принимаемые им на области допустимых значений $x \in X$:

$$k_i^H(x) = \frac{k_i(x) - k_{i_{HX}}}{k_{i_{HL}} - k_{i_{HX}}}. \quad (11)$$

Принимая во внимание квазидинамичность ОУ и нестационарность системы управления для моделирования принятия решений, необходимо определить временной сценарий поведения объекта управления $u(t)$. При этом каждому сценарию будет соответствовать поведение ОУ, т.е. траектория изменения его структуры представлена в терминах управляемых параметров $u \in E_M$, контрольных параметров $x \in E_C$, выходных переменных $y(t)$. Формально это означает, что оптимизационная модель (9) примет вид:

$$u^\circ = \arg \underset{x}{extr} F[x, k_i^H, u, t], x \in E_C, u \in E_M; \quad (12)$$

$$h_s(x, q_h, u, t) \leq 0, s = \overline{1, S}; \quad (13)$$

$$g_l(x, q_g, u, t) = 0, l = \overline{1, L}. \quad (14)$$

Здесь $k_i^H, i = \overline{1, n}$ – нормированная величина i -го параметра; $Y(t)$ – временной сценарий поведения ОУ, которому соответствует некоторое эффективное управленческое решение u° ; h_s, g_l – ограничения, определяющие допустимое множество решений U ; $q_h = f_h(U)$; $q_g = f_g(U)$ – моделируемые численные параметры ограничений h_s, g_l .

Процедуру принятия решений в нестационарных системах в [11] предлагается структурировать на два этапа. На первом этапе формируется множество альтернативных исходов $X_k = \{x_{k_i}\}, i = \overline{1, n}$, соответствующих возможным сценариям поведения ОУ $u_j(t), t \in [t_0, t_k]$, $j = \overline{1, m}$, где t_0, t_k – соответственно начальный и конечный моменты интервала планирования исходя из предположения, что целевая установка на момент t_0 является стабильной. Для решения этой задачи необходима имитационная модель, позволяющая получать ответы на вопросы типа «что будет, если ...». Это позволяет сформулировать соответствующую целевую функцию, которая экстремизируется путем выбора значений управляемых параметров $u \in E_M$. Таким образом, для каждого конкретного сценария $u_j(t), j = \overline{1, m}$ на момент t_k будет получено состояние x_{k_i} , экстремизирующее целевую функцию ОУ. В результате будет определено множество возможных состояний ОУ $X_k = \{x_{k_i}\}, i = \overline{1, n}$.

Задача второго этапа заключается в выборе на основе анализа множества X_k стратегии поведения системы в $x(t_0)$, т.е. в момент t_0 . При этом предполагается, что на интервале времени $t \in [t_0, t_k]$ изменение начального решения $x(t_0)$ невозможно. Например, в момент t_0

принимается решение о модернизации некоторого учебного курса. Это связано, например, с принятием решения о содержании отдельных модулей и объемах нагрузки, перераспределении междисциплинарных связей, определении состава ТСО, форматировании учебных ситуаций при изучении курса, планировании внеаудиторных форм организации обучения и т.д. Эти решения принимаются на основе анализа актуальности и инновационности материалов курса, их направленности на формирование определенных компетенций и их текущих оценок у обучающихся, оценок заинтересованности в результатах обучения по данному курсу на рынке труда, особенностей информационных ресурсов вуза в разрезе изучения данного курса, имеющихся возможностей модернизации технологий обучения и т.д. Задача заключается в том, чтобы в момент t_0 принять эффективное решение, позволяющее учесть всё многообразие данных параметров с учетом неопределенности их изменений в процессе реализации этого решения.

