Луговой Р.А., Солодухин К. С., Чен А. Я.

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ УРОВНЕМ ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ЦЕЛИ И ЕЕ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Система стратегических целей является центральным элементом стратегии любой социально-экономической системы и вуза в том числе. Система целей является ядром стратегического процесса, который возникает только тогда, когда у организации есть стратегические цели [10]. Во всех самых разнообразных школах и подходах к стратегическому менеджменту формирование и реализация стратегических целей является квинтэссенцией стратегической деятельности [1].

Взаимосвязь между стратегическими целями вуза можно отразить, представив их в виде карты целей, например, по перспективам системы сбалансированных показателей [2, 5]. Карта целей представляет собой иерархию стратегических целей, каждая из которых описывается набором показателей [4, 8]. Формализация стратегии вуза требует определения влияния групп показателей, характеризующих каждую стратегическую цель, на степень (уровень) достижения этой цели [7].

В большинстве случаев стратегия реализуется за счет осуществления проектов реконструкции и развития, обладающих для рассматриваемой организации высокой степенью уникальности. Вследствие этого влияние результатов реализации проектов, отраженных возросшими значениями соответствующих показателей, на уровни достижения стратегических целей достаточно сложно спрогнозировать. Для решения этой задачи часто прибегают к использованию экспертных оценок, однако использование таких оценок в моделях поддержки принятия решений затруднено вследствие сложности формализации экспертного мнения.

Данная статья посвящена методу нахождения функции, значениями которой являются уровни достижения цели (УДЦ), описанной двумя показателями. Нормированные значения этих показателей будут являться аргументами данной функции. В связи с тем, что степень достижения цели можно рассматривать как полезность для организации (или ее отдельных подразделений), полученную в результате осуществления соответствующих стратегических мероприятий, формализацию зависимости между УДЦ и значениями соответствующих показателей можно рассматривать как нахождение некоторой функции полезности.

В работе [6] были предложены методы нахождения такой функции при разных вариантах взаимосвязи между показателями (взаимно независимые, независимость по полезности только одного показателя от другого, взаимно зависимые). В двух первых случаях предлагалось использовать функции, выраженные аналитически [3]. Для третьего случая было необходимо определить значение искомой функции в восьми дополнительных точках и воспользоваться аппаратом триангуляции, при этом остался нерешенным ряд проблем. Предложенный способ задания дополнительных точек приводит к осложнению задачи эксперта на этапе опроса: анкетируемому сложно ответить на вопрос типа «Чему будет равна степень достижения стратегической цели при уровне первого показателя x и второго – y». Для увеличения точности искомой функции необходимо увеличить количество дополнительных точек, но при этом точки должны быть расположены определенным образом, исключающим возможность альтернативных вариантов триангуляции и обеспечивающим достаточно равномерное покрытие области.

В настоящей работе предлагается усовершенствованный метод определения искомой функции при условии, что показатели взаимно зависимы по полезности.

Для облегчения задачи эксперта при опросе и получения более точных оценок целесообразно будет задавать вопросы сравнительного характера, например: «Укажите такие значения показателей x и y, при которых УДЦ будет равен z» или «Укажите такие значения показателей x и y, при которых УДЦ будет равен значению функции при $x=x^*$ и $y=y^*$».

При задании вопроса сравнительного характера задача эксперта остается сложной по следующей причине: эксперту сложно указать сразу два уровня показателя, при которых функция полезности будет иметь определенное значение, поскольку таких пар очень много. Для решения этой проблемы предлагается в каждом вопросе фиксировать один из показателей на определенном уровне, тогда эксперту необходимо будет выбрать уровень второго показателя, при котором функция достигает заданного значения. Такой способ опроса позволяет получать точки кривой безразличия функции полезности экспертным путем, изменяя величину одного из показателей определенным образом и определяя значение другого при условии сохранения величины УДЦ.

Количество рассмотренных значений функции и соответствующих кривых безразличия будет определять точность последующего интерполирования значения функции в произвольной точке допустимой области. Далее в работе будет рассматриваться нахождение трех кривых безразличия, УДЦ которых равно 0,25, 0,5 и 0,75. Предполагается, что этих кривых будет достаточно в большинстве случаев. Поиск значений показателей, для которых УДЦ меньше 0,25 нецелесообразен с точки зрения точности оценки, поскольку на начальном этапе выполнения работ по достижению цели руководителю сложно адекватно оценить объемы оставшейся работы. Также предполагается, что значения показателей нормированы к их целевому значению, при этом плановое значение каждого такого нормированного показателя равно единице, а начальное – нулю. УДЦ равен нулю (единице), если каждый из нормированных показателей равен нулю (единице).

Кривая безразличия функции полезности имеет отрицательный наклон, поэтому можно утверждать, что любая кривая пересекает рассматриваемую область в двух точках, первая их которых находится на ломаной *OAC,* вторая – на ломаной *OBC* (рис. 1). Для построения кривой с заданным УДЦ необходимо определить координаты этих точек, а также, возможно, еще несколько дополнительных точек, лежащих внутри рассматриваемой области. Количество таких «внутренних» точек также может варьироваться в зависимости от требуемой точности интерполяции функции.

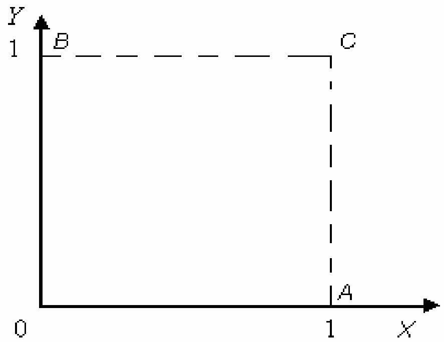

Рис. 1. Исследуемая область значений показателей

Вышеизложенные соображения позволяют сформулировать предлагаемый **алгоритм опроса эксперта.** Перед началом опроса определим количество искомых кривых безразличия n, а также их УДЦ u_i, $i=1,...,n,$ причем $u_i<u_{i+1}$, а также параметр m – максимальное количество дополнительных точек.

Найдем n граничных точек a_i на ломаной *OAC*, в которых функция будет иметь соответствующие значения u_i, где i принимает значение от 1 до n. Для начала определим, какие из этих точек принадлежат отрезку *OA*, а какие – *AC* следующим образом: попросим эксперта ответить на вопрос: «При целевом уровне первого и начальном уровне второго показателя ($x=1$, $y=0$) достигнет ли цель уровня u_i?». Если на вопрос получен отрицательный ответ, i увеличивается на единицу, иначе опрос останавливается. Номер $i=k$, на котором остановился опрос, является первым, начиная с которого точки a_k ,…, a_n принадлежат отрезку *AC*. Точки a_1 ,…, a_{k-1} принадлежат отрезку *OA,* при этом, если $i=n$, но на вопрос не получен положительный ответ, данному отрезку принадлежат все точки a_1 ,…, a_n.

Затем найдем координаты точек a_i. Для точек, которые лежат на отрезке *OA,* попросим эксперта ответить на вопрос: «При каком значении x ($y=0$) УДЦ будет равен u_i?», а для лежащих на *AC*: «При каком значении y ($x=1$) УДЦ будет равен u_i?».

Аналогичным образом определяются граничные точки b_i, лежащие на ломаной *OBC.*

Получившиеся в результате отрезки с концами в точках a_i и b_i являются первым приближением кривых безразличия. Для дальнейшего повышения точности интерполяции функции необходимо аппроксимировать соответствующие кривые безразличия ломаными, для чего необходимо определить дополнительные внутренние точки, значение УДЦ в которых будет равно значению в крайних точках a_i и b_i.

Кривая безразличия, соединяющая точки a_i и b_i, в силу свойств исследуемой функции полностью находится внутри прямоугольника с противоположными углами в точках a_i и b_i. Данное утверждение будет справедливо и для любых двух других соседних точек P и Q аппроксимирующей ломаной. При этом максимальное возможное расстояние между кривой безразличия, проходящей через точки P и Q, до отрезка, соединяющего эти точки, будет равно высоте h прямоугольного треугольника, построенного на отрезке PQ как на диагонали, катеты которого параллельны осям координат (рис. 2). При этом расстояние h можно использовать в качестве оценки ошибки аппроксимации и вычислять следующим образом:

$$h = |PQ| \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha\,, \tag{1}$$

где

$|PQ|$ – длина отрезка PQ;

α – угол между отрезком PQ и осью X.

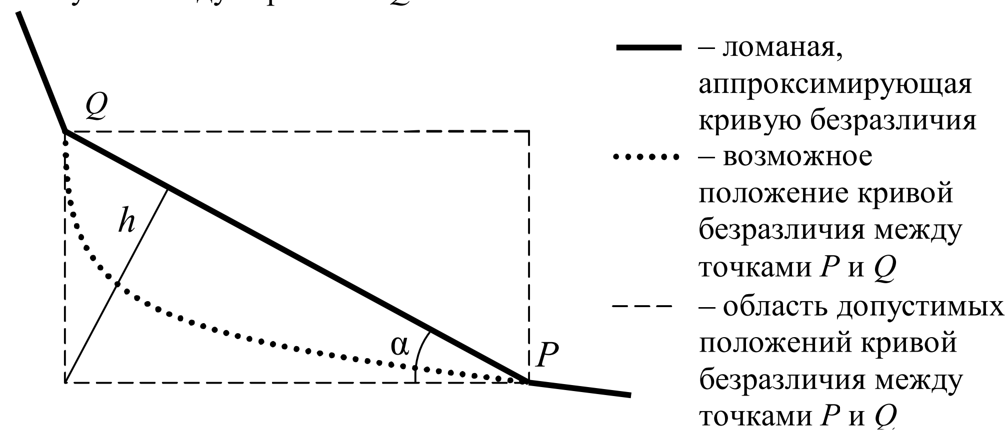

Рис. 2. Ломаная и кривая безразличия

Дальнейшая работа алгоритма опроса эксперта заключается в определении положения дополнительных внутренних точек для некоторых линий уровня. При этом основная задача алгоритма заключается в определении такого звена ломаной, аппроксимирующей кривую безразличия, которое целесообразнее всего разбить на два путем добавления к ломаной еще одной точки. Критерием целесообразности может служить величина h.

Одним из способов выбора звена ломаной для разбиения является определение величины h для всех имеющихся звеньев с последующим выбором звена с максимальной величиной h. Для внесения максимального количества дополнительных точек ломаных необходимо будет повторить процедуру m раз.

Однако, при величине угла α, близкой к 0° или 90°, внесение дополнительной точки не приводит к существенному приближению ломаной к кривой безразличия. В этом случае, очевидно, одна из переменных не оказывает существенного влияния на УДЦ в рассматриваемой области.

Предлагаемый способ выбора звена для разбиения основан на определении критического значения h^* и последующего разбиения всех звеньев, для которых $h > h^*$. Для определения h^* рассчитаем для всех найденных точек $a_i(x_{ai}; y_{ai})$ максимальные соответствующие высоты $h_{ai} = (x_{ai} - y_{ai})/\sqrt{2}$, а также для всех точек $b_i(x_{bi}; y_{bi})$ максимальные соответствующие высоты $h_{bi} = (y_{bi} - x_{bi})/\sqrt{2}$. После этого h^* рассчитаем на основании формулы (2):

$$h^* = \frac{\max\left(\sum_{i=1}^{n} h_{ai}; \sum_{i=1}^{n} h_{bi}\right)}{m}. \qquad (2)$$

Такой способ выбора звеньев для разбиения допускает, что количество внесенных дополнительных точек будет меньше *m*.

Предположим, что для разбиения выбрано звено ломаной, соответствующей уровню u_i с граничными точками $c_i^j(x_j, y_j)$ и $c_i^{j+1}(x_{j+1}, y_{j+1})$. Тогда опрос эксперта будет продолжен в зависимости от угла наклона этого звена:

– если $|x_{j+1} - x_j| < |y_{j+1} - y_j|$, то эксперту задается вопрос: «При каком значении y' УДЦ будет равен u_i, если $x' = (x_{j+1} + x_j)/2$?»;

– иначе задается вопрос: «При каком значении x' УДЦ будет равен u_i, если $y' = (y_{j+1} + y_j)/2$?».

Полученная точка с координатами (x', y') добавляется к ломаной, после чего для новых звеньев вычисляется величина *h* и опрос повторяется, пока есть звенья, для которых $h > h^*$.

Все дополнительные точки обозначим через c_i^j, где *i* – номер ломаной, *j* – номер дополнительной точки на данной ломаной.

В результате опроса исследуемая область разбита ломаными, аппроксимирующими кривые безразличия, на несколько частей. Для оценки значения УДЦ в произвольной точке области необходимо определить минимальные расстояния d_i и d_{i+1} от этой точки до ломаных, между которыми она находится (точки (0;0) и (1;1) также играют роль ломаных с соответствующим УДЦ). Тогда УДЦ в данной точке предлагается рассчитывать по формуле:

$$u = \frac{u_i d_{i+1} + u_{i+1} d_i}{d_{i+1} + d_i}. \qquad (3)$$

Для повышения достоверности экспертных оценок в процессе опроса эксперта предполагается использовать реальные, а не нормированные значения показателей. При расчете величин $y' = \left(y_{j+1} + y_j\right)/2$ и $x' = \left(x_{j+1} + x_j\right)/2$ возможно их незначительное увеличение или уменьшение с целью получения числа, удобного для восприятия.

Пример. Во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса (ВГУЭС) была разработана стратегическая карта целей. Рассмотрим одну из целей: «Широкий выбор образовательных программ продвинутого уровня». В описании этой цели сказано, что ее достижение измеряется двумя показателями: x – «Количество магистерских программ» и y – «Количество направлений аспирантуры». Начальные значения показателей: x=11; y=16; целевые значения – 17 и 21 соответственно. Определим параметры опроса: количество искомых кривых безразличия n=3, УДЦ кривых безразличия u_1=0,25; u_2=0,5; u_3=0,75; максимальное количество дополнительных точек m=7. Эксперту будут предлагаться вопросы с использованием реальных величин (количество программ и направлений), но для расчетов необходимо приводить все значения к нормированным.

Проведя процедуру определения зависимости по полезности, описанную в [3], имеем, что оба показателя зависят друг от друга по полезности. Продемонстрируем процедуру опроса в виде диалога.

Аналитик. Я хотел бы исследовать Вашу оценку уровня достижения цели «Широкий выбор образовательных программ продвинутого уровня» при различных комбинациях количества магистерских программ и направлений аспирантуры. Сейчас у нас 11 магистерских программ и 16 направлений аспирантуры, что мы принимаем за 0% достижения цели. Также мы принимаем, что цель будет достигнута на 100% при увеличении этих показателей до 17 и 21 соответственно.

По-вашему, если у нас 17 магистерских программ и 16 аспирантских направлений, означает ли это, что УДЦ хотя бы 25%?

Эксперт. Если у нас будет 17 магистерских программ и только 16 аспирантских направлений, то УДЦ будет больше 25%.

Аналитик. А будет ли УДЦ больше 50% при таких же условиях?

Эксперт. Нет, при таких параметрах нельзя утверждать, что работа по достижению цели выполнена наполовину.

Мы определи, что граничная точка a_1, при которой $u=u_1$=0.25, принадлежит отрезку OA, остальные точки a_2 и a_3 – отрезку AC.

Аналитик. Сколько магистерских специальностей нужно, чтобы УДЦ равнялось 25%, при неизменном количестве направлений в аспирантуре?»

Эксперт. Мне кажется, что это значение очень близко к 14, то есть, когда почти 14, но можно ли указывать такие (нецелые) числа?

Аналитик. Да, можно. Для открытия новой специальности необходимо выполнить ряд действий, например, изучить спрос на эту специальность, согласовать с руководителями подразделений, нанять дополнительных сотрудников и т.д. Так вот, говоря «почти 14», Вы имеете в виду, что большую часть необходимых действий Вы уже выполнили.

Эксперт. В таком случае, пусть будет 13,7.

Аналитик. При каком количестве аспирантских направлений задача будет выполнена на 50%, если магистерских программ будет 17?

Эксперт. Думаю, что при таких условиях, 18 направлений будет достаточно, то есть нужно открыть еще 2.

Аналитик. Сколько аспирантских направлений нужно, чтобы задача была выполнена на 75%, если магистерских программ будет 17?

Эксперт. Мой ответ «19,2», то есть, нужно 3,2 направлений и 17 специальностей, чтобы задача была выполнена на 75%.

Проведя эту часть процедуры опроса, мы определили граничные точки a_1, a_2 и a_3.

Аналогичным способом определяем граничные точки b_1, b_2 и b_3. Все данные приведены в таблице 1, в скобках представлены нормированные значения.

Таблица 1. Значения показателей в граничных точках

Точка	***x***	***y***	***u*$_i$**
a_1	13,7 (0,45)	16 (0)	25% (0,25)
b_1	11 (0)	18,5 (0,5)	
a_2	17 (1)	18 (0,4)	50% (0,5)
b_2	12 (0,17)	21 (1)	
a_3	17 (1)	19,2 (0,64)	75% (0,75)
b_3	14,3 (0,55)	21 (1)	

Рассчитаем критическую высоту h^* по формуле (2):

$$h_{a1} = (x_{a1} - y_{a1})/\sqrt{2} = (0{,}45 - 0)/\sqrt{2} = 0{,}32;$$

$$h_{a2} = (x_{a2} - y_{a2})/\sqrt{2} = (1 - 0{,}4)/\sqrt{2} = 0{,}42;$$

$$h_{a3} = (x_{a3} - y_{a3})/\sqrt{2} = (1 - 0{,}64)/\sqrt{2} = 0{,}26;$$

$$h_{b1} = (y_{b1} - x_{b1})/\sqrt{2} = (0{,}5 - 0)/\sqrt{2} = 0{,}36;$$

$$h_{b2} = (y_{b2} - x_{b2})/\sqrt{2} = (1 - 0{,}17)/\sqrt{2} = 0{,}59;$$

$$h_{b3} = (y_{b3} - x_{b3})/\sqrt{2} = (1 - 0{,}55)/\sqrt{2} = 0{,}32;$$

$$h^* = \frac{\max(0{,}32 + 0{,}42 + 0{,}26;\ 0{,}36 + 0{,}59 + 0{,}32)}{7} = \frac{\max(1;\ 1{,}27)}{7} = 0{,}18.$$

В данный момент ломаные каждого уровня УДЦ являются отрезками, соединяющими граничные точки. Расчет показывает, что h_1=0,33, h_2=0,49, h_3=0,28, следовательно, каждый из отрезков необходимо разбивать, по крайней мере, одной дополнительной точкой.

Поскольку для первого звена условие $\left|x_{j+1} - x_j\right| < \left|y_{j+1} - y_j\right|$ верно, то для нахождения «внутренней» точки для этого звена зададим следующий вопрос: «При каком значении показателя «Количество направлений аспирантуры» УДЦ будет равен 25%, если значение показателя «Количество магистерских программ» равно 12,35 (0,23)?» (в скобках указаны нормированные значения). А для второго и третьего звена – «При каком значении показателя «Количество магистерских программ» УДЦ будет равен 50% и 75%, если значение показателя «Количество направлений аспирантуры» равно 19,5 (0,7) и 20,1 (0,82) соответственно?»

Отвечая на заданные вопросы, эксперт указал следующие значения: 17 (0,2) для первого; 13,2 (0,37) и 15 (0,67) для второго и третьего звена. Добавим полученные дополнительные точки к соответствующим ломаным (рис. 3).

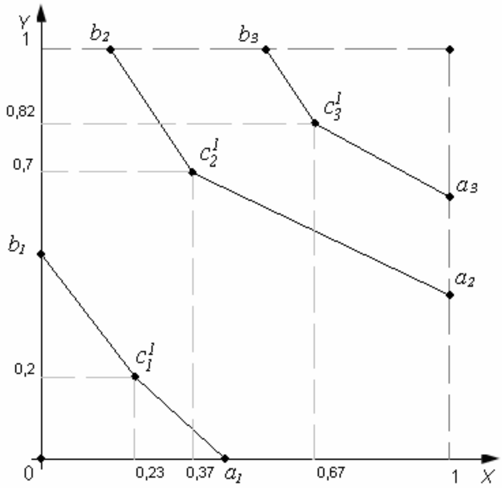

Рис. 3. Ломаные с добавленными внутренними точками

Продолжаем алгоритм опроса эксперта. Для каждого полученного звена ломаных вычисляем величины h и в случае превышения критической величины h^*=0,18, разбиваем данное звено дополнительной точкой. Расчеты показывают, что для звена $b_1c_1^1$ величина h=0,182, а для $c_2^1a_2$ – величина h=0,27. Продолжаем опрос в виде диалога.

Аналитик. Мы почти закончили. Сколько Вам необходимо аспирантских направлений, чтобы задача была выполнена на 25%, если магистерских программ будет 11,675 (0,115)?

Эксперт. Мне довольно сложно представить такую ситуацию, при которой количество магистерских программ будет 11,675. Возможно, ли переформулировать вопрос, увеличим количество магистерских программ до 12?

Аналитик. Да, это возможно, наша методика это позволяет.

Эксперт. В таком случае, задача была выполнена на 25% при 12 магистерских программ и при 17,5 аспирантских направлений.

Аналитик. Следующий вопрос. Сколько Вам необходимо магистерских программ, чтобы задача была выполнена на 50%, если аспирантских направлений будет 18,75 (0,55)?

Эксперт. Думаю, 14 будет достаточно, то есть, нужно открыть еще 3 магистерские программы.

Координаты полученных точек ломаных, аппроксимирующих кривые безразличия, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Координаты точек ломаных

i	**УДЦ**	a_i	c_i^j	b_i
1	0,25	(0,45; 0)	(0,23; 0,2) , (0,167; 0,3)	(0; 0,5)
2	0,5	(1; 0,4)	(0,37; 0,7), (0,5; 0,55)	(0,17; 1)
3	0,75	(1; 0,64)	(0,67; 0,82)	(0,55; 1)

На основании полученных точек можем вышеописанным способом оценить величину УДЦ для любой допустимой комбинации показателей. Покажем, например, как рассчитать оценку УДЦ при наличии 14 (0,5) магистерских программам и 20 (0,8) направлений аспирантуры. Точка d(0,5; 0,8) лежит между ломаными, соответствующими уровням 0,5 и 0,75. Вычисляем расстояния от этой точки до соответствующих ломаных, применяем формулу (3) и получаем УДЦ=0,63.

Авторами разработаны программные модули, позволяющие автоматизировать процесс опроса экспертов и рассчитывать УДЦ в любой заданной точке. Поверхность (график функции полезности), полученная с помощью одного из модулей, приведена на рис. 4.

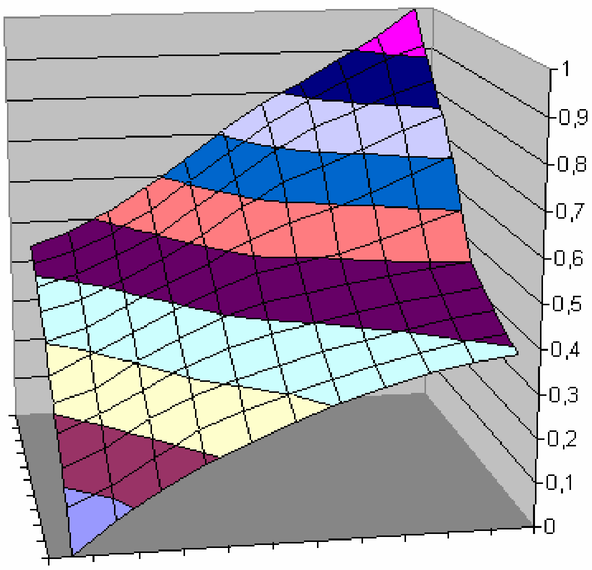

Рис. 4. График функции полезности

Данные модули интегрированы с программным комплексом, созданным для поддержки процессов принятия стратегических решений в вузе [9].

Вывод. Предложенный способ определения функции полезности имеет ряд преимуществ перед способом, указанным в [6]:

– упрощается задача эксперта, за счет чего повышается надежность оценок;

– предоставляется возможность задания желаемой точности оценки путем варьирования начальных параметров опроса (количество ломаных, количество внутренних точек).

Литература

1. Гурков И.Б. Факторы формирования и механизмы реализации стратегических целей российских компаний. Доклад на Секции экономики Отделения общественных наук РАН 13.03.2008. – М., 2008.

2. Дзина Г.А., Солодухин К.С. Применение системы сбалансированных показателей в университете на основе теории заинтересованных сторон // Контроллинг. 2009. № 1. С. 12-23.

3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: Пер. с англ. / Под ред. И. Р. Шахова. – М.: Радио и связь, 1981. 560с.

4. Луговой Р.А., Мальцева Г.И. Постановка системы сбалансированных показателей в инновационном вузе с применением метода анализа иерархий // Контроллинг. 2005. № 4 С. 24–33.

5. Луговой Р.А., Мальцева Г.И., Солдатова Ю.А. Применение системы сбалансированных показателей в процессе стратегического планирования вуза (на примере Владивостокского государственного университета экономики и сервиса) // Университетское управление: практика и анализ. 2004. № 5-6. С. 96-103.

6. Луговой Р.А., Солодухин К.С., Чен А.Я. Методы определения влияния показателей на стратегическую цель при разработке карты целей в вузе // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. 2011. № 4. С. 63-73.

7. Солодухин К.С. Модели поддержки принятия стратегических решений на основе системы сбалансированных показателей // Экономические науки. 2009. № 4. С. 253-260.

8. Солодухин К.С. Постановка системы сбалансированных показателей в стейкхолдер-компании // Контроллинг. 2009. № 2 С. 64-69.

9. Солодухин К.С. Стратегическое управление вузом как стейкхолдер-компанией. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.

10. Barry D. The Relationship of Strategic Goals and Planning Processes to Organizational Performance. Unpublished Ph. D. Dissertation, University of Maryland, 1987.