# Создание информационной системы контроля качества образовательного процесса в вузе[1]

*О. Н. Граничин,* д. ф.-м. н., *О. А. Граничина,* к. ф.-м. н.
*Санкт-Петербургский государственный университет*
*Российский гос. педагогический университет им. А. И. Герцена*
(Oleg_granichin, Olga_granichina)@mail.ru

В работе описывается оригинальный подход к созданию новой информационной системы контроля качества образовательного процесса в вузе. При свертке разноплановых показателей используется метод рандомизированных сводных показателей.

*Ключевые слова*: контроль качества, образовательный процесс, информационная система, метод рандомизированных сводных показателей.

## 1. Введение

Качество профессиональной подготовки выпускников вузов по данным многочисленных исследований мнений работодателей не удовлетворяет общественным требованиям. Это обстоятельство заставляет исследователей проблем качества образования пересматривать требования, предъявляемые к качеству образовательного процесса (ОП) и, как следствие, меняет содержание контрольно-оценочных процедур. Решение теоретических и прикладных проблем оценки качества образования требует интеграции научного знания, объединения усилий представителей различных научных направлений. Сложность и непредсказуемость процессов преобразований, повышение рисков принятия ошибочных решений, возрастание ответственности за социально-экономические последствия реализуемых в сфере образования инициатив заставляют все чаще обращаться к методам математического моделирования. При эволюционных преобразованиях применение математических моделей

[1]©О. Н. Граничин, О. А. Граничина, 2008

позволяет оперативно и адекватно реагировать на них, корректируя обоснованно выбранные параметры моделей, давая возможность своевременно и качественно управлять изменениями. При контроле качества образовательного процесса целесообразно применять современные математические методы, описывающие сложные процессы, определяемые поведением групп людей, поскольку классические методы статистического моделирования не дают хороших результатов в условиях возмущающих воздействий почти произвольного типа, характерных для социальных явлений и процессов. В предлагаемой статье будут обозначены концептуальные основы контроля качества образовательного процесса в вузе, разработанные одним из авторов на основе системного, процессного и квалиметрического подходов с использованием современных математических алгоритмов.

## 2. Модель контроля качества ОП в вузе

Формальная модель образовательного процесса как динамической системы описана в [1]. Поиск механизмов эффективного управления качеством ОП в вузе, одной из функций которого является контроль, неизбежно приводит к осознанию необходимости использования того или иного математического аппарата для обеспечения обоснованности и предсказуемости принимаемых решений. Руководители образовательных учреждений нуждаются в объективной информации, которая может быть получена на основе использования методов формализации качественной информации о состоянии и развитии вуза. Поэтому разработка концепции контроля качества ОП подразумевает создание на определенном этапе математической модели, учитывающей структуру, содержание, формы и методы образовательной деятельности.

В процессе построения математической модели (здесь и далее идет речь об контроле и последующем управлении качеством ОП вуза) изначально рассматривается задача формализации критериев качества при проведении квалиметрических процедур, которую в полном объеме решить вряд ли возможно, так как в оценке интеллектуальной деятельности существуют неподдающиеся формализации аспекты. Однако построение математических моделей может в значительной степени позволить глубже понять и оценить каче-

ство деятельности вуза, выявить имеющиеся проблемы, нащупать связи между возможными значениями рассматриваемых критериев качества и управляющими воздействиями на систему обеспечения качества.

В математической модели обычно фигурируют две группы параметров. Первая представляет собой те, изменение которых находится во власти органа управления. Изменение значений каждого из этих параметров влечет за собой изменение достигнутого значения избранного показателя эффективности. Но на ожидаемый результат оказывают влияние не только те факторы, изменение которых находится во власти органа управления, но и такие факторы, изменить которые он не может (например, состояние развития общества и другие объективные факторы). Эту вторую группу факторов или параметров обычно называют параметрами среды.

На следующем этапе после построения модели, описывающей текущую ситуацию, желательно найти такое сочетание параметров первой группы, которое приводило бы к экстремальному значению показателя эффективности. Поскольку экстремальное значение показателя эффективности связано не только со значениями параметров первой группы, но и со значениями параметров среды, задача построения эффективного управления осложняется необходимостью учета факторов, не зависящих от органа управления и часто даже ему неизвестных или известных не полностью. Формальная оптимизация заканчивается выработкой количественных оснований для принятия решений по результатам анализа конкретной математической модели.

На последнем этапе – этапе формирования управленческого решения – производится сопоставление значения эффективности оптимальной стратегии с требующимся уровнем эффективности.

Если результаты сопоставления окажутся неудовлетворительными, то производится так называемая внутренняя корректировка решения, т. е. возвращение к одному из описанных выше этапов с целью выявления возможностей определения нового решения.

Если же результаты сопоставления окажутся удовлетворительными, то тогда эта стратегия подвергается окончательным модификациям с целью учета неподдающихся формализации факторов (психологических, моральных, экономических и т. п.) и допу-

щенных при формализации ограничений. Такая модифицированная формализованная стратегия и будет решением. Поскольку любая формальная модель не учитывает всех факторов в силу абстракций и допущений, а также и вследствие неумения (а иногда и отсутствия целесообразности) формализовать ряд вопросов, связанных с психологическими, правовыми и другими моментами, окончательное решение производит человек, который, учитывая результат формальной оптимизации, стремится учесть и влияние этих других факторов. При этом объектом управления является коллектив людей, деятельность которых совершается в сильной степени по законам психологии. Целевая функция социально-психологических методов состоит в том, чтобы, воздействуя определенным образом на работника, создать ситуацию, ориентирующую его на максимальную реализацию своих потенциальных способностей при выполнении поставленных задач. Из-за субъективности акта принятия решения невозможно установить какие-нибудь строгие единые правила, и в этой ситуации основную роль играет практический опыт, способность к предвидению развития хода событий.

Процесс принятия решения завершается реализацией решения, анализом полученных результатов и корректировкой решения.

### 2.1. Особенности контроля качества ОП

Математические модели контроля качества ОП в вузе должны реализовывать принципы системного подхода, но при этом учитывать также следующие *специфические особенности контроля качества ОП* [2].

1. ОП является “активной” системой [3]. Учет активности элементов системы, во-первых, вносит факт неопределенности в процесс ее функционирования (внешнее неконтролируемое воздействие), во-вторых, требует изучения (моделирования) не только системы в целом, но и отдельных ее подсистем. Кроме того, активность элементов системы приводит, в свою очередь, к свойству адаптивности системы, т. е. приспосабливаемости к изменяющимся внешним или внутренним условиям.

2. Система является динамичной, и ее состояние определяется достаточно большим множеством количественных показателей.

3. Наличие факторов неконтролируемого внешнего воздействия означает необходимость использования стохастических моделей.

Процесс оценки и контроля качества ОП и дальнейшее принятие решения о корректировке управляющего воздействия целесообразно основывать на результатах применения математического моделирования и методов оптимизации. В свою очередь, эти результаты должны выражаться в виде каких-либо количественных показателей. Эти показатели обычно называют критериальными или показателями эффективности. В литературе эти понятия часто отождествляются, однако более корректен другой подход: показатель эффективности – это некоторое число, на основе которого можно судить о какой-либо стороне эффективности контроля, а критерий – это способ или правило построения такого суждения.

Применение того или иного критерия позволяет синтезировать систему

- удовлетворяющую предъявленным требованиям (*критерий пригодности*);
- превосходящую ряд реально существующих систем по заданной совокупности показателей эффективности (*критерий сравнения*);
- оптимальную (*критерий оптимальности*);
- позволяющую оперативно реагировать (улучшая характеристики) на поступающую текущую информацию (*критерий адаптации*).

