

ПРОЦЕДУРЫ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

*Дмитрий Александрович Новиков,
заместитель директора Института проблем управления РАН по научной работе,
профессор, доктор технических наук, Москва*

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ (ОС), ВКЛЮЧАЮЩИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО ЭЛЕМЕНТОВ, ИМЕЮТ, КАК ПРАВИЛО, СЛОЖНУЮ ИЕРАРХИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ¹. РЕЗУЛЬТАТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОС В ЦЕЛОМ СЛОЖНЫМ ОБРАЗОМ ЗАВИСИТ ОТ ДЕЙСТВИЙ ВСЕХ ЕЁ ЭЛЕМЕНТОВ. ОДНА ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ЗАДАЧ, СТОЯЩИХ ПЕРЕД РУКОВОДСТВОМ, ЗАКЛЮЧАЕТСЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ, В РАСПРЕДЕЛЕНИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ФИНАНСОВЫХ СРЕДСТВ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ — УЧАСТНИКАМИ СИСТЕМЫ — ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСПЕШНОГО ЕЁ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ. ЧТО ПОНИМАТЬ ПОД УСПЕШНЫМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ СИСТЕМЫ, ПО КАКИМ КРИТЕРИЯМ ЕЁ ОЦЕНИВАТЬ?

Для успешного функционирования системы в целом, как правило, необходимо обеспечить успешное функционирование подсистем более низкого уровня. Это требует решения ещё более частных задач. Последовательно детализируя структуру задач системы, получим дерево, которое называют *деревом целей*. Корневой его вершиной (вершиной верхнего уровня) будет агрегированный показатель качества функционирования ОС в целом, висячими вершинами (вершинами нижнего уровня) — показатели деятельности отдельных образовательных учреждений (ОУ), структурных подразделений, сотрудников и т.д. Степень достижения каждой из целей (вершины построенного дерева) будем оценивать в некоторой дискретной шкале (см. ниже).

ти — относительно результатов их деятельности. В сложных системах (многоэлементных, многоуровневых, деятельность которых описывается многими критериями) в силу ограниченности возможностей управляющего органа по переработке информации или в силу отсутствия детальной информации целесообразно использование *механизмов комплексного оценивания*, которые позволяют осуществлять свёртку показателей, то есть агрегировать информацию о результатах деятельности отдельных элементов системы².

Агрегирование информации является характерной особенностью *иерархических систем* управления. Если бы каждый управляющий орган на каждом из уровней обладал одинаково полной информацией (а также одинаковыми целями и одинаковыми правами по принятию решений), то сама иерархия была бы бессмысленна. Наличие агрегирования позволяет снизить информационную нагрузку, с одной стороны — на управляющие органы (при движении информации «снизу вверх»), а с другой стороны — на управляемые объекты/субъекты (например, за счёт централизованной обработки «общей» для всех участников нижних уровней

Для выработки эффективных управляющих воздействий управляющему органу необходимо обладать достаточной информацией о поведении управляемых субъектов, в частности

¹ Новиков Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. М.: Эгвес, 2009.

² Каплан Р.С., Нортон Д.П. Сбалансированная система показателей. М.: Олимп-Бизнес, 2003.

Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е издание. М.: Физматлит, 2007.

информации об окружающей среде или о результатах деятельности «соседних» подсистем).

Так, например, руководитель крупного образовательного учреждения (ОУ) может не иметь (точнее, не может и не должен иметь) детальной информации о том, чем в каждый конкретный момент времени занят каждый из преподавателей; региональная структура управления образованием вряд ли должна интересоваться успеваемостью каждого конкретного ученика и т.д.

Рассмотрим условный пример, последовательная детализация которого в ходе изложения материала настоящего раздела позволит иллюстрировать модель. Пусть проект заключается в развитии ОС, например — территориальной сети. В качестве комплексного показателя выберем «уровень развития ОС», который определяется «качеством образования» и «экономическим состоянием ОС». Предположим, что качество образования определяется «качеством общего образования» и «качеством профессионального образования». Соответствующее данному примеру³ дерево изображено на рис 1.

