

Е. П. Моргунов, О. Н. Моргунова
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

ИНФОРМАЦИОННАЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В УНИВЕРСИТЕТЕ

В статье поднимается вопрос о важности применения информационных и интеллектуальных технологий при создании системы менеджмента качества в университете. Предлагаются некоторые конкретные решения ряда задач, возникающих в этой сфере.

Наверное, никто не станет отрицать, что высокое качество подготовки специалистов в университете невозможно обеспечить, используя некачественные составляющие процесса обучения: студентов, имеющих слабую школьную подготовку; устаревшее оборудование; несовременные технологии преподавания и т. д. Не менее очевидно, на наш взгляд, и то, что успешно управлять сложным процессом или объектом любой природы в современных условиях можно только на основе точной и своевременной информации. Но при современных объемах информации не обойтись без использования информационных технологий. Иначе просто невозможно обеспечить сбор, хранение, переработку информации об управляемом процессе или объекте и оперативное ее предоставление лицам, принимающим решения. Однако сами по себе сбор и хранение информации не могут являться целью применения информационных технологий. Владение информацией предоставляет возможность на ее основе принимать своевременные и более обоснованные управленческие решения. Таким образом, для эффективного функционирования системы управления качеством в университете необходимо иметь не только информационную поддержку, но и механизмы поддержки принятия решений. Об этой двуединой задаче и пойдет речь в настоящей статье.

Информационная поддержка системы управления качеством. Конечно, необходимость создания автоматизированной информационной системы (АИС) масштаба всего университета уже назрела. Подобные системы уже внедрены в ряде российских университетов (см., например, [5]). Вот лишь некоторые преимущества, которые такая система может дать университету.

1. Для руководства университета и факультетов это – оперативный доступ к агрегированной информации по различным аспектам функционирования университета и факультетов; сокращение времени, требуемого для получения различных отчетов (всевозможные отчеты действительно смогут стать *оперативными*); повышение оперативности и качества планирования учебной нагрузки преподавателей.

2. Для преподавателей это – возможность получения удобного доступа к расписанию занятий, к спискам студенческих групп; облегчение перехода к рейтинговой системе оценки знаний.

3. Для студентов это – получение текущей информации о своей успеваемости в режиме реального времени; доступ к учебным программам, планам и к расписанию занятий по сети Internet.

Очевидно, что создание столь масштабной системы невозможно в одночасье. Но, с другой стороны, ожидать ввода в эксплуатацию всей системы несколько лет тоже не самый лучший выход. Поэтому необходимо разработать стратегию поэтапного создания, назовем ее условно, АИС «Университет». Естественно, невозможно в небольшой статье представить все

положения такой стратегии, но хотелось бы высказать некоторые соображения. На наш взгляд, при формировании стратегии должны быть рассмотрены следующие важные вопросы:

1. *Купить готовую систему или разработать собственную?* Как правило, все готовые системы, построенные в частности, на платформе SAP R/3 фирмы SAP AG, очень дорогие. Кроме того, такие системы требуют приобретения не только собственно прикладных программ, но также и лицензионного системного программного обеспечения – операционных систем и систем управления базами данных. Однако достоинством «фирменных» разработок является «фирменная» же техническая поддержка и высокая надежность программных средств. При разработке подобных – глобальных – систем собственными силами может не хватить квалифицированных кадров. По нашему мнению, не стоит надеяться на то, что решающую роль в создании АИС «Университет» сыграют студенты, выполняя курсовые и дипломные работы. Участие в разработке такой системы – очень ответственная и долгосрочная миссия, а курсовой или даже дипломный проект – это относительно небольшая работа, как по объему, так и по времени, реально затрачиваемому талантливым студентом. Объем такой студенческой работы будет составлять лишь доли процента от объема всей разработки АИС «Университет». В результате значительная часть усилий ведущих разработчиков будет затрачиваться не на собственно разработку, а на координирование действий студентов. Поэтому следует рассчитывать не на количество, а на квалификацию и опыт разработчиков. Как говорится, не числом, а умением... Таким образом, разработка АИС «Университет» собственными силами также не может быть очень дешевой.