Показатели, обеспечивающие контроль качества ОП, носят либо абсолютный, либо относительный характер. Однако и в том, и в другом случаях являются наборами значений, отражающими многообразные стороны структурных составляющих качества ОП.

Многомерный характер показателя эффективности вносит значительные трудности в принятие последующего управляющего решения. Эти трудности носят принципиальный характер, и для их преодоления разработан ряд методов, помогающих принять обоснованные решения.

При комплексной оценке качества той или иной структурной единицы ОП прибегают к агрегированию показателей и их групп с целью повышения достоверности информации, предоставляемой отдельными показателями, а также для получения источника дополнительной информации из ограниченного множества показателей. Наиболее "технологично", т. е. просто и эффективно, агрегирование нескольких показателей происходит в том случае, если все они представлены в одинаковом виде. Однако выполнение этого условия часто затруднительно даже для однородных (например, количественных) показателей.

### 2.2. Методы свертки частных показателей

Необходимость агрегирования частных показателей возникает довольно часто. В частности, в тех случаях, когда измеряемые показатели носят оценочный характер, т. е. являются критериями, а совокупность качественных характеристик – это множество альтернатив, из которого необходимо осуществить выбор наилучших. Сложность такого выбора связана с наличием противоречивых оценок качества деятельности вуза. В таких ситуациях обычно привлекается дополнительная информация о критериях оценки качества отдельных процессов деятельности вуза. Решение такой задачи значительно облегчается в условиях небольшого числа описывающих показателей. Поэтому задача редукции многокритериальной задачи является достаточно актуальной.

Для получения обобщенной оценки качества ОП в вузе необходимо сформировать критериальную функцию качественного типа. В различных источниках предлагаются разнообразные подходы к свертыванию частных показателей в обобщенные. Среди них: аддитивный способ, мультипликативный способ, логическое свертывание и др. [4].

Для построения обобщенной оценки качества ОП в вузе следует предпринять ряд мер.

1. Позаботиться о том, чтобы баллы, которые выставляют эксперты при оценке качественных показателей, были распределены равномерно в рамках диапазона возможных значений исследуемых показателей. Для этого целесообразно прописать уровни качества, которые позволят экспертам достаточно точно выставлять баллы из всего диапазона возможных значений.

2. Имеющиеся качественные и количественные показатели следует нормировать. В этом случае количественные аналоги качественных показателей и значения количественных показателей будут лежать в диапазоне от 0 до 1.

3. Далее можно применять к полученным показателям методы последовательной свертки с целью получения обобщенных показателей.

Для построения свертки частных показателей часто используется *аддитивная* свертка. В контексте предлагаемой в [4] концепции для трех групп параметров $X_1, X_2, X_3$ *(m=3)* или для выделенных подпроцессов ОП $X_1, X_2, ..., X_m$ ($m$ – количество подпроцессов) вводят комплексные набор $I(X_i)$ обобщенных (интегральных) показателей качества функционирования, основанные на *объективной* значимости каждого из факторов, оценивающих тот или иной процесс:

$$I(X_i) = \sum_{k=1}^{n_i} x_{ik}\mu_{ik}, \quad i = 1, ..., m, \tag{1}$$

$n_i$ – количество признаков у группы (подпроцесса) с номером $i$; $\mu_{ik}$ – значимость $k$-го признака (весовой коэффициент) для $i$-й группы (подпроцесса); $x_{ik}$– качественная оценка $k$-го признака для $i$-й группы (подпроцесса).

Совокупность взаимосвязанных требований к отдельным компонентам ОП отображается в модели качества ОП системой весовых коэффициентов, используемых при построении свертки. Весовые коэффициенты — это математический аналог важности этих компонентов. При их помощи модель подстраивается под цели вуза, а вуз, в свою очередь, может с их помощью формировать свою управляющую концепцию.

В качестве меры значимости фактора можно, например, использовать значение энтропии признака (по К. Шеннону [5]) как объективную меру неопределенности значений признака. Тогда весовой коэффициент фактора с номером $k$ можно вычислить:

$$\mu_k = -\sum_{t=1}^{K_k} p_{kt} \ln p_{kt}, \quad k = 1, ..., n,$$

где $K_k$ – число качественных уровней $k$-го признака (системное основание качества); $p_{kt}$ – вероятность (частота) встречаемости качественной оценки $x_k = t$ в распределении $k$-го признака. В этом случае большую значимость будут иметь признаки с большей степенью "разброса" значений в анализируемой выборке.

Широко распространен также *мультипликативный подход* к свертке частных показателей [4]

$$I(X_i) = \prod_{k=1}^{n} x_{ik}^{\mu_{ik}}, \tag{2}$$

который позволяет избежать ряда проблем, которые возникают при аддитивной свертке. Например, в случае, когда "западает" один из важных для оценки показателей, при аддитивной свертке он может быть компенсирован другим показателем, значение которого оказывается существенно выше критериального. Но это принципиально неверно, если речь идет о системе значимых показателей. В мультипликативной свертке такая ситуация невозможна, т. к. на значение интегрального показателя качества влияют значения всех показателей, из которых он агрегируется. Некоторые исследователи считают, что мультипликативный подход при конструировании свертки сводится к аддитивному путем логарифмирования. Однако следует заметить, что в тех принципиальных случаях, когда один из показателей равен нулю, логарифмирование невозможно, а если значение показателя стремится к нулю, то логарифм от него стремится к минус бесконечности и "компенсация" такого показателя за счет какого-либо другого становится практически невозможной.

Решение проблемы выбора весовых коэффициентов с помощью вычисления энтропии – это не единственный способ. Часто используют эмпирический подход к определению численных значений ве-

совых коэффициентов. В общем случае выбор вектора весовых коэффициентов представляет собой отдельную значительную проблему, связанную с неопределенностью этого процесса.

Обычно для исследователя затруднительно указать точные числовые значения вектора весовых коэффициентов, но несмотря на это все же имеется некоторая информация о значимости отдельных показателей, для сбора которой целесообразно прибегнуть к помощи экспертов. Теоретические аргументы и опыт практической работы показывают, что наиболее устойчивой и простой для восприятия является нечисловая ординальная (порядковая) информация, формализуемая при помощи системы равенств и неравенств вида $\mu_k = \mu_s$, $\mu_t > \mu_q$ для весовых коэффициентов. Другим видом информации, предварительно доступной исследователю, может быть нечеткая (интервальная) информация, формализуемая при помощи неравенств вида $a_k \leq \mu_k \leq b_k$, где $0 \leq a_k \leq b_k \leq 1$, указывающая диапазоны для допустимых значений весовых коэффициентов.

Следует отметить, что нечисловая (порядковая) и нечеткая (интервальная) информация о весовых коэффициентах может быть, к тому же, и неполной в том смысле, что не все весовые коэффициенты входят в нетривиальные равенства и неравенства, составляющие системы, отображающие предварительную информацию, имеющуюся у исследователя. Учет описанной нечисловой (порядковой), нечеткой (интервальной) и неполной информации о весовых коэффициентах $\mu_k$ обычно позволяет существенно сократить множество всех возможных наборов весовых коэффициентов $M$ до некоторого непустого множества допустимых (с точки зрения предварительной информации). В такой ситуации в [4, 6] предложено использовать метод МРСП (рандомизированных сводных показателей), в котором неопределенность выбора набора весовых коэффициентов $\mu_k, k = 1, ..., n$ моделируется рандомизацией этого выбора на множестве $M$ допустимых весовых коэффициентов при ограничениях:

$$\mu_k \geq 0, \sum_{k=1}^{n} \mu_k = 1.$$

При необходимости сопоставления обобщенных оценок для различных вузов или подразделений одного вуза, достоверность (надежность) доминирования рандомизированного обобщенного пока-

зателя $I(S_i)$ $t$-го процесса над соответствующим рандомизированным обобщенным показателем $l$-го процесса можно измерить вероятностью $P(t,l)$ справедливости стохастического неравенства

$$\overline{I(S_i)_t} > \overline{I(S_i)_l},$$

где $\overline{I(S_i)_t}$ — оценка обобщенного показателя для $t$-го процесса, а $\overline{I(S_i)_l}$ — оценка обобщенного показателя для $l$-го процесса. В качестве числовых оценок значений обобщенных показателей потенциала и результативности деятельности высшего учебного заведения можно взять математическое ожидание $I(S_i) = E\overline{I(S_i)}$ соответствующего рандомизированного обобщенного показателя. Точность таких оценок естественно определяется при помощи стандартного отклонения

$$\sigma = \sqrt{DI(S_i)}$$

рандомизированного обобщенного показателя.

Приведенные рассуждения обосновывают адекватность следующего простого алгоритма приближенного выбора весовых коэффициентов. Провести серию моделирований методом Монте-Карло весовых коэффициентов из множества допустимых значений $M$, а потом взять средние значения реализаций соответствующих случайных величин $\mu_k$. При этом в случае аддитивной свертки получающееся значение обобщенного показателя при достаточно общих условиях совпадает со средним значением возможных обобщенных показателей, рассматриваемых как функция наборов $\mu_k$, $k = 1, ..., n$, а точность определяется при помощи стандартного отклонения $\sigma = \sqrt{DI(S_i)}$ рандомизированного обобщенного показателя [6].

В случае мультипликативной свертки это не совсем так, но необходимая степень ранжирования сохраняется. Оценки $E\overline{I(S_i)}$ вычислять достаточно сложно. Существенно проще вычислять $E \ln \overline{I(S_i)}$. Если при этом в качестве числовых оценок значений обобщенных показателей потенциала, процессов и результативности деятельности вуза брать

$$I(S_i) = \exp(E \ln \overline{I(S_i)}) = \prod_{k=1}^{n} r_{ik}^{E\overline{\mu_k}},$$

то такие обобщенные показатели будут сохранять ранжирование вузов. В дальнейшем мы будем пользоваться этими упрощенными оценками.

Определив способ задания значений весовых коэффициентов, опишем обобщенный алгоритм построения свертки показателей.

*Шаг 1.* Выбор системного основания качества $K_1, K_2, ..., K_n$.

*Шаг 2.* Выбор параметров преобразования исходных величин и интенсивностей к качественным аналогам – максимального и минимального значения каждого признака. Это могут быть абсолютные значения (устанавливаются нормативно либо из теоретических предпосылок) или локальные (максимальное и минимальное значения в анализируемой выборке). Применение локальных (частных) минимумов/максимумов не рекомендуется в условиях малого объема исходных данных.

*Шаг 3.* Перевод исходных данных в качественные аналоги по формуле

$$x_k := round\frac{(x_k - x_{k\,\min})(K_k - 1)}{x_{k\,\max} - x_{k\,\min}},$$

где $x_k$ – исходная количественная величина или качественное значение $k$-го фактора; $x_{k\,\max}, x_{k\,\min}$– максимальное и минимальное значения $j$-го признака; *round( )* – операция арифметического округления.

*Шаг 4.* Нахождение весового коэффициента $\mu_k$ каждого признака.

*Шаг 5.* Вычисление обобщенных показателей качества процессов посредством свертки.

Адекватно выбранный обобщенный показатель качества позволяет делать обоснованные выводы об эффективности функционирования и развития ОП в целом.

В предыдущих работах одного из авторов выделены и раскласcифицированы в соответствии с процессной моделью деятельности вуза следующие объекты контроля [4] (к объектам контроля относятся процессы и явления, на познание и преобразование которых он направлен).

1. Контроль качества *условий* осуществления функционирования вуза сводится к оценке следующих объектов:

   1.1. потенциал абитуриентов вуза;

   1.2. кадровый потенциал;

1.3. учебно-методическое и дидактическое обеспечение образовательных программ (основной и дополнительных);

1.4. информационный и библиотечный ресурсы;

1.5. социальные условия для студентов и сотрудников;

1.6. материально-техническое обеспечение;

1.7. научный и инновационный потенциал.

2. Контроль качества *реализации процессов* деятельности вуза сводится к оценке следующих объектов:

   2.1. обеспечение лидирующей роли руководства вуза в вопросах качества и постоянного улучшения всех аспектов деятельности вуза;

   2.2. обеспечение соответствия миссии, видения, основных ценностей политики и стратегии вуза поставленным целям;

   2.3. реализация образовательных программ (основной и дополнительной);

   2.4. реализация академической мобильности;

   2.5. осуществление воспитательной работы;

   2.6. осуществление связей ОП-Научно-инновационная деятельность субъектов ОП-Производство;

   2.7. осуществление общего менеджмента в вузе, включая управление персоналом, инфраструктурой, материальными и информационными ресурсами, технологиями и т. п.;

   2.8. реализация внутренней гарантии качества.

3. Контроль качества *результатов* деятельности вуза сводится к оценке следующих объектов:

   3.1. результативность набора студентов;

   3.2. результативность научных и инновационных исследований;

   3.3. эффективность учебно-методической деятельности;

   3.4. международное признание вуза в образовательной деятельности;

   3.5. качество подготовки студентов вуза (промежуточные результаты);

3.6. качество подготовки выпускников (итоговые результаты);

3.7. эффективность подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук);

3.8. эффективность финансово-экономической деятельности вуза;

3.9. удовлетворенность внешних потребителей;

3.10. удовлетворенность внутренних потребителей;

3.11. влияние вуза на общество;

3.12. результаты, которых добился вуз в отношении запланированных целей повышения качества подготовки кадров.

Исследователи проблем управления качеством образования отмечают слабую разработанность общей методологии количественного измерения (оценивания) качества в педагогических исследованиях (педагогической квалиметрии). Поэтому отдельной задачей исследования было построение системы показателей качества оцениваемых педагогических объектов или явлений, соответствующей каждому объекту контроля из выделенных выше трех групп. Методика технологии реализации контроля этих показателей детально описана в [4].

Обозначим приведенные (к интервалу [0; 1]) значения обобщенных показателей контроля каждого из перечисленных выше объектов контроля $x_{1,1}, x_{1,2}, ..., x_{1,7}$, $x_{2,1}, x_{2,2}, ..., x_{2,8}$ и $x_{3,1}, x_{3,2}, ..., x_{3,12}$, сгруппировав их в три набора, соответствующие показателям качества условий (потенциала) осуществления ОП, качества процессов и качества результатов ОП.

Программа расчета обобщенных показателей качества ОП по выделенным трем группам следующая.

На основании результатов изучения значимости показателей получают их рейтинг, что позволяет упорядочить их по важности внутри группы.

Далее для каждой из групп показателей формируются три группы весовых коэффициентов по 7, 8 и 12 чисел соответственно, в каждой из которых сумма равна 1, и их приписывают в качестве коэффициентов значимости соответствующим показателям.

