

Математическое моделирование управления организацией по ценностным ориентирам: алгоритмы анализа иерархий на основе количественной значимости критериев

Т. Н. Зубова, Б. Ф. Мельников, А. А. Солдатов

Аннотация—В настоящей статье мы продолжаем описание нашего подхода к моделированию управления организацией по ценностным ориентирам. В этом подходе мы применяем методику, ранее использованную в другой предметной области, и переносим её на наш случай. При этом в нашей предметной области мы ценностным ориентиром организации считаем некоторую базовую характеристику, имеющую причинное отношение к динамике изменения этой организации; такая характеристика должна являться оптимальной по заданному набору критериев.

Ранее мы предложили подход к постановке оптимизационных задач, предназначенных для подобного моделирования. Мы выделяем специальные лингвистические переменные, соответствующие рассматриваемым нами ценностным переменным. Для каждой переменной мы определяем возможные подходы к вычислению целевых функций, описывающих влияние управленческих решений на ценностные нормы. После этого мы описываем возможные алгоритмы многокритериальной оптимизации, предназначенные для определения псевдооптимального варианта набора управленческих воздействий. Среди рассмотренных нами ранее методов – использование качественного сравнения значимости критериев.

В настоящей статье мы от качественной информации переходим к количественной: рассматриваем подход, связанный с определением оптимальности на основе известного метода анализа иерархий. Мы учитываем количественные значимости критериев и применяем специальные вспомогательные математические модели. Мы приводим общие подходы к применению этого метода в рассматриваемых нами задачах.

Ключевые слова—матрица влияния управленческих воздействий, экспертные оценки, эвристические алгоритмы, ценностные переменные, алгоритмы многокритериальной оптимизации, метода анализа иерархий.

1. Введение

Мы продолжаем описание нашего подхода к моделированию управления организацией по ценностным ориентирам, начатого в наших предыдущих работах – см. прежде всего [1] и [2]. Повторим, что в этом подходе мы применяем методику, ранее использованную в другой предметной области, при определении так называемых «базовых качеств индивидуума» – см. [3, с. 9–15] – и

Статья получена 31 марта 2019.

Татьяна Николаевна Зубова, Южный федеральный университет (email: zutan@yandex.ru).

Борис Феликсович Мельников, Университет МГУ – ППИ в Шэнчжэне (email: bf-melnikov@yandex.ru).

Александр Анатольевич Солдатов, Российский государственный социальный университет (email: SoldatovAA@rgsu.net).

переносим её на наш случай. При этом в нашей предметной области мы ценностным ориентиром организации считаем некоторую базовую характеристику, имеющую причинное отношение к динамике изменения этой организации; такая характеристика должна являться оптимальной по некоторому заданному набору критериев.

В первой из упомянутых нами статей [1] мы предложили подход к постановке оптимизационных задач, предназначенных для подобного моделирования. Во второй статье [2] мы для продолжения описания постановки задач, а также для описания возможных алгоритмов их решения, выделяем специальные лингвистические переменные, соответствующие рассматриваемым нами ценностным переменным. Для каждой такой лингвистической переменной мы определяем возможные подходы к вычислению целевых функций, описывающих влияние управленческих решений на ценностные нормы. После этого мы описываем некоторые из возможных алгоритмов многокритериальной оптимизации, предназначенных для определения псевдооптимального варианта набора управленческих воздействий. Среди методов, кратко рассмотренных в [2], – использование функции совокупно-экстремального выбора, метод Парето и его модификация, а также использование качественного сравнения значимости критериев.

Этот вариант сравнения мы предлагаем рассматривать как способ уточнения оптимальности по Парето; в нём предполагается наличие дополнительной информации о сравнительной важности критериев (ценностных норм), причём качественная информация не преобразуется в количественную, а задаётся совокупностью экспертных оценок; Полученная информация используется для сужения множества Парето – см. подробности в [2]. А в настоящей статье мы от качественной информации переходим к количественной: для этого мы рассматриваем подход, связанный с определением оптимальности на основе известного метода анализа иерархий. В этом подходе учитываются количественные значимости критериев, а для описания конкретных алгоритмов применяются специальные вспомогательные математические модели.