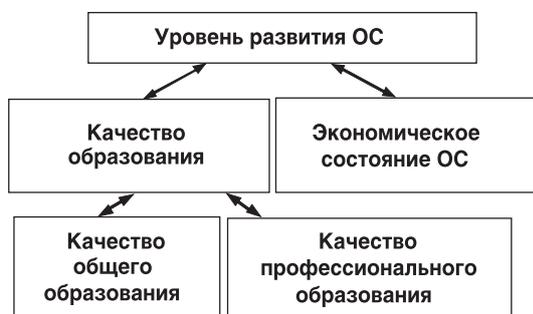


Рис. 1. Дерево целей ОС

Мы описали функционирование ОС в виде дерева целей. Для определения оценки на некотором уровне этого дерева необходимо знать правила её получения из оценок более низкого уровня. Оценки самого нижнего уровня определяются экспертно или в соответствии с некоторой заранее установленной процедурой «перевода» имеющейся количественной или качественной информации в дискретную шкалу. Таким образом, первая задача — определение правила агрегирования оценок (комплексного оценивания). Для достижения определённых значений оценок элементами системы её руко-

водство должно выделить соответствующие им финансовые и другие ресурсы. Следовательно, возникает вторая задача — определить, как затраты на функционирование ОС в целом зависят от затрат элементов ОС в смысле соответствующих оценок. Рассмотрим последовательно эти две задачи.

Комплексное оценивание. Введём для каждого из критериев (для каждой из вершин дерева целей) дискретную (порядковую) шкалу («в баллах»)⁴. Каждому из значений этой порядковой шкалы поставим в соответствие числа 1, 2, Ёмкость шкалы (количество «баллов») априори ничем не ограничена, и число различных оценок-градаций может выбираться, во-первых, с учётом специфики ОС и показателя, а, во-вторых, с учётом того, что с ростом ёмкости шкалы растёт вычислительная сложность оптимизационных задач. Для рассматриваемого примера возьмём шкалу, состоящую из четырёх возможных значений оценок — плохо (1), удовлетворительно (2), хорошо (3) и отлично (4).

Теперь определим процедуру агрегирования оценок. Пусть оценка по некоторому обобщённому (агрегированному) критерию зависит от оценок по двум (агрегируемым) критериям нижнего уровня. Введём матрицу свёртки $A = ||a(i, j)||$, где $a(i, j)$ — оценка по агрегированному критерию при оценках i и j по агрегируемым критериям. Размерность матрицы и число её попарно различных элементов определяются соответствующими шкалами. Отметим, что использование матриц свёртки для оценок, измеренных в порядковой (балльной) шкале, является корректной процедурой (в отличие от вычисления их среднего арифметического — см. подробное обсуждение в следующих изданиях)⁵.

Если для рассматриваемого примера взять матрицы свёртки, приведённые на рис 2, то, например, при получении оценки «хорошо» (3) по критерию K1 — «качество общего образования» и оценки «удовлетворительно» (2) по критерию K2 — «качество профессионального образования» получаем агрегированную

³ Отметим, что все используемые в данном примере численные значения выбраны достаточно произвольно, а сам пример носит чисто модельный характер, не претендуя на полное описание какой-либо реальной ОС.

⁴ Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типичные случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004.

⁵ Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типичные случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004.

Орлов А.И. Теория принятия решений. М.: Издательство «Экзамен», 2005.

оценку «удовлетворительно» по критерию К4 — «качество образования». Если по критерию К3 — «экономическое состояние ОС» была достигнута оценка «отлично», то итоговая оценка по критерию К — «уровень развития ОС» будет — «хорошо» (3).

справедливы и для этих случаев). Тем не менее, использование именно бинарных свёрток позволяет наиболее наглядно отразить структуру предпочтений и приоритетов ЛПР. Так как между двумерным и многомерным случаями нет принципиальных раз-

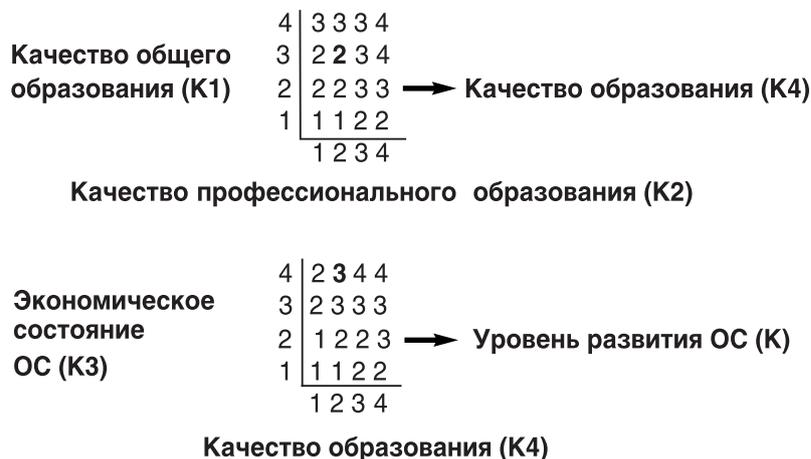


Рис. 2. Матрицы свёртки

Возникает естественный вопрос — кто должен выбирать структуру дерева целей, шкалы оценок и формировать матрицы свёртки? Лица, принимающие решения (ЛПР) — руководитель или руководители соответствующего элемента ОС (или органа управления образованием) и/или коллективом экспертов. С одной стороны, система матриц может быть легко модифицирована с учётом изменения приоритетов, а с другой стороны, приходится признать, что такая процедура принципиально не может быть избавлена от субъективизма.

При формировании матриц свёртки предлагается следовать *правилу монотонности*: агрегированная оценка, получаемая при увеличении хотя бы одной агрегируемой оценки, должна быть не меньше первоначальной. То есть при «движении» по матрице свёртки вправо или вверх оценки не должны убывать.

Выше описано использование двумерных матриц свёртки (бинарных свёрток — иногда, в силу дискретности шкалы, их называют *логическими матрицами*), определяющих процедуру агрегирования оценок двух критериев в одну. Понятно, что, введя трёхмерные матрицы или матрицы любой другой конечной размерности, также можно агрегировать любое соответствующее конечное число оценок (все излагаемые методы

личий, то для простоты будем рассматривать именно двумерный случай.

Описав, как агрегируются оценки, перейдём ко второй задаче — анализу затрат.

Анализ затрат. Следующим этапом будет формирование *дерева оценок*. Имея дерево целей и набор логических матриц, для каждой из возможных итоговых оценок определим приводящие к ним наборы оценок для элементов нижнего уровня. Для этого, спускаясь по дереву целей сверху вниз, определяем на каждом уровне, какими комбинациями оценок нижнего уровня может быть получена данная оценка. Для рассматриваемого примера значение $K = 4$ может быть получено следующими комбинациями оценок по критериям (К1, К2, К3): (4;4;4); (3;4;4); (4;1;4); (4;2;4); (4;3;4); (3;3;4); (2;3;4); (2;4;4). Такие же деревья строятся и для всех других значений оценок по агрегированному критерию К (итоговых оценок).

Набор оценок нижнего уровня, приводящих к достижению требуемой итоговой комплексной оценки, называют *вариантом*. Понятно, что, имея деревья оценок и затраты на достижение каждой из оценок нижнего уровня, можно решить задачу минимизации затрат на реализацию той или иной итоговой оценки. Для этого, начиная с самого нижнего уровня дерева оценок, считая заданными затраты на

достижение этой фиксированной оценки, двигаясь вверх, определяем вариант минимальной стоимости. Затраты на получение каждой агрегированной оценки считаются как сумма затрат на достижение агрегируемых оценок. Затраты в точке ветвления (при наличии нескольких альтернатив) определяются как минимальные значения затрат альтернатив, дающих требуемое значение оценки. Вариант минимальной стоимости определяется методом обратного хода (сверху вниз).

Итак, мы описали, как построить систему комплексного оценивания, дерево оценок и определить затраты варианта. Теперь необходимо связать между собой эти величины и исследовать характер их взаимозависимости для того, чтобы получить возможность выбирать наилучший, с той или иной точки зрения, вариант. Так как предполагалось, что элементы нижнего уровня оцениваемой ОС или её части независимы, то рассмотрим один из них.

Если каждый вариант оценивается по критериям «качества» (агрегированной комплексной оценки) и затрат, то понятие «оптимальный вариант» неоднозначно, и в рамках предложенной модели возникает целый класс оптимизационных задач. Опишем алгоритм поиска допустимых значений качества и затрат.

1. Пусть известны затраты для каждого возможного изменения оценки элемента нижнего уровня дерева целей.
2. Если фонд финансирования ограничен, то среди полученных комбинаций оставляем те, для которых выполнено *бюджетное ограничение* (сумма затрат на изменения не превышает фонда финансирования).
3. Для каждой из допустимых комбинаций финансирования определяем значения суммарных затрат на финансирование и комплексной оценки. В результате получаем множество точек в пространстве «качество × затраты», то есть допустимую область. Каждой из таких точек соответствует допустимый вариант финансирования.
4. Из допустимого множества выбираем точку или множество точек, оптимальных с точки зрения, например, максимума оценки качества и т.д. (в зависимости от решаемой задачи).

В больших системах вычислительная сложность описанного алгоритма может быть достаточно велика, однако при этом мы охватываем все возможные варианты (то есть, производится глобальная оптимизация).

На практике целесообразно использовать модификации этого алгоритма, учитывающие специфику конкретной задачи.

В качестве иллюстрации рассмотрим метод построения так называемых *напряжённых вариантов*. Напряжённым назовём такой вариант, при котором недостижение оценки хотя бы по одному критерию приводит к недостижению требуемого значения комплексной оценки. Для оценки $K = 4$ (см. Рис 2) напряжённым является вариант ($K_3 = 4$; $K_4 = 3$). Соответственно для получения значения оценки $K_4 = 3$ напряжёнными являются варианты ($K_1 = 4$; $K_2 = 1$) и ($K_1 = 2$; $K_2 = 3$). Напряжённые варианты обладают рядом достоинств.

Во-первых, число возможных комбинаций сразу резко ограничивается (для рассматриваемого примера необходимо анализировать уже два варианта, а не восемь). Во-вторых, так как при использовании напряжённых вариантов в системе отсутствует «избыточность» (в том смысле, что нельзя уменьшить ни одну из оценок, не повлияв на агрегированный результат), есть веские основания считать, что напряжённые варианты являются вариантами минимальной стоимости (и минимального риска — см. методы учёта риска в моделях комплексного оценивания⁶). Использование напряжённых вариантов особенно удобно для решения задачи минимизации величины финансирования, необходимого для достижения требуемого значения комплексной оценки.

Итак, мы рассмотрели механизмы комплексного оценивания, основывающиеся на попарных свёртках оценок показателей, структура которых имеет вид дерева (то есть каждая оценка участвует в одной и только в одной свёртке). Оценки измерялись в дискретной шкале. Возможны различные обобщения данного подхода. В частности — рассмотрение *сетевых систем комплексного оценивания* (в которых каждая оценка может сворачиваться с несколькими другими)⁷, *нечётких систем комплексного оценивания*⁸ и др. □

⁶ Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. М.: Синтег, 1997.

⁷ Математические основы управления проектами / Под ред. В.Н. Буркова. М.: Высшая школа, 2005.

Новиков Д.А., Суханов А.Л. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. М.: Институт управления образованием РАО, 2005.

⁸ Новиков Д.А., Суханов А.Л. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. М.: Институт управления образованием РАО, 2005.

Харитонов В.А., Белых А.А. Технологии современного менеджмента. Пермь: ПГТУ, 2007.