2. *Какие программные средства использовать?* В том случае, если будет принято решение о самостоятельной разработке АИС «Университет», этот вопрос окажется очень важным. Современные программные средства, предназначенные для разработки программ и защищенные авторскими правами, стоят весьма дорого. Однако существует альтернатива в виде так называемого программного обеспечения (ПО) с открытым исходным кодом (см., например, <http://www.gnu.org>). Примером такого программного обеспечения является операционная система Linux, которая теперь становится все более популярной. Лицензионное соглашение (а оно также существует) на использование ПО с открытым исходным кодом не подразумевает взимания платы за использования данного ПО. При этом ПО используется на совершенно законных основаниях, что немаловажно с юридической и этической точек зрения. Качество программного обеспечения с открытым исходным кодом зачастую ни в чем не уступает качеству программных продуктов, защищенных авторскими правами.

Второй частью поставленного вопроса является: какие конкретно виды программных средств использовать при создании корпоративной информационной системы. В данном случае в первую очередь речь идет о выборе операционной системы и системы управления базами данных. Существует большой выбор программных продуктов обеих категорий, в том числе и в группе ПО с открытым исходным кодом (Linux, FreeBSD, PostgreSQL, MySQL).

Интеллектуальная поддержка системы управления качеством. Одной из важнейших функций системы управления качеством, на наш взгляд, является проведение оценки текущего (или достигнутого) положения дел. Представляется целесообразным для реализации этой функции обратиться к уже известным методам принятия решений, хорошо зарекомендовавшим себя в практике, в том числе, и в сфере образования. Поскольку одним из важнейших качеств любой сложной системы является эффективность, то предлагается обратить внимание на этот аспект функционирования университета при создании и совершенствовании системы управления качеством.

Известно, что эффективность системы можно рассматривать с двух точек зрения. Во-первых, «эффективность системы – это в общем случае совокупность свойств, характеризующих качество функционирования системы, оцениваемое как соответствие требуемого и достигаемого результата» [6, с. 601]. В данном случае рассматриваемый термин означает

наибольшую степень достижения некоторой цели, реализации потенциальной возможности. Во-вторых, эффективность характеризует систему с точки зрения соотношения затрат и результатов ее функционирования. В зависимости от того, какие затраты и какие результаты принимаются во внимание, говорят об экономической, социально-экономической и т. д. эффективности [3].

В рамках системы управления качеством могут решаться следующие задачи, связанные с оценкой эффективности [2]:

1. Оценка эффективности работы университета в целом – как образовательного учреждения – по сравнению с другими российскими и зарубежными вузами.
2. Оценка эффективности и качества работы кафедр и факультетов университета. Такая оценка может проводиться не только внутри университета, но и путем сравнения с родственными кафедрами и факультетами других российских вузов.
3. Оценка качества подготовки студентов университета на разных этапах обучения.
4. Оценка качества подготовки выпускаемых специалистов.
5. Выявление лучших студентов (это может быть полезно при выборе кандидатов для назначения именных стипендий).
6. Оценка эффективности работы профессорско-преподавательского состава.

Data Envelopment Analysis (DEA). Данный метод оценки эффективности был предложен в 1978 г. американскими учеными А. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [10]. Метод с успехом применяется на Западе в различных социально-экономических системах, в том числе и в сфере образования. В качестве русскоязычного названия метода предложен такой – «анализ среды функционирования (АСФ)» [1]. Метод DEA–АСФ относится к классу *граничных методов*, т.к. он основан на построении так называемой *границы эффективности*. С этим понятием связаны такие понятия, как граница производственных возможностей и производственная функция. Аппарат производственных функций хорошо известен. Производственная функция показывает максимальное количество выпуска (продукции), которое может быть произведено из данного количества входных факторов производства (входов) при использовании данной технологии. Если распространить рассуждения на случай, когда выпускается продукция не одного вида, а нескольких, то принято говорить не о производственной функции, а о производственной границе, или границе эффективности [11, 14, 15]. В этом случае те фирмы, представленные в выборке, которые производят максимальное количество выпуска из данного количества входов, считаются эффективными, и точки, соответствующие им в пространстве входов-выходов, лежат на этой самой границе эффективности. Те же точки, которые не лежат на границе эффективности, соответствуют фирмам, функционирующим неэффективно. Степень неэффективности определяется степенью удаленности точки от границы эффективности. Поскольку на практике граница эффективности неизвестна, ее нужно каким-то образом оценить. Для оценивания применяются различные методы, в том числе и метод DEA–АСФ, в основе которого лежит линейное программирование. Граница эффективности, формируемая при помощи указанного метода, является кусочно-линейной.