Итак, в настоящей статье мы приводим общие подходы к его применению в рассматриваемых нами задачах. А именно, в разделе II мы излагаем наши взгляды на этот метод в общем, а также отмечаемые нами его достоинства и недостатки. Содержание раздела III, по-видимому, понятно из его названия – «Оптимальность на основе

анализа иерархий с учётом количественной значимости критериев». В заключении (раздел IV) мы формулируем основную цель наших последующих работ, в которых мы собираемся описать наши подходы к созданию алгоритмов формирования псевдооптимального набора управленческих воздействий¹.

II. Метод анализа иерархий:

общее описание и варианты модификации

Метод анализа иерархий (МАИ, Analytic Hierarchy Process, АНР) – один из самых известных методов решения практических многокритериальных задач различного характера и сложности. Он декларируется как метод количественного измерения многокритериальных предпочтений в шкале отношений. Публикации автора этого метода, Т.Л. Саати, постоянно выходили и на русском языке, в том числе – монографии разных лет [4], [5], [6], [7] и др.; кроме того, в нашей предыдущей статье мы цитировали известную работу [8], относящуюся к смежной тематике. Также стоит отметить, что Т.Л. Саати активно публиковался практически до конца жизни (он умер в 2017 г. в возрасте 91 года); среди последних переведённых на русский язык статей – [9], [10].

Метод анализа иерархий обеспечивает возможность разработки систем поддержки принятия решений. А именно, в экономике и менеджменте часто возникают ситуации, когда приходится принимать решения в условиях неопределённости или неполноты информации о рассматриваемой системе, а также при необходимости учёта многих критериев; при решении задач подобного типа метод анализа иерархий оказывается вполне приемлемым.

Однако нужно сказать, что к методу анализа иерархий имеются и многочисленные замечания – перечислим только некоторые из них.

Во-первых, название метода, по-видимому, неудачное (хотя и предложено самим автором): ведь, согласно [11], «иерархия – порядок подчинённости низших звеньев к высшим, организация их в структуру типа “дерево”»; принцип управления в централизованных структурах². То есть модели иерархии, с нашей точки зрения, должны предполагать некоторый (и при этом, по смыслу, «достаточно длинный») путь на графе, вершинами которого являются некоторые рассматриваемые в этой модели объекты. Здесь же обычно такого нет, путь «сверху вниз» для метода анализа иерархий чаще всего имеет длину 2 – что приводит к мысли рассматривать совершенно иные алгоритмы многокритериальной оптимизации, не используя МАИ совсем³.

Во-вторых, вряд ли можно назвать бесспорной следующую фразу: «МАИ не предписывает лицу, принимающему решение (ЛПР), какого-либо “правильного” решения,

а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к её решению»⁴. Критика *такого понимания* метода анализа иерархий возможна – но вряд ли интересна для настоящей статьи: как следует из приведённого выше, мы в статье рассматриваем некоторые применяющиеся в этом методе вспомогательные алгоритмы.

Однако более важным нам кажется другое замечание: в недавних статьях Подиновских ([12], [13], [14] и др.) говорится даже о *некорректности этого метода с математической точки зрения* – и предлагаются (явно и неявно) возможные альтернативные подходы⁵. См. также [15], [16], [?].

Обоснованные решения на основе экспертных оценок могут приниматься в том случае, когда данные экспертами оценки не противоречат друг другу. В идеальном случае оценки экспертов являются транзитивными, то есть из нескольких оценок сравнений альтернатив могут быть *выведены* все остальные оценки сравнений. В этом случае полная система парных сравнений описывается согласованной матрицей парных сравнений.