5. Формально-логическая процедура выработки управленческих решений

Предположим, что модель (12) является линейной моделью планирования образовательной программы. Тогда целевая функция представляет собой линейную свертку (10) нормированных в соответствии с (11) значений частных критериев эффективности. Применительно к приведенному примеру такими критериями могут выступать: текущая успеваемость студентов, уровень компетенции выпускников и преподавателей, общественная активность студентов, удовлетворенность студентов обучением в вузе, удовлетворенность сотрудников условиями работы, публикационная и научно-исследовательская активность, развитость научно-исследовательской базы, спрос на выпускников на рынке труда, инновационность, рейтинг вуза и др. Ограничения (13), (14) отражают ресурсы ОУ, конъюнктуру рынка труда, например, спрос на специалистов, обладающих требуемыми компетенциями и т.д. Анализ производится в условиях нестабильного состояния внешней среды, лимитов на использование средств обучения и диагностирования, ограничений стимулирующих средств, нормативов учебной нагрузки в условиях ограниченного бюджета, а также значительного влияния человеческого фактора, выражаемого в параметрах ОУ 1-й и 2-й группы. В этом случае сценарии $u(t)$ представляют собой различные варианты реализации ОП, что приводит к изменению численных параметров ограничений, появлению новых ограничений по лимитируемым ресурсам.

Наличие модели системы (12) позволяет определить для каждого сценария поведения ОУ $Y_j(t)$, $j = \overline{1, m}$ соответствующее ему оптимальное решение u_j° . В частном случае $u(t)$ может не зависеть от времени на интервале $t \in [t_0, t_k]$, а быть постоянным, например, $u(t) = u(t_0)$. Таким образом, определение множества решений связано с формированием исходных сценариев поведения ОУ $u_j(t)$. Возможны два подхода к решению этой задачи: 1) эвристический, когда возможные конкретные сценарии поведения ОУ, их количество и параметры формируются экспертами-аналитиками на интуитивном уровне, и 2) формальный, ориентированный на создание некоторых более или менее глубоко формализованных процедур формирования сценариев $u_j(t)$. Рассмотрим более подробно этот подход.

Как уже отмечалось, ОУ является не полностью управляемым и контролируемым даже с позиции метасистемы, например, государства. Поэтому по отношению к любой локальной системе он может рассматриваться как система со случайными характеристиками управляемых параметров $u \in E_M$. В нашем случае очевидно, что во множестве U существуют группы зависимых переменных. Так, в рассмотренном выше примере планирования ОП изменение средств обучения по некоторой учебной дисциплине влечет изменение ее востребованности, сложности и вида подачи материала, и наоборот. В каждой такой группе выделяется базовая

переменная, но базовые переменные считаются независимыми. В общем случае каждое решение $u_j(t)$ является конкретной композицией указанных переменных. Кроме того, полагаем, что для компонента $u_j(t)$ с некоторой определенностью известна информация о параметрах, например, вероятность события, закон распределения, математическое ожидание, причем указанная информация может быть задана точно, задана приближенно в виде интервалов возможных значений или нечетких переменных.

Функциональная структура управляющей системы, реализующей данную процедуру, представлена на рис. 3. Логика получения результирующего решения $u(t)$ прослеживается сверху вниз от исходных данных $x(t)$, $x_0(t)$ и $v(t)$, ввод текущих значений которых осуществляют операторы, обеспечивая решение задачи мониторинга ОП. Данные, характеризующие непосредственно ОП в соответствии с его шестикомпонентной моделью, рассмотренной во введении, образуют поток $x(t)$. Результаты мониторинга этого потока (внутреннего состояния ОП) по значениям контрольных параметров, в том числе смоделированные компонентные модели (ПКМ), поступают в БД-1, а отслеживаемые значения внешних факторов $v(t)$ – в БД-2. Заданные идеальные значения контрольных параметров ОП $x_0(t)$ наряду с остальными двумя категориями данных поступают в инфодинамическую модель для вычисления системных вероятностных характеристик исходя из (1)–(5). Результаты инфомоделирования (1), (3), (5) и (8), а также состояния балансов (6) и (7) наряду с заданиями $x_0(t)$ сохраняются в БД-3. Все три базы данных постоянно поддерживаются в актуальном состоянии, адекватность которого обеспечивается посредством обратной связи от блока накопления опыта, и определяют концептуальную составляющую баз знаний (БЗ). БЗ-1 и БЗ-2 в основном содержат нечеткие продукционные знания о внутренней структуре ОП и влиянии на нее внешней среды соответственно. В БЗ-3 содержится система знаний, определяющая правила формирования управленческих решений. Все три БЗ функционально взаимосвязаны процедурными знаниями из БЗ-3, которая также выступает информационным ресурсом для конструктора альтернатив решений $u_j(t)$. Данные альтернативы являются рабочим материалом для имитационной модели, а нечеткая модель обеспечивает их параметризацию на основе знаний из БЗ-1 и БЗ-2. Имитационная модель во взаимодействии с оптимизационным алгоритмом экстремизирует функционал $F[x, k_i^H, u, t]$ (12), вырабатывая подмножество субоптимальных решений. Последние поступают в анализатор блока накопления опыта, который выполняет оценивание рисков неправильной реализации решений в смысле несоответствия системе правил из БЗ-3, отбирая таким образом наиболее правильное решение u° . Данное решение в совокупности с результатами интерпретации нечеткого вывода образует результат, выводимый ЛПР. На основе проведенного анализа блок накопления опыта формирует обратную связь, корректируя посредством нее базу знаний УИС и обеспечивая контур управления, замкнутый на блок мониторинга образовательного процесса.

Задача администрации вуза в условиях функционирования УИС – обеспечить непрерывный мониторинг и перманентную актуализацию информационной базы, для чего необходимо ввести в штат операторов, обеспечивающих бесперебойное функционирование блока мониторинга ОП. Характеристики групп 1–5 могут предоставляться непосредственно учебными подразделениями вуза либо действующей на его базе АСУ "ВУЗ" по вызову оператора. Характеристики группы 6 также, как и некоторые характеристики групп 1 и 2, должны оцениваться экспертами и обрабатываться с использованием методов экспертного оценивания, реализация которых функционально включена в мониторинг внутренней среды. Кроме того, характеристики групп 1 и 2 оцениваются при помощи психологических тестов.

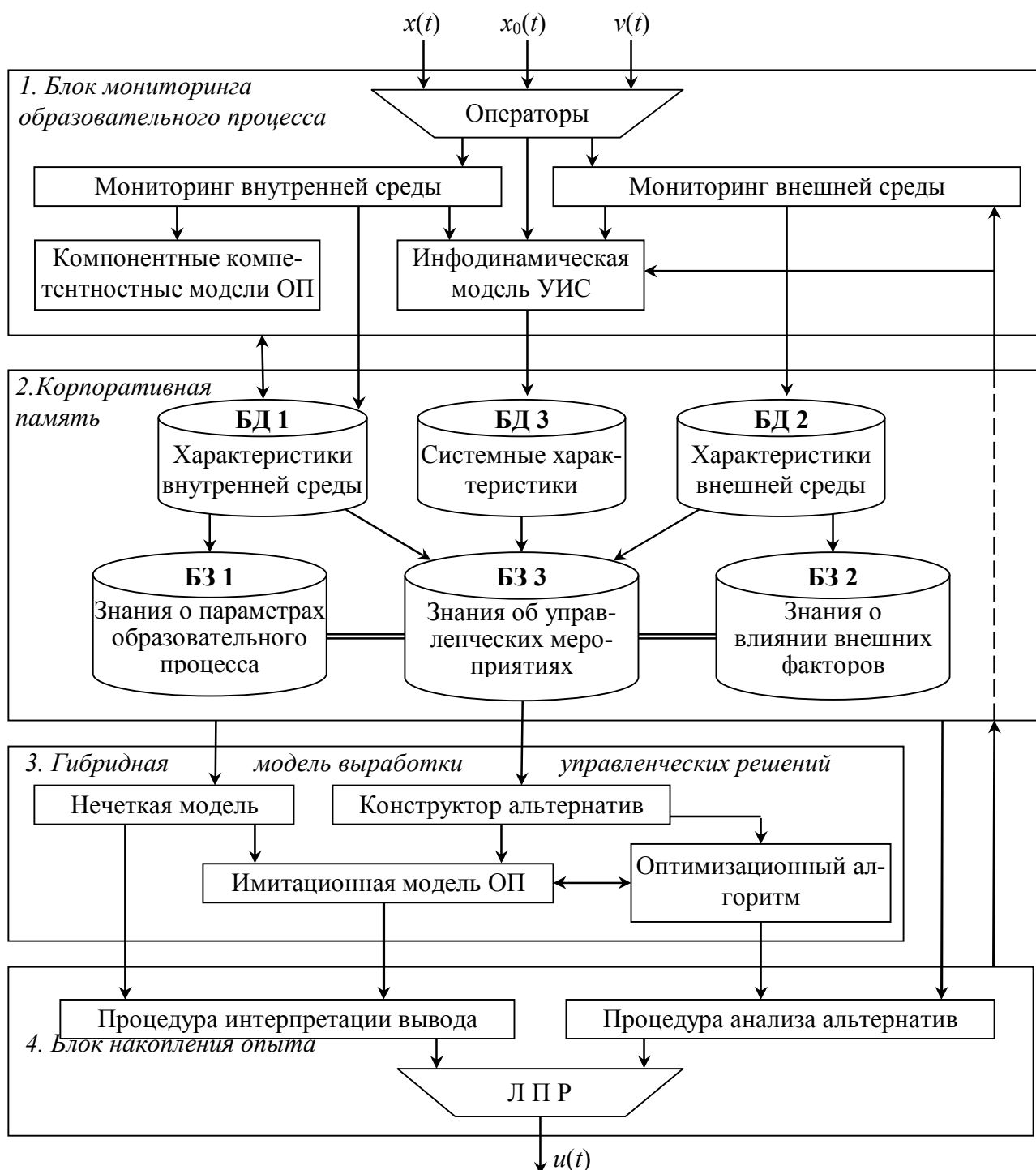


Рис. 3. Функционально-структурная схема СУ УИС

Остальные компоненты СУ УИС функционируют без участия человека. Основной ее компонент – оптимизационная модель выработки управленческих решений (блок 3) – является гибридной и включает имитационно-оптимизационную модель, которая предполагает применение интегрального критерия эффективности ОП по основным контрольным показателям и отражает интерактивное взаимодействие субъектов ОП с образовательной системой. Разнородные параметры этого взаимодействия моделируются посредством нечеткого логического вывода на основе знаний из корпоративной памяти. В процессе многопараметрической оптимизации вырабатываются управленческие решения, которые в блоке 4 подвергаются анализу, отбору и содержательной интерпретации для передачи управленческому персоналу образовательной организации.

6. Направления дальнейших исследований

Дальнейшие приоритетные исследования в этой области предполагается вести по следующим трем направлениям.

Первое и основное направление – разработка методик оценивания качества освоения студентами учебных дисциплин и формирования ПКМ компетенций, устанавливающих их соответствие с характеристиками ОП и поддерживающих решение задачи целевой и проблемной кластеризации компетенций для эффективного их оценивания. Интересными вопросами здесь являются процедура диагностирования и оценивания личностных характеристик субъектов деятельности обучения, а также целесообразность разработки компьютерного многоаспектного классификатора компетенций и их компонентов, использующего принципы фасетной классификации.

Второе направление актуально с точки зрения современных требований рынка труда к профессиональным качествам выпускников вузов [12], которые, в частности, определяют развитие аппарата тьюторства как ситуационной ориентировки обучающихся в выборе структуры обучения в вузе и маршрутизации ОП на максимально раскрытые жизненные возможности. Помимо решения кадровых вопросов, данное направление предполагает, во-первых, разработку профессионально-компетентностных моделей учебных дисциплин обучающихся и обучающихся, позволяющих обеспечить моделирование ОП, адекватное реальной профессиональной среде в современных российских реалиях. Во-вторых, необходимо построение компонентной компетентностной модели структурно-логической схемы целевой подготовки выпускников вуза, которая позволит создать для обучающегося индивидуальную воронку профессиональной подготовки, чтобы обеспечить максимизацию охвата его образовательных возможностей.