Рассмотрим кратко суть метода DEA–АСФ на примере одной из его моделей. Пусть имеются данные для K входных параметров и M выходных параметров для каждого из N однородных объектов (такими объектами могут быть, например, фирмы, банки, университеты, кафедры). Для i -го объекта они представлены вектор-столбцами x_i и y_i соответственно. Тогда матрица X размерности $K \times N$ и матрица Y размерности $M \times N$ представляют собой матрицы входных и выходных параметров для всех N объектов.

Интуитивный способ определения эффективности заключается в вычислении отношения объема выходных результатов к объему входных факторов, т.е. к ресурсам, которые потребовались для получения данных выходных результатов. Если эту идею распространить на случай с множеством входных и выходных параметров, то можно прийти к задаче математического программирования [11, с. 141]:

$$\begin{aligned} \max_{u,v} (u' y_i / v' x_i), \\ u' y_j / v' x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\ u, v \geq 0. \end{aligned}$$

Здесь u' и v' – вектор-строки входных и выходных весовых коэффициентов, значения которых определяются в результате решения задачи математического программирования. В этой задаче ограничениями являются отношения взвешенной суммы выходов к взвешенной сумме входов для всех рассматриваемых объектов. При этом эффективность не может превышать единицы. Поскольку в данной формулировке задача имеет бесконечное множество решений, можно привести ее к виду, соответствующему обычной задаче линейного программирования [11, с. 141]:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} (\theta), \\ -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

где θ – скаляр, а λ – вектор констант размерности $N \times 1$. Значение θ и будет интегральным показателем эффективности i -го объекта. При этом эффективность не может превышать единицы. Аналогичная задача решается N раз, т.е. для каждого объекта. Те объекты, для которых значение показателя эффективности оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. Для объектов, у которых показатель эффективности оказался меньше единицы, могут быть установлены цели, заключающиеся в выведении их на границу эффективности, т.е. в пропорциональном сокращении их входных факторов на величину θ при сохранении выходных значений на прежнем уровне (либо в пропорциональном увеличении выходных значений при неизменных значениях входов). Вектор λ определяет объекты, являющиеся эталонными (образцовыми) для данного объекта [11, с. 141].

Метод DEA–АСФ имеет ряд привлекательных свойств, а именно [15, с. 8]:

- позволяет вычислить один агрегированный показатель для каждого объекта в терминах использования входных факторов (независимые переменные) для производства желаемых выходных продуктов (зависимые переменные);
- может одновременно обрабатывать много входов и много выходов, каждый из которых при этом может быть представлен в различных единицах измерения;
- позволяет учитывать внешние по отношению к рассматриваемой системе переменные – факторы окружающей среды;
- не требует априорного указания весовых коэффициентов для переменных, соответствующих входным и выходным параметрам при решении задачи оптимизации;
- не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами;
- позволяет при необходимости учесть предпочтения менеджеров, касающиеся важности тех или иных входных или выходных переменных;
- производит конкретные оценки желательных изменений во входах/выходах, которые позволили бы вывести неэффективные объекты на границу эффективности;
- формирует Парето-оптимальное множество точек, соответствующих эффективным объектам;
- концентрируется на выявлении примеров так называемой *лучшей практики*, а не на каких-либо усредненных тенденциях, как, например, регрессионный анализ.

При использовании статистических данных за несколько лет появляется возможность проследить перемещение границы эффективности во времени. На основании направления этих перемещений можно определить, имеет ли место прогресс в исследуемой группе объектов или же регресс. Данный метод также позволяет определить, за счет чего достигнут прогресс: за счет улучшения управления, за счет приведения масштаба объекта к оптимальному либо за счет изменения технологии (например, внедрения нового оборудования) [11].

Поскольку метод позволяет получить показатель только *относительной* эффективности объектов, то объекты, находящиеся на границе эффективности, также могут улучшить результаты своей работы. Поэтому ранее уже предлагалось формировать искусственную границу эффективности в качестве теоретического эталона для реальных объектов [4, 17, 18]. Искусственные границы эффективности предлагалось формировать либо с помощью экспертов [4], либо беря за основу реальные объекты, имеющие эффективность равную единице [17, 18].

Применение метода DEA–АСФ в сфере образования. При применении метода DEA–АСФ в образовательной среде, в отличие от материального производства, следует учитывать отсутствие прямой технологической связи между переменными, описывающими функционирование образовательного учреждения либо образовательного процесса. Между, например, кадровыми ресурсами вуза, с одной стороны, и количеством выпускников и качеством их подготовки – продукцией вуза, с другой стороны, непосредственной технологической связи нет. Образно говоря, выпускники не «производятся» из преподавателей. Однако эти особенности не препятствуют применению метода DEA–АСФ в сфере образования. Для данного метода характерно разделение показателей на входные и выходные. В том случае, когда между переменными нет прямой технологической связи, рекомендуется в качестве входных переменных выбирать те из них, для которых желательным является уменьшение значений, а в качестве выходных переменных – те из них, для которых желательным является увеличение значений. Такая стратегия соответствует алгоритму работы метода DEA–АСФ.

На Западе метод DEA–АСФ широко применяется в сфере образования. Он был использован, например, для определения относительной эффективности 24 программ подготовки специалистов с квалификацией MBA в США [2, 12].

Оценка эффективности функционирования университета. Университет является характерным примером многоуровневой иерархической системы. Оценка эффективности и качества ее функционирования сопряжена с некоторыми трудностями и особенностями.

При оценке эффективности сложной системы, имеющей иерархическую структуру, возникает проблема оценки эффективности подсистем на различных уровнях иерархии, а также проблема агрегирования оценок эффективности отдельных объектов в единую оценку эффективности системы. Решения этих проблем для экономических систем были предложены в работах [9, 13, 16]. Для агрегирования оценок эффективности отдельных объектов в единую оценку группы объектов было предложено учитывать веса объектов, определяемые исходя из долей каждого объекта в совокупном доходе группы объектов (отрасли), а также долей объектов в использовании ресурсов и в производстве каждого вида продукции. Таким образом, учитывается экономическая значимость объекта при определении его вклада в агрегированную (интегральную) оценку эффективности всей группы объектов. При определении эффективности объектов на различных уровнях иерархии предлагается учитывать эффективность тех групп, в которые входят оцениваемые объекты. Группы также рассматриваются как объекты, но на более высоком уровне иерархии. Предлагаемая в работе [13] методика позволяет оценить эффективность каждого объекта в многоуровневой иерархической системе. Нам представляется возможным применить аналогичный подход и для оценки эффективности и качества функционирования университета в целом с учетом эффективности его подсистем (факультетов, кафедр, преподавателей).

По-видимому, имеет смысл оценивать эффективность системы с двух позиций: с точки зрения степени достижения цели (т. е. соответствия желаемых и достигнутых показателей) и с точки зрения соотношения затрат и результатов. Если цель (минимально приемлемый уровень) в принципе не достигнута, то тогда вести речь о соотношении затрат и результатов, возможно, не имеет смысла.

Нами предлагается методика проведения оценки эффективности университета, основанная на методе DEA–АСФ. Опишем ее основные идеи и принципы.

1. Предполагается использование искусственных границ эффективности для преодоления характерного ограничения метода DEA–АСФ, позволяющего определять только *относительную* эффективность объектов.

2. Представляется целесообразным применение идеи потенциальной эффективности объектов. Целью теории потенциальной эффективности сложных систем [7, 8] является формулировка общих предельных законов, ограничивающих эффективность сложных систем любой природы [7, с. 40]. Перенося эту идею на класс организационных систем, на уровне, например, кафедр можно использовать такой подход: сначала с помощью экспертных оценок определяется максимально достижимая при данных кадровых ресурсах продуктивность всех кафедр конкретного факультета (по выпуску монографий, учебных пособий и т.д.). Для определения максимальной продуктивности следует полагать все остальные ресурсы каждой кафедры практически неограниченными либо равными ресурсам всего факультета. Затем оценивается эффективность таких гипотетических кафедр с помощью метода DEA–АСФ. Полученные оценки эффективности следует считать оценками потенциальной эффективности. Затем следует оценить реальные кафедры относительно полученной искусственной границы эффективности. Полученные оценки можно с некоторой долей условности считать оценками абсолютной (а не относительной) эффективности. Действуя по аналогичной схеме, можно оценить факультеты вуза, вузы данного региона, системы высшего образования регионов и, наконец, систему высшего образования страны.

3. Используя подходы, изложенные в [9, 13, 16], можно вычислить интегральную эффективность объектов на любом уровне иерархии (например, на уровне факультетов) с учетом эффективности элементов в подсистемах.

4. Знание потенциальной эффективности тех или иных объектов (кафедр, факультетов) позволит определить эффективность этих объектов при предоставлении им некоторого дополнительного объема ресурсов. Можно определить оптимальный способ распределения ограниченного объема ресурсов между объектами. Для этого ресурсы «распределяют» различными способами и для каждого способа вычисляют агрегированную оценку эффективности группы объектов. Затем выбирают способ, соответствующий максимальной агрегированной оценке.

Заключение. Таким образом, информационная система масштаба университета, дополненная формализованной методикой оценки эффективности процессов и подсистем университета, построенной на основе метода DEA–АСФ, может стать полезным инструментом поддержки принятия управленческих решений в рамках системы менеджмента качества. При соответствующем выборе переменных возможно проведение оценки эффективности объектов и процессов в университете как с точки зрения степени достижения целей, так и с точки зрения соотношения результатов и затрат.

Литература

1. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сеньков, И. В. Родченков, П. М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.

2. Ерашов, Г. Ф. Система поддержки принятия решений при управлении качеством подготовки специалистов в университете [Текст] / Г. Ф. Ерашов, Е. П. Моргунов, Т. А. Родченко // Вестник НИИ СУВПТ: Сб. научных трудов / Под общей ред. профессора Н. В. Василенко. – Красноярск : НИИ СУВПТ, 2003. – (Вып. 13). – С. 185–195.
3. Лопатников, Л. И. Экономико-математический словарь [Текст] : Словарь современной экономической науки / Л. И. Лопатников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело, 2003. – 520 с.
4. Моргунов, Е. П. Многомерная классификация сложных объектов на основе оценки их эффективности [Текст] / Е. П. Моргунов, О. Н. Моргунова // Вестник НИИ СУВПТ: Сб. науч. тр. / Под общей ред. проф. Н.В. Василенко. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2003. – (Вып. 14). – С. 222–240.
5. Понарина, Е. На линии обороны [Текст] / Е. Понарина // Поиск. – 2005. – № 17. – С. 8–10.
6. Системный анализ и принятие решений [Текст] : Словарь-справочник : Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Высш. шк., 2004. – 616 с. : ил.
7. Флейшман, Б. С. Основы системологии [Текст] / Б. С. Флейшман. – М. : Радио и связь, 1982. – 368 с.
8. Флейшман, Б. С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем [Текст] / Б. С. Флейшман. – М. : Сов. радио, 1971. – 224 с.
9. Blackorby, C. Aggregation of Efficiency Indices [Text] / C. Blackorby, R. R. Russell // Journal of Productivity Analysis. – 1999. – Vol. 12. – Pp. 5–20.
10. Charnes, A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2. – Pp. 429–444.
11. Coelli, T. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis [Text] / T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1998. – 275 pp.
12. Colbert, A. Determining the Relative Efficiency of MBA Programs Using DEA [Text] / A. Colbert, R. R. Levary, M. C. Shaner // European Journal of Operational Research. – 2000. – Vol. 125. – Pp. 656–669.
13. Cook, W. D. Hierarchies and Groups in DEA [Text] / W. D. Cook, D. Chai, J. Doyle, R. Green // Journal of Productivity Analysis. – 1998. – Vol. 10. – Pp. 177–198.
14. Cooper, W. W. Data Envelopment Analysis [Text] : A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software / W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 2000. – 318 pp.
15. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1994. – 513 pp.
16. Simar, L. Statistical inference for aggregates of Farrell-type efficiencies [Text] : Discussion Paper 0324 / L. Simar, V. Zelenyuk ; Institut de Statistique, Universite Catholique de Louvain (Belgium). – Louvain, 2003.
17. Sowlati, T. Establishing the Practical Frontier in DEA [Text] : Ph.D. dissertation / T. Sowlati. – University of Toronto, 2001.
18. Sowlati, T. Establishing the «Practical Frontier» in Data Envelopment Analysis [Text] / T. Sowlati, J. C. Paradi // Efficiency and Productivity Analysis in the 21st Century : Abstracts of International DEA Symposium (24–26 June 2002, Moscow, Russia) / Institute for Systems Analysis of Russian Academy of Sciences; Global S. Consulting Company. – Moscow : International Research Institute of Management Sciences, 2002. – Pp. 32–33.