При введенных обозначениях следующими обобщенными показателями характеризуется:

- качество *потенциала* вуза $I_1 = \prod_{\mathrm{k}=1}^{7} x_k^{\mu_k}$,
- качество *процессов* вуза $I_2 = \prod_{\mathrm{k}=1}^{8} x_{2k}^{\mu_{2k}}$,
- качество *результатов деятельности* вуза $I_3 = \prod_{\mathrm{k}=1}^{12} x_{3k}^{\mu_{3k}}$,
- общая оценка качества состояния и функционирования вуза

$$I = I_1^{\omega_1} I_2^{\omega_2} I_3^{\omega_3}.$$

В этих формулах $\omega_1$, $\omega_2$ и $\omega_3$ — весовые коэффициенты, которые могут быть определены экспертным путем с учетом нормировки и результатов количественных расчетов на ЭВМ. Формирование весовых коэффициентов $\mu_{ik}$ проводится в соответствии с идеей рандомизации метода МРСП один раз. Для их расчета возможно применение одного из двух подходов, описанных в [7].

Приведем алгоритмы расчета для первой группы, для второй и третьей они аналогичные.

1. Случайно выбирается некоторое число, принадлежащее интервалу (0; 1). Назовем его $\mu_{1,1}^1$. Затем выбираем случайно $\mu_{1,2}^1$ из интервала $(0; 1 - \mu_{1,1}^1)$ и так далее вплоть до имитационного определения $\mu_{1,6}^1$, а значение $\mu_{1,7}^1$ определяется однозначно из условия равенства *1* суммы всего набора. Этот набор упорядочиваем по убыванию, переобозначая индексы соответственно. Моделирование первого варианта наборов коэффициентов на этом заканчивается. Повторяем указанную процедуру 1000 раз и получаем набор $\mu_{1,1}^{1000}, ..., \mu_{1,7}^{1000}$. В силу принципов имитационного моделирования Монте-Карло средние значения коэффициентов, стоящих в полученных наборах на 1-м, 2-м, . . . , 7-м местах, приблизительно равны $\mu_{1,1}^j, ..., E\mu_{1,7}^j$. Это и есть эвристические значения соответствующих весовых коэффициентов для первой группы показателей, упорядоченных на основе рейтинга.

Имитационное моделирование весовых коэффициентов $\mu_{i,j}$ на основе метода Монте-Карло дало следующие приближения для весовых коэффициентов показателей

1. качества потенциала вуза: (0,6137; 0,2155; 0,0912; 0,0430; 0,0213; 0,0107; 0,0047),
2. качества процессов вуза: (0,6274; 0,2090; 0,0863; 0,0401; 0,0195; 0,0102; 0,0051; 0,0023),
3. качества результативности: (0,6349; 0,2056; 0,0844; 0,0390; 0,0185; 0,0089; 0,0044; 0,0022; 0,0011; 0,0006; 0,0003; 0,0001).

Результаты проведенного имитационного моделирования наглядно показывают одну существенную особенность такого упрощенного подхода. По сути, только несколько первых показателей оказывают реальное влияние на итоговое значение интегрального показателя, а значимость остальных показателей, таким образом, нивелируется. Поэтому, при необходимости учета в итоговых интегральных показателях всех частных показателей далее первый подход к формированию весовых коэффициентов модернизирован во второй.

Вместе с тем, в условиях дефицита времени и финансовых ресурсов проводят обычно мониторинг по некоторым показателям. Приведенные расчеты свидетельствуют о том, что мониторинг по трем первым по значимости показателям качества дает вполне адекватную оценку качества оцениваемого направления.

2. Принципиальное отличие от первого подхода заключается в том, что из всей группы показателей выбирается тот, который стоит в конце списка (самый незначимый по мнению выбранных экспертов, или в соответствии с управленческой стратегией). Для него экспертно назначается значение весового коэффициента (самое маленькое) $\mu_{i,n}$, где $i = 1$, $n = 7$ – количество показателей данной группы. Очевидно, что для величины $\mu_{i,n}$ должно выполняться неравенство $\mu_{i,n} < \frac{1}{n}$. А затем это значение приписывается всем остальным показателям. После этого оставшаяся невязка до единицы $1 - \mu_{i,n} \cdot n$ распределяется на все весовые коэффициенты в соответствии с первым подходом.

При отсутствии четкой дополнительной информации о рекомендуемом уровне $\mu_{i,n}$ достаточно оправданным является выбор в качестве самого маленького коэффициента $\mu_{i,n} = \frac{1}{2n}$. В этом случае в результате пересчета получаются такие приближения векторов весовых коэффициентов для показателей

1. качества потенциала вуза: (0,3783; 0,1792; 0,1170; 0,0929; 0,0821; 0,0768; 0,0738),
2. качества процессов вуза: (0,3762; 0,1670; 0,1057; 0,0826; 0,0723; 0,0676; 0,0651; 0,0636),
3. качества результативности: (0,3591; 0,1445; 0,0839; 0,0611; 0,0509; 0,0461; 0,0439; 0,0428; 0,0422; 0,0420; 0,0418; 0,0417).

Опишем общий критерий для оценки качества деятельности однопрофильных вузов по организации и реализации ОП.

Вся совокупность вузов разделяется на четыре класса. Для этого предварительно определяется $\overline{I}$ — среднее значение $I$ по всем однопрофильным вузам, $\Delta$ — среднее значение абсолютных величин отклонений $I$ от $\overline{I}$ по всем однопрофильным вузам. Назовем $\overline{I} - \Delta$ — нижней границей интервала стабильности качества, $\overline{I} + \Delta$ — верхней границей интервала стабильности качества. Тогда, если

- $I > \overline{I} + \Delta$, то вуз находится в поле роста качества,
- $\overline{I} \leq I \leq \overline{I} + \Delta$, то вуз находится в поле стабильности качества,
- $\overline{I} - \Delta \leq I < \overline{I}$, то вуз находится в поле критической стабильности качества,
- $0 \leq I < \overline{I} - \Delta$, то вуз находится в поле снижения качества.

Такой подход к оценке качества ОП в вузе несет в себе ряд позитивных моментов. Во-первых, он позволяет соотнести успехи, достигнутые данным учебным заведением с успехами аналогичных вузов, во-вторых, при условии отсутствия эталонов качества структурных элементов ОП, тем не менее описать процедуру измерения их.

Единовременность обследования и одновременность расчета показателей по всей группе однопрофильных вузов обеспечивает возможность анализа состояния и динамики развития учебных заведений в равных социально-экономических, демографических и правовых условиях, а также правомерность сравнения полученных результатов.

Приоритет интегрированных методов оценки обеспечивает достаточную объективность процедуры и сводит субъективизм к минимуму.

Указанный подход позволяет сравнивать вузы не только по обобщенному показателю, но и его составляющим, а также статическим и динамическим характеристикам в рамках отдельных показателей. Сравнение можно вести как в нормативной шкале, так и относительно среднего уровня отдельного показателя по группе однопрофильных вузов. Для агрегирования информации и формирования интегральных показателей выбраны наиболее простые и очевидные методы. Для решения поставленной задачи могут быть использованы и другие, более сложные методы и процедуры свертывания информации.

Приведенная система показателей эффективности планирования и функционирования ОП и показателей результативности деятельности студентов, преподавателей и кафедр может являться квалиметрической основой системы управления качеством. Результаты ее мониторинговых исследований дают объективную и многогранную основу для оценки состояния учебного процесса и принятия эффективных оперативных и стратегических управленческих решений, позволяющих повысить эффективность системы управления качеством профессиональной подготовки выпускников.

## 3. Создание информационной системы контроля качества образования

Руководство вузов испытывает потребность в достоверной информации о различных аспектах деятельности учреждения и внешней среды для поддержки принятия управленческих решений. От ее наличия (доступности) зависит качество управления вузом, возможность эффективного планирования его деятельности и даже выживание в условиях конкурентной борьбы между вузами. При этом критически важными являются наглядность форм представления информации, быстрота получения новых видов знания, возможность анализа текущих и исторических данных. В отечественной практике проблеме информационного обеспечения руководителей образования до последнего времени не уделялось должного внимания. В значительной степени это объясняется большой сложностью формализации процедур принятия управленческих решений в этой сфере и их информационного обеспечения.

Существуют два канала информационного обеспечения руководителей:

• *формализованный* (по нему циркулирует регламентированная по форме, содержанию и времени представления информация, обладающая достаточной степенью достоверности);

• *стихийный* (по нему к руководителям неуправляемо поступает огромное количество самых разнообразных сведений, далеко не всегда объективно отражающих действительное положение вещей: это звонки по телефону, устные обращения или ответы и др.).

В практике управления образованием, к сожалению, все еще превалирует второй канал. Вместе с тем важно, чтобы обеспечение руководителей в сфере образования объективной, достоверной, регламентированной по форме и времени информацией было максимально полным, а сведения, поступающие по второму каналу, лишь дополняли информацию формализованного канала.

Промежуточное положение в системе информационного обеспечения руководителей системы образования занимает целевая единовременная информация, подготавливаемая по их заданию специалистами по тому или иному вопросу в виде справок, аннотаций, целевых аналитических обзоров. При правильной организации информационного обеспечения их в значительной степени могут заменить выполняемые в автоматизированном режиме процедуры формирования специализированных отчетов.

Для объединения информационных ресурсов, формирования эффективного механизма и средств, обеспечивающих проведение контроля и оценки качества образования, обработку результатов, использование и распространение информации, рекомендуется создание в вузе Единой информационной системы мониторинга качества образования, основанной на современных подходах к образовательной статистике, показателях и критериях качества образования. Обычно доступ к данным и процедурам такой единой информационной системы организовывается через корпоративный информационный портал.

Такая информационная система является организующей структурой, позволяющей модернизировать систему информационного обеспечения управления качеством образования и поддерживать ее устойчивое развитие.

### 3.1. Формирование информационного пространства контроля качества образования в вузах

Область применения административных методов управления в сложных распределенных системах ограничена. В полной мере это относится к сфере образования и процессам контроля, использующим информационное управление. Контроль качества образования, представляя собой, в первую очередь, инструмент эффективного управления, предусматривает создание информационных потоков, которые облегчают решение управленческих задач. Для эффективного управления вузом требуется развитая информационная инфраструктура на основе новых информационных технологий [8].

В практике управления принято выделять **три основных уровня управления** (иерархии управленческой деятельности): стратегический, тактический, операционный. Каждый из уровней управления характеризуется собственным набором функций, уровнем компетентности и ответственности и нуждается в соответствующей информационной поддержке (рис. 1).

Рис. 1: Управленческая пирамида и информационные подсистемы управления.

При организации контроля качества образования в вузе необходимо создание информационных банков данных и знаний, включающих структурированную нормативную, справочную, фактографическую и другую информацию. Необходимы также эффективные средства анализа информации, касающейся деятельности вуза.

Решение этих задач достигается путем интеграции информационных технологий, особенно Интернет-технологий, позволяющих целенаправленно объединить существующие и разрабатываемые информационные проекты (технологии, системы, подсистемы, компоненты, ресурсы, потоки и т. д.) в целостную систему. Основой повышения эффективности контроля качества образования является внедрение новых информационных технологий и автоматизации обработки, хранения и распространения информации.

Информационная система контроля и оценки качества образования должна обеспечить оперативное представление и использование данных о различных направлениях деятельности вуза (включая учебную, научную, хозяйственную и др.), контроль, обмен оперативной информацией.

Одним из путей обеспечения информационных потребностей руководителей вуза и его структурных подразделений является создание и использование информационных фондов.

Включение информационных фондов в процесс контроля качества образования приводит к разработке эффективной технологии информационного обмена, на основе которого формируется единое информационное пространство.

Информационное пространство представляет собой среду циркулирования информационных потоков и физические средства ее функционирования, поддержки и развития.

Для формирования информационного пространства контроля качества образования используется совокупность методов обработки информации, преобразования состояния и свойств ее носителей в информационных процессах. Используемые при этом информационные технологии включают:

- иерархическую модель коммуникационных отношений;
- способы формирования информационных потоков и фондов;
- сеть маршрутов информационных потоков;
- каналы движения информации.

Особенностью информационного пространства является наличие многосторонних потоков информации, обеспечивающих как ее

потребление и накопление, так и расширенное воспроизводство. Единое информационное пространство помогает реализовывать цели и задачи, стоящие перед контролем.

Для структуризации информационного пространства разработан алгоритм [9], позволяющий осуществлять эффективное информационное обслуживание на основе системного подхода (рис. 2).

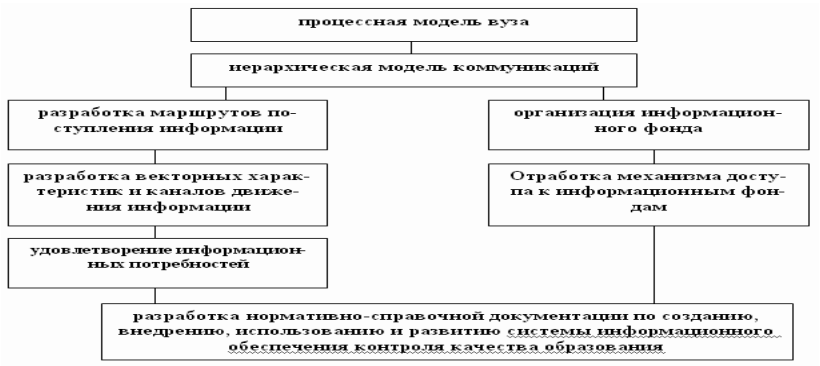



Рис. 2: Алгоритм структуризации информационного пространства.

Реализация системы контроля качества образования происходит через построение информационной модели, отображающей свойства системы и предсказывающей ее поведение в определенных условиях.

Управление в системе осуществляется в соответствии со следующими основными принципами:

- целенаправленность;
- наличие определенной схемы управления;
- наличие информации об объекте управления.

Информационные потоки организуются таким образом, чтобы не нарушалось тематическое единство представляемой информации, сохранялось функциональное назначение блока информации, содержание материалов соответствовало потребностям определенной категории пользователей информации, кроме того, каждый информационный поток должен отвечать определенным целям.

### 3.2. Макет информационной системы мониторинга качества образования

Стратегическому уровню управления необходима оперативная краткая и точная информация о результатах или ходе развития как образовательного учреждения, так и системы образования в целом. На текущий момент динамика развития образования достаточно высока, что заставляет быстро реагировать на изменения в окружающей среде. Для решения подобных задач применяются разнообразные технологии, прогнозные и математические модели. Ниже на основе разработанной в предыдущем разделе модели качества ОП в вузах, позволяющей в дальнейшем при изменении ситуации, оперативно изменять ее параметры и получать более адекватные изменениям результаты, описывается макет информационной системы мониторинга качества образования (см. рис. 3).

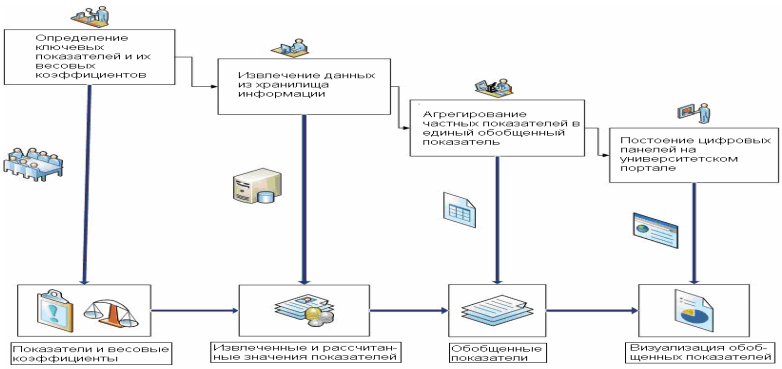



Рис. 3: Схема процесса работы макета.

В макете реализовано четыре похожих блока расчетов обобщенных показателей качества потенциала, процессов, результативности и генерального рейтинга. Каждый блок представляет собой набор взаимосвязанных листов в MS Excel.

Процесс работы с макетом состоит из нескольких этапов.

Первый этап заключался в выборе ключевых показателей качества ОП в вузе и определении их значимости.

Для тестирования работоспособности разработанного макета данные по ключевым показателям и их значимости были взяты из результатов исследования, проведенного в рамках инновационной программы РГПУ им. А. И. Герцена. Руководителям высшего звена 23 вузов было предложено оценить по семи-балльной шкале значимость показателей качества потенциала процессов, качества реализации процессов и качества результативности процессов деятельности вузов, на основе чего было проведено их ранжирование (в результате обработки собранных данных показатели были упорядочены по степени важности).

В подсистеме "Расчет обобщенных показателей потенциала вузов" соответствующие данные были внесены на листе "Показатели". Для этого оператор вводит в таблицу, находящуюся в левой половине экрана, приоритеты показателей (начиная с 1 – самый важный), задаваемые руководителями (ректорами вузов) или экспертами. В подсистемах "Расчет обобщенных показателей процессов вузов" и "Расчет обобщенных показателей результативности вузов" соответствующие данные вносятся также на листах "Показатели" этих подсистем (рис. 4).

В дополнительные таблицы автоматически однократно вносится информация о рассчитанных ранее весовых коэффициентах.

Таким образом, по окончании первого этапа в наличии имеются ключевые показатели качества ОП в вузе и их весовые коэффициенты, вычисленные на основе использования метода рандомизированных сводных показателей.

На втором этапе предполагается, что имеется возможность получения из хранилища данных информации по трем группам показателей: показатели качества потенциала вуза, показатели качества процессов вуза и показатели качества результатов деятельности вуза. В макете доступ к таким данным из хранилища заменен специальной процедурой заполнения соответствующих таблиц исходных данных на листах "Формирование приоритетов" первых трех подсистем макета информационной системы (см. рис. 5 для первой подсистемы).

На приведенных листах "Формирование приоритетов" реализован автоматизированный процесс расстановки приоритетов показателей, на основании которых рассчитываются обобщенные показа-

| | B | D |
|---|---|---|
| 2 | | |
| 3 | **Ключевые факторы качества условий** | **Рейтинг фактора** |
| 4 | Пот-л абитуриентов вуза | **5** |
| 5 | Кадровый пот-л | **1** |
| 6 | Подготовкф кадров высш. кв-ции | **6** |
| 7 | Инф. и библ. ресурсы | **3** |
| 8 | Соц. условия для ст-тов и сотр. | **7** |
| 9 | Мат.-техн. обеспечение | **4** |
| 10 | Научн.и инновац. пот-л | **2** |

Цифровая панель - Период | Формирование приоритетов

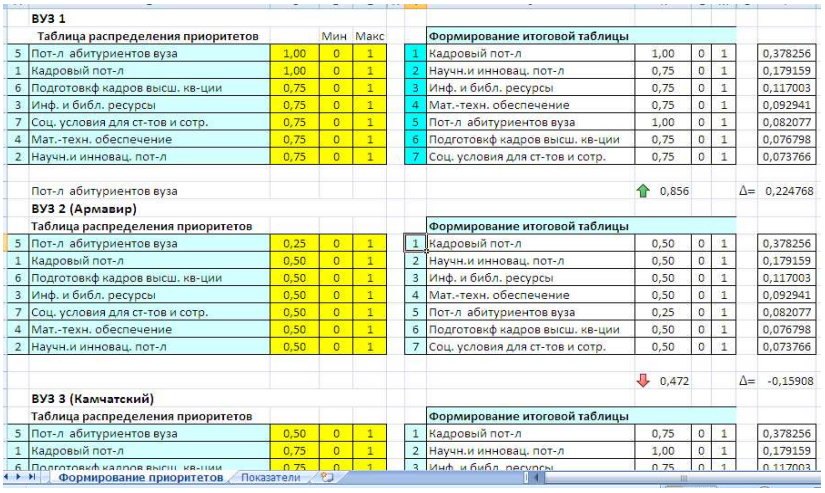
| | B | D |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | **Ключевые факторы качества процессов** | **Рейтинг фактора** |
| 4 | Лидир. роль рук-ва | **2** |
| 5 | Обеспечение миссии | **4** |
| 6 | Реализация образ. программ | **1** |
| 7 | Академ. мобильность | **8** |
| 8 | Воспитательная работа | **7** |
| 9 | Практики студентов | **6** |
| 10 | Качество общего менеджмента | **3** |
| 11 | Обеспечение гарантии качества | **5** |

Цифровая панель - Период | Формирование приоритетов | Пока

| | B | D |
|---|---|---|
| 2 | **Ключевые факторы качества результатов** | **Рейтинг фактора** |
| 3 | | |
| 4 | Рез-ть набора абитуриентов | **4** |
| 5 | Рез-ть научн. исследований | **7** |
| 6 | Эффективность у-м деят-ти | **9** |
| 7 | Междун. признание вуза | **12** |
| 8 | Качество подготовки студентов | **2** |
| 9 | Качество подготовки выпускников | **1** |
| 10 | Эфф-ть аспитантуры и докторантуры | **8** |
| 11 | Эфф-ть фин-эк деят-ти | **11** |
| 12 | Удовл-ть потребителей | **10** |
| 13 | Удовл-ть персонала и обуч-ся | **3** |
| 14 | Влияние вуза на общество | **5** |
| 15 | Рез-ты вуза по пов. качества | **6** |

Цифровая панель - Период | Формирование приоритетов | П

Рис. 4: Экраны ключевых показателей качества потенциала, процессов, результата и их значимости.



**ВУЗ 1**

| | Таблица распределения приоритетов | | Мин | Макс |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Пот-л абитуриентов вуза | 1,00 | 0 | 1 |
| 1 | Кадровый пот-л | 1,00 | 0 | 1 |
| 6 | Подготовкф кадров высш. кв-ции | 0,75 | 0 | 1 |
| 3 | Инф. и библ. ресурсы | 0,75 | 0 | 1 |
| 7 | Соц. условия для ст-тов и сотр. | 0,75 | 0 | 1 |
| 4 | Мат.-техн. обеспечение | 0,75 | 0 | 1 |
| 2 | Научн.и инновац. пот-л | 0,75 | 0 | 1 |

| | Формирование итоговой таблицы | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Кадровый пот-л | 1,00 | 0 | 1 | 0,378256 |
| 2 | Научн.и инновац. пот-л | 0,75 | 0 | 1 | 0,179159 |
| 3 | Инф. и библ. ресурсы | 0,75 | 0 | 1 | 0,117003 |
| 4 | Мат.-техн. обеспечение | 0,75 | 0 | 1 | 0,092941 |
| 5 | Пот-л абитуриентов вуза | 1,00 | 0 | 1 | 0,082077 |
| 6 | Подготовкф кадров высш. кв-ции | 0,75 | 0 | 1 | 0,076798 |
| 7 | Соц. условия для ст-тов и сотр. | 0,75 | 0 | 1 | 0,073766 |

Пот-л абитуриентов вуза 0,856 Δ= 0,224768

**ВУЗ 2 (Армавир)**

| | Таблица распределения приоритетов | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Пот-л абитуриентов вуза | 0,25 | 0 | 1 |
| 1 | Кадровый пот-л | 0,50 | 0 | 1 |
| 6 | Подготовкф кадров высш. кв-ции | 0,50 | 0 | 1 |
| 3 | Инф. и библ. ресурсы | 0,50 | 0 | 1 |
| 7 | Соц. условия для ст-тов и сотр. | 0,50 | 0 | 1 |
| 4 | Мат.-техн. обеспечение | 0,50 | 0 | 1 |
| 2 | Научн.и инновац. пот-л | 0,50 | 0 | 1 |

| | Формирование итоговой таблицы | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Кадровый пот-л | 0,50 | 0 | 1 | 0,378256 |
| 2 | Научн.и инновац. пот-л | 0,50 | 0 | 1 | 0,179159 |
| 3 | Инф. и библ. ресурсы | 0,50 | 0 | 1 | 0,117003 |
| 4 | Мат.-техн. обеспечение | 0,50 | 0 | 1 | 0,092941 |
| 5 | Пот-л абитуриентов вуза | 0,25 | 0 | 1 | 0,082077 |
| 6 | Подготовкф кадров высш. кв-ции | 0,50 | 0 | 1 | 0,076798 |
| 7 | Соц. условия для ст-тов и сотр. | 0,50 | 0 | 1 | 0,073766 |

0,472 Δ= -0,15908

**ВУЗ 3 (Камчатский)**

| | Таблица распределения приоритетов | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Пот-л абитуриентов вуза | 0,50 | 0 | 1 |
| 1 | Кадровый пот-л | 0,75 | 0 | 1 |
| 6 | Подготовкф кадров высш. кв-ции | 0,75 | 0 | 1 |

| | Формирование итоговой таблицы | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Кадровый пот-л | 0,75 | 0 | 1 | 0,378256 |
| 2 | Научн.и инновац. пот-л | 1,00 | 0 | 1 | 0,179159 |
| 3 | Инф. и библ. ресурсы | 0,75 | 0 | 1 | 0,117003 |

Формирование приоритетов | Показатели

Рис. 5: Экран автоматизации расстановки приоритетов показателей качества потенциала вузов.

тели. Автоматизация расстановки приоритетов заключается в том, что введенные на первом этапе приоритеты показателей выводятся для информации в крайнем левом, а в таблицах справа они автоматически расставляются в порядке, начиная с первого.

Справа в столбце указаны весовые коэффициенты, соответствующие показателям качества, введенные на первом этапе. Под столбцом “Формирование итоговой таблицы” выводятся рассчитываемые значения обобщенного показателя качества для соответствующего вуза, которое снабжено специальной меткой для визуализации итоговых данных. Поскольку все показатели нормированы (находятся в промежутке от 0 до 1), то очевидно, значение обобщенного показателя качества тоже находится в интервале от 0 до 1. Следуя описанной выше логике определения критериальных показателей, для оценки значений обобщенных показателей $I_1, I_2, I_3$ в разработанном макете используется следующее правило вынесения суждений.

Пусть $\overline{I}$ — среднее значение по всем однопрофильным вузам какого-то из обобщенных показателей $I$, $\Delta$ — среднее значение абсолютных величин отклонений $I$ от $\overline{I}$ по всем однопрофильным вузам (соответствующие значения выводятся в нижней части ли-

стов “Формирование приоритетов”). Тогда, если

• $I > \overline{I} + \Delta$, то вуз находится в поле роста качества (стрелка вверх);

• $\overline{I} \leq I \leq \overline{I} + \Delta$, то вуз находится в поле стабильности качества (стрелка вверх и вправо);

• $\overline{I} - \Delta \leq I \leq \overline{I}$, то вуз находится в поле критической стабильности качества (стрелка вниз и вправо);

• $0 \leq I < \overline{I} - \Delta$, то вуз находится в поле снижения качества (стрелка вниз).

Вычисленные в первых трех подсистемах значения соответствующих обобщенных показателей $I_1, I_2, I_3$ для первых семи вузов (по восьмому вузу данные о потенциале не вводились и показатель $I_1$ не рассчитывался) автоматически переносятся на лист “Формирование приоритетов” четвертой подсистемы “Расчет генерального рейтинга” (рис. 6).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **ВУЗ 6 (Тула)** | | | |
| 1 | ОП потенциала | 0,88 | | 0,333333 |
| 2 | ОП процессов | 0,75 | | 0,333333 |
| 3 | ОП результативности | 0,64 | | 0,333333 |
| | | | | |
| | | 0,751 | Δ= | 0,078287 |
| | **ВУЗ 7** | | | |
| 1 | ОП потенциала | 0,58 | | 0,333333 |
| 2 | ОП процессов | 0,84 | | 0,333333 |
| 3 | ОП результативности | 0,57 | | 0,333333 |
| | | | | |
| | | 0,652 | Δ= | -0,02018 |
| | | | | |
| | Среднее значение | 0,672516 | Δ= | 0,046134 |
| | I+Δ= | 0,71865 | | |
| | I-Δ= | 0,626382 | | |

Цифровая панель - Период | **Формирование приоритетов**

Рис. 6: Экран расчета генерального рейтинга вузов.

Информационная система допускает возможность изменения критериев в любой момент.

Для визуализации полученных данных в макете были использованы возможности MS Excel по построению страниц отчетности

и цифровых панелей с ключевыми индикаторами качества.

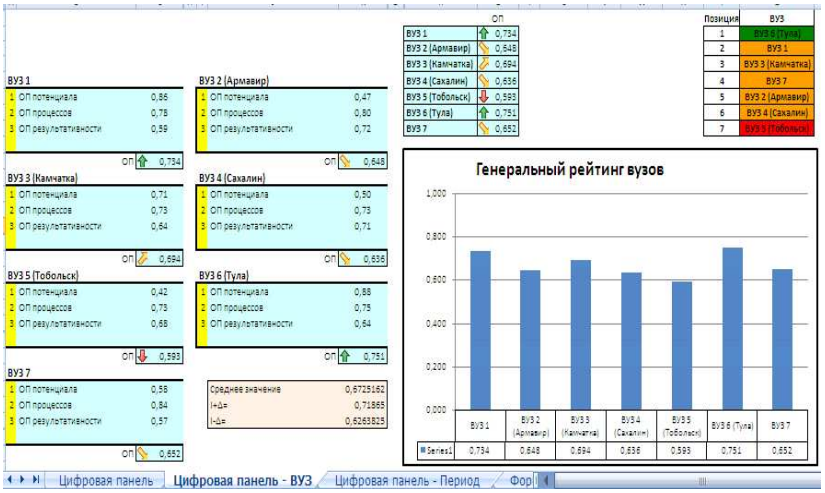



Рис. 7: Экран сопоставления вузов на основе генерального рейтинга.

На листах “Цифровая панель–ВУЗ” во всех четырех подсистемах отображается результативность вузов в виде обобщенных показателей, их состояние в виде значков и диаграммы, сопоставляющие вузы между собой. Данные извлекаются из сформированных ранее листов “Формирование приоритетов”. Представленный на рис. 7 лист MS Excel разделен на несколько областей. В левой части экрана отображаются результаты всех вузов в виде списка выбранных показателей с текущими значениями и рассчитанными обобщенными показателями. Правая часть листа разделена на три области: обобщенные показатели по всем вузам, “легкий” блок аналитики, распределение вузов по местам с указанием лучшего из них и аутсайдеров, а также диаграмма прямого сопоставления вузов по данному обобщенному показателю.

Похожая информация в более общем виде представлена на итоговых листах “Цифровая панель” MS Excel (рис. 8):

Помимо получения оценок обобщенных показателей на настоящий момент времени у потребителей мониторинговой информации может появиться желание ознакомиться с динамикой изменений

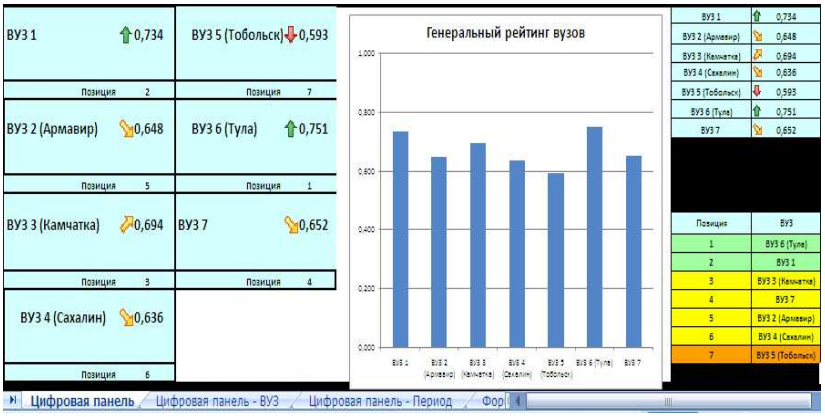



Рис. 8: Панель генерального рейтинга вузов.

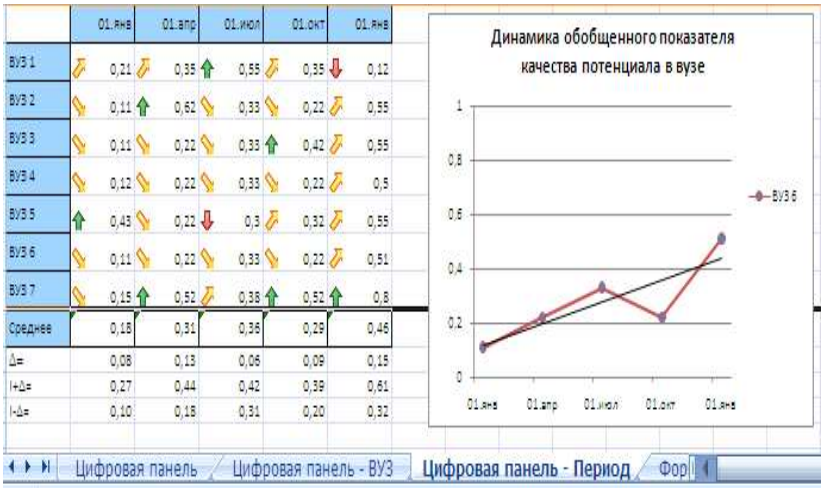



Рис. 9: Экран интегральных показателей качества потенциала по кварталам для обследуемых вузов.

значений обобщенных показателей во времени для каждого вуза. При условии сохранения значений показателей за прошлые периоды в разработанном макете есть возможность отслеживать тенденции развития как отдельных вузов, так и средних значений по

неделям, месяцам, кварталам и т. д. Эти информационные панели представлены на листах “Цифровая панель – Период” (рис. 9).

Построенная матрица (рис. 9) позволяет оценить изменение состояния качества для отдельно взятого вуза во времени, сопоставить значение интегрального показателя со средним значением по группе обследуемых вузов. Каждый показатель также снабжен меткой. Макет предоставляет возможность визуализации данных по каждому вузу и средних по всем вузам в виде линейного графика, который содержит также линию тренда, показывающую тенденцию развития вуза за период. Аналогичные панели имеются и в остальных трех подсистемах для обобщенных показателей качества процессов, качества результативности и генерального рейтинга вузов.

Разработанный макет представляет собой гибкую систему, легко адаптирующуюся к существенным изменениям окружающей вузы среды. Сразу после корректировки рейтингов показателей на листе “Показатели” все четыре подсистемы автоматически пересчитывают обобщенные показатели качества вузов и генеральный рейтинг.

## Список литературы


[1] *Граничина О. А.* Математические модели управления качеством образовательного процесса в вузе с активной оптимизацией // Стохастическая оптимизация в информатике. – СПб.: Изд-во СПбГУ. 2006. Вып. 2. С. 77-108.

[2] *Зайцева Л. В., Щербаков В. В.* Некоторые особенности деятельности образовательных учреждений // Инновационные методы и средства оценки качества образования. – М.: МГУП. 2006. С. 131-134.

[3] *Моисеев Н. Н.* Математические задачи системного анализа. – М.: Наука. 1981. 488 с.

[4] *Граничина О. А.* Математические модели контроля качества образовательного процесса в учреждениях высшего профессионального образования. – СПб.: Изд-во ВВМ. 2008.180 с.

[5] *Shannon C. E.* A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. 1948. Vol. 27. July-October. PP. 379–423, 623–656.

[6] *Васенев Ю. Б ., Михайлов М. В., Хованов Н. В.* Оценка деятельности субъектов учебного процесса // Материалы конференции КС и УМО вузов в области инновационных междисциплинарных образовательных программ 14-15 апреля 2005 г. Информационный бюллетень. – СПб. 2005. № 6. С. 42–51.

[7] *Граничина О. А.* Использование современных квалиметрических методов при оценке качества образования в вузе // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. Сер. Общественные и гуманитарные науки. – СПб. 2008. №11(75). С. 185-192.

[8] *Комаров С. Н., Терехов А. Н., Граничина О. А.* Интегрировано-распределенная автоматизированная информационная система для крупного научно-образовательного учреждения // Вестник СПбГУ. – СПб. 2008. Сер. 10. Вып. 1. С. 87–94.

[9] *Бордовский Г. А., Граничина О. А., Трапицын С. Ю.* Модели и методы внешнего и внутреннего оценивания качества образования в вузах. Научно-методические материалы “Междисциплинарные исследования и гуманитарные технологии”. – СПб: Изд-во ООО “Книжный дом”. 2008.

**ABSTRACTS**

*Stochastic Systems*

# Reachability and Attraction Domains for Linear Systems with Bounded Control: A Characterization via Invariant Ellipsoids[1]

*B. T. Polyak, P. S. Shcherbakov*
*Institute of Control Science, RAS, Moscow*
(boris,sherba)@ipu.ru

---

*Key words*: attraction domain, invariant ellipsoid, linear matrix inequalities, absolute stability.

This paper is aimed at efficiently characterizing reachability and attraction domains of linear systems specified in the state space description. We consider bounded controls in the form of the linear static state feedback and saturated control. A description of reachability and attraction domains for such systems is given in terms of invariant ellipsoids using the apparatus of linear matrix inequalities and semidefinite programming formulation. Design of saturated control is based on the ideas of the theory of absolute stability.

Bibliogr.: 17 refs.

[1]©B. T. Polyak, P. S. Shcherbakov, 2008