Наконец, третье направление предполагает разработку и экспериментальные исследования нечеткой модели параметризации 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 образовательных услуг, учитывающих интересы общества и рынка труда России.

Перспективность указанных разработок определяется ожидаемым эффектом от внедрения рассмотренных технологий в инфраструктуру вуза, который выражается в повышение качества и направленности профессиональной подготовки специалистов при сокращении временных и материальных затрат на организацию образовательного процесса. Данные улучшения в совокупности с общим повышением компетентности вуза обеспечат устойчивое функционирование и перманентное развитие образовательной системы вуза.

Литература

1. Шапран Ю. П., Шапран О. И. Образовательная среда вуза: типология, функции, структура [Текст] // Молодой ученый. М., 2015. № 7. С. 881–885.
2. Полетайкин А. Н. Эзотерическая концепция обучения в высшей школе // Роль фундаментальных знаний в формировании профессиональных компетенций: сб. лучш. докл. 56 (LVI) науч.-метод. конф. Новосибирск, 2015. С. 78–90.
3. Зайцева Л. В., Прокофьева Н. О. Модели и методы адаптивного контроля знаний // *Educational Technology & Society* 7(4). Riga: RTU, 2004. P. 265–277.
4. Полетайкин А. Н. Индивидуально-групповой подход к организации учебного процесса в вузе // материалы научно-методической конференции «Повышение творческой активности в университетском образовании». Донецк: ДонНТУ, 2009. С. 121–126.

5. Митина Л. М. Учитель как личность и профессионал (психологические проблемы). М., 1994. 215 с.
6. Митина Л. М. Личностное и профессиональное развитие человека в новых социально-экономических условиях // Вопросы психологии. 1997. № 4. С. 28–38.
7. Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №207 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика (уровень бакалавриата)».
8. Фенина Н. Г., Ильина Т. С. Творческое учебное взаимодействие участников учебного процесса как один из факторов, влияющих на развитие коммуникативной компетентности студентов // Международный сборник научных трудов «Педагогика и жизнь». Воронеж, 2008. Вып. 6. С. 277–285.
9. Рогов Е. И. Настольная книга практического психолога в образовании: уч. пособие. Москва: Владос, 1995. 529 с.
10. Лийв Э. Х. Инфодинамика. Обобщённая энтропия и негэнтропия. Таллинн, 1998. 200 с.
11. Штоер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, расчет, приложения / Р. Штоер. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.
12. Закат профессий. Интервью с экспертом в области системной инженерии Анатолием Левенчуком. / [электронный ресурс]. – URL: http://erazvitie.org/article/zakat_professij (дата обращения: 17.12.2015)

*Статья поступила в редакцию 27.11.2015;
переработанный вариант – 11.01.2016.*

Полетайкин Алексей Николаевич

к.т.н., доцент кафедры математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ (630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86), тел. (383) 269-83-91, e-mail: polietaikin@sibsutis.ru.

Ильина Татьяна Сергеевна

заведующая кафедрой иностранных и русского языков СибГУТИ (630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86), тел. (383) 269-39-18, e-mail: tosibguti@mail.ru.

Information system of educational process management for higher educational institution

A.N. Poletaykin, T.S. Ilina

The paper focuses on the task of developing the information system of educational process management for higher educational institution. Educational system analysis as an object of control has been fulfilled; its concept-based structure has been developed, control and regulated parameters of the educational system have been defined and structured considering the influence of external factors. Functional structured model of management system and generalized algorithm of management decisions to bring the object into the given (ideal) state has been proposed. The efficiency of management decisions assessment on the basis of component competency model taking into account personal characteristics of the subject of the educational process has been considered.

Keywords: educational process, management information system, information dynamics, management decisions, optimum management.