Таким образом, во всех упомянутых нами вариантах применения МАИ и его модификаций (конкретно – при использовании экспертных оценок для формирования матрицы парных сравнений) возникает также задача оценки *степени несогласованности* этих оценок. Практические алгоритмы решения этой задачи (основанные на возможности эффективного, сравнения критериальных показателей *парно*) дают возможность использования этого метода для оптимизации процесса принятия решений в различных областях. А при получении от экспертов *несогласованной* матрицы стандартным методом решения проблемы является повторное обращение к эксперту – для уточнения оценки приоритетов. Однако такой подход обычно неприемлем, так как он строится на мнении одного эксперта (пусть и высказанном повторно), и поэтому результаты работы метода обычно носят субъективный характер. Ещё отметим, что практически всё сказанное здесь относится и к применению анализа иерархий не для ЛПР, а для программ-предикторов.

Еще один из очевидных методов решения описанных проблем – привлечение большего числа экспертов, чтобы каждый из них дал свою оценку приоритетов. Однако, по понятным причинам, оценки этих экспертов могут радикально отличаться друг от друга, что обычно приводит к ещё большей несогласованности матрицы парных сравнений. И, конечно, часто просто нет возможности повторно опрашивать экспертов (запускать работу программ-предикторов с большим объёмом входной информации).

И всё-таки, несмотря на эти (и другие) замечания к самому методу, мы продолжаем применять его на

¹ Эти подходы, в случае доведения их описаний до формальных алгоритмов, дают, как правило, *труднорешаемые задачи*. Ранее мы во многих наших предыдущих работах описывали для них *эвристические* алгоритмы, дающие за реальное время приемлемое, т.н. *псевдооптимальное* решение. Примерно в таком же смысле мы понимаем здесь термин «псевдооптимальный набор управленческих воздействий».

² Похожие определения приводятся и в толковых словарях, непосредственно к области теоретической информатики не относящихся.

³ Ниже мы отметим, что *на самом нижнем уровне иерархии* используются непосредственно функции желательности факторов. По-видимому, многие из посвящённых МАИ работ фактически используют только эти функции.

⁴ Мы здесь цитируем Википедию, но конкретных ссылок не приводим – по следующим причинам. Во-первых, мы не считаем подобный источник приемлемым для цитирования в научной литературе. Во-вторых, по приведённой нами фразе поисковики выдают *несколько тысяч* результатов, причём *точного* совпадения; искать же «первоисточник» – не очень просто и вряд ли нужно.

⁵ Приведём две цитаты из этих работ из этих работ. «Разбору и развитию МАИ посвящено много работ, ... проводились дискуссии с анализом его методологических достоинств и недостатков ...» «Однако его [МАИ] пользователям следует иметь в виду, что в основаниях этого по сути эвристического метода имеется ряд пробелов и ошибочных допущений ...»

практике⁶. Причём кроме «обычного» его применения (когда экспертами являются упомянутые нами «ЛПР») мы также рассматриваем применение некоторых его модификаций в том случае, когда экспертами являются *вспомогательные программы-предикторы*. Среди наших публикаций на эту и смежные темы отметим [17], [18], [19], [20].

Итак, мы относимся к МАИ с некоторой настороженностью, понимаем некоторые его недостатки – но в то же время полагаем, что его применение на практике вполне возможно. В настоящей статье мы описываем подход к такому возможному применению метода анализа иерархий в рассматриваемой нами предметной области. В частности, мы рассматриваем «агрегирование критериев» – при котором мы, среди прочего рассматриваем «длинные» пути на графе, вершинами которого являются рассматриваемые в нашей модели объекты

III. Оптимальность на основе анализа иерархий с учётом количественной значимости критериев

Наличие достаточного количества субъективных неопределённостей при оценке выделенных ценностных норм приводит к выводу о необходимости их формализации; один из подходов к ней был разработан Харрингтоном, а позднее получил развитие в работах Заде, Саати и др.: см. классические работы [8], [21], а также подробное изложение соответствующего материала в [22]. Предлагаемые в этих работах функции желательности частных критериев (в нашем случае такими критериями являются выделенные ценностные нормы), значение которых изменяется от 0 до 1, *позволяет построить функцию глобального критерия, максимизация которого доставляет оптимум*.

Кроме того, формализация описания нечётких качественных характеристик связана с теорией нечётких множеств, в частности, с её способностью формализовать задачу при наличии критериев и ограничений, *описанных на естественном языке*. Эта формализация осуществляется при помощи матрицы попарных сравнений, позволяющей оценить взаимную приоритетность ценностных норм. Сам метод, называемый *методом анализа иерархий*, кратко можно сформулировать следующим образом. Мы сначала осуществляем декомпозицию проблемы на более простые составляющие части, а потом – дальнейшую обработку последовательности суждений лицами, принимающими решение (ЛПР) с помощью матриц парных сравнений. В результате работы с этими матрицами рассчитываются *относительные степени взаимодействия элементов в иерархии*, после чего выбирается альтернатива, являющаяся наилучшей с точки зрения сформулированной цели.

В основу формальных определений положена методика формирования обобщённого критерия качества сложной системы (в рассматриваемой ситуации – качества Q управленческого решения D_i). Для описания частных критериев на основе количественных параметров используются *функции желательности*, в результате чего

получаются значения μ_1, \dots, μ_N , характеризующие совокупность частных параметров оптимальности системы.

Далее мы вычисляем коэффициенты относительной значимости (ранги) сформированных частных критериев: $\alpha_1, \dots, \alpha_n$. Для их нахождения используется *методика ранжирования* на основе матрицы парных сравнений частных критериев. Пример записи результатов попарных сравнений представлен в таблице 1 (см. приложение), где буквенные обозначения строк и столбцов соответствуют лингвистическим переменным (ценностным нормам), предлагаемыми для конкретной задачи.

Для отыскания рангов критериев на основе матрицы парных сравнений мы предлагаем применять метод, первоначально предложенный Т. Саати (впоследствии были описаны и его модификации). Он заключается в определении приближённых значений вектора рангов как среднегеометрических величин каждой строки матрицы парных сравнений – см. [8], [22]. Полученные таким образом среднегеометрические значения собственного вектора нормализуются делением на сумму средних геометрических:

$$\alpha'_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}, \text{ и далее } \alpha_i = \alpha'_i / \sum_{j=1}^n \alpha'_j.$$

Для определения численных значений частных критериев мы подставляем количественные или качественные значения параметров, характеризующих конкретные состояния системы, в функции желательности. Далее, используя один из способов формирования *обобщённого критерия* – аддитивный, мультипликативный, максимальный или какой-либо другой, мы находим окончательные *агрегированные* оценки оптимальности для каждого решения. Вследствие свойств функций желательности количественные оценки всех критериев находятся на отрезке $[0, 1]$. Это значительно облегчает анализ и принятие решений на основе полученных результатов. Итак, каждый критерий верхнего уровня строится на основе локальных критериев предыдущего уровня с помощью *агрегирования* (см. табл. 2 в приложении). Таким образом, общее выражение для расчёта критериев на промежуточных уровнях иерархии можно записать в виде следующей формулы:

$$Q_{k, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k} = f_{k, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k} \left(Q_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k, 1}; \alpha_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k, 1}, \dots, Q_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k, m_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k}}; \alpha_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k, m_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k}} \right),$$

где:

- $f_{k, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k}$ имеет смысл оператора агрегирования критериев;
- $m_{k-1, i_{n-1}, i_{n-2}, \dots, i_k}$ – количество локальных критериев предыдущего уровня, входящих в состав локального критерия следующего уровня;
- значение α в общем случае было определено выше, нижние индексы в последней формуле понятны из контекста.

⁶ Наши собственные замечания – связанные с практикой применения метода анализа иерархий при разработке *эвристических алгоритмов* решения задач дискретной оптимизации – мы предполагаем привести в одной из следующих публикаций.

При этом на самом нижнем уровне иерархии используются непосредственно функции желательности факторов x_{Y_j} :

$$Q_{x_{Y_j}} = f_{x_{Y_j}} \left(\mu_{0,i_{n-1},i_{n-2},\dots,i_1,1}; \alpha_{0,i_{n-1},i_{n-2},\dots,i_1,1}, \dots, \mu_{0,i_{n-1},i_{n-2},\dots,i_k,m_{1,i_{n-1},i_{n-2},\dots,1}}; \alpha_{0,i_{n-1},i_{n-2},\dots,i_k,m_{1,i_{n-1},i_{n-2},\dots,1}} \right);$$

где $m_{1,i_{n-1},i_{n-2},\dots,1}$ – количество факторов, определяющих уровень соответствующей лингвистической переменной (ценностной нормы).

Итак, для решения поставленной задачи оптимизации осуществляемых управленческих воздействий руководство предприятия должно иметь численную характеристику качества вариантов решений. Такие численные характеристики определяются с точки зрения их оптимальности относительно долгосрочной перспективы – согласно ценностных норм фирмы. Глобальный критерий оптимальности управленческого решения (действия) обозначается Q ; для его расчёта все учитываемые параметры разделены на блоки – в соответствии с их влиянием на конкретную ценностную норму, причём каждая из этих норм описана своим локальным критерием⁷:

- управляемость хозяйствующих субъектов (Q_M);
- долгосрочная конкурентоспособность (Q_C);
- результативность внутренних процессов (QP);
- эффективность внутренних процессов (Q_E);
- адаптивность системы (Q_A);
- степень ответственности организации (Q_R);
- инновационность (Q_I);
- уровень синхронизации процессов (Q_S).

Глобальный критерий Q рассчитывается с использованием одного из методов агрегирования частных критериев с учётом рангов нижележащих локальных критериев: управляемость хозяйствующих субъектов (α_M), долгосрочная конкурентоспособность (α_C) и т. д.

Частный критерий 2-го уровня рассчитывается на основе локальных критериев базового уровня аналогичным образом. Расчёт локальных критериев 1-го уровня строится на основе значений функций желательности частных критериев и их рангов.

Таким образом, оптимальное решение $D^{\text{маи}}$ описывается следующим образом:

$$D^{\text{маи}} = D_i : Q(D_i) \longrightarrow \max .$$

Предложенная методика опирается на явную количественную формулировку критериев качества на основе функций желательности всех значений параметров качества. При этом обеспечивается полное использование в оценках исходной количественной информации, а также расширяется информативность постановки задачи – за счёт рассмотрения степени желательности используемых параметров.

В рамках данной методики появление некоторой новой альтернативы требует расчёта обобщённого критерия качества для вновь введённой альтернативы. Отметим также, что предложенная методика позволяет оперировать

⁷ Локальные критерии фактически совпадают с рассматривавшимися в наших предыдущих публикациях ценностными переменными. Мы также кратко описывали возможные примеры алгоритмов подсчёта численных значений этих переменных.

с нечёткими матрицами парных сравнений и функциями желательности – что значительно расширяет возможности адекватного математического описания неопределённостей различной природы.

Чтобы обеспечить наличие по крайней мере одного оптимального решения оценка оптимальности наборов характеристик D_i должна производиться с учётом значимости переменных Y , на которые влияют x_{Y_i} , входящие в набор.

IV. Заключение

Итак, мы полагаем, что для решения задачи определения оптимальности решений и действий необходимо привлекать методы, подобные предложенным в настоящей работе. При этом особую практическую значимость будет иметь определение функциональной зависимости между значениями x_{Y_i} , входящими в набор D_i , и значением параметров Y , а также определение значений x_{Y_i} для конкретного управленческого воздействия (решения).

Для этого мы в одной из следующих работ предполагаем описать алгоритм оценки оптимальности, разработанный на основе так называемого «вектора оптимальности», [23]. Каждая координата этого вектора отражает степень относительной значимости каждого критерия для конкретной организации (соответственно, число осей равно числу выбранных критериев). Мы также предполагаем подробнее рассмотреть задачу *формирования* рассматриваемого нами набора оптимальных управленческих воздействий. всё это даст подход к созданию оценочной модели, позволяющей спрогнозировать одновременное влияние нескольких управленческих воздействий, которые планируется оказать на микроэкономическую систему (организацию).

Список литературы

- [1] Мельников Б. Ф., Зубова Т. Н. *Математическое моделирование управления организацией по ценностным ориентирам: методика постановки оптимизационных задач* // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Vol. 6. No. 2. – P. 9–15.
- [2] Мельников Б. Ф., Зубова Т. Н. *Математическое моделирование управления организацией по ценностным ориентирам: алгоритмы комплексной оценки и отбора псевдооптимальных воздействий* // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Vol. 6. No. 3. – P. 1–8.
- [3] Spencer, Jr. L. M., Spencer S. M. *Competence at work. Models for Superior Performance.* – N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1993. – 372 p. (Спенсер-мл. Л. М., Спенсер С. М. *Компетенции на работе.* – М.: НИРО, 2005. – 384 с.)
- [4] Саати Т. Л. *Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы.* – М.: Мир, 1973. – 302 с.
- [5] Басакер Р. Г., Саати Т. Л. *Конечные графы и сети.* – М.: Наука, 1974. – 366 с.
- [6] Саати Т. Л. *Принятие решений. Метод анализа иерархий.* – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
- [7] Саати Т., Кернс К. *Аналитическое планирование. Организация систем.* – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
- [8] Saaty T. L. *Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures* // J. of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15. No. 3. – P. 234–281.
- [9] Саати Т. Л. *Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений* // Cloud Of Science. – 2015. – Vol. 2. No. 1. – P. 5–39.
- [10] Саати Т. Л. *Относительное измерение и его обобщение в принятии решений. Почему парные сравнения являются ключевыми в математике для измерения неосязаемых факторов* // Cloud Of Science. – 2016. – Vol. 3. No. 2. – P. 171–262.
- [11] Першиков В. И., Савинков В. М. *Толковый словарь по информатике.* – М.: Финансы и статистика, 1991. – 543 с.
- [12] Подиновский В. В., Подиновская О. В. *О некорректности метода анализа иерархий* // Проблемы управления. – 2011. – № 1. – С. 8–13.

- [13] Подиновский В. В., Подиновская О. В. *Ещё раз о некорректности метода анализа иерархий* // Проблемы управления. – 2012. – № 4. – С. 75–78.
- [14] Подиновский В. В. *Меры риска как критерии выбора при вероятностной неопределенности* // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2015. – № 2. – С. 60–74.
- [15] Belton V., Stewart T.J. *Multiple criteria decision analysis. An integrated approach*. – Berlin: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 374 p.
- [16] Подиновская О. В. *Метод анализа иерархий как метод поддержки принятия многокритериальных решений* // Информационные технологии моделирования и управления. – 2010. – № 1 (60). – С. 71–80.
- [17] Мельников Б. Ф., Радионов А. Н. *О выборе стратегии в недетерминированных антагонистических играх* // Программирование. – 1998. – № 5. – С. 55–62.
- [18] Melnikov B., Radionov A., Moseev A., Melnikova E. *Some specific heuristics for situation clustering problems* // Proceedings, 1st International Conference on Software and Data Technologies. – 2006. – P. 272–279.
- [19] Мельников Б. Ф., Мельникова Е. А. *Кластеризация ситуаций в алгоритмах реального времени для задач дискретной оптимизации* // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – Т. 28. № 2. – С. 16–20.
- [20] Мельников Б. Ф., Пивнева С. В. *Принятие решений в прикладных задачах с применением динамически подобранных функций риска* // Вестник транспорта Поволжья. – 2010. – № 3 (23). – С. 28а–33.
- [21] Заде Л. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений*. – М.: Мир, 1976. – 166 с.
- [22] Дилигенский Н. В., Дымова Л. Г., Севастьянов П. В. *Нечёткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределённости: технология, экономика, экология*. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 335 с.
- [23] Зубова Т. Н. *Системные параметры и построение вектора организационной направленности как альтернатива расчёта эффективности при оценке бизнеса* // Альянс наук: учёный учёному. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Т. 7: Эффективные инструменты управления предприятием. – 2011. – С. 33–37.

Татьяна Николаевна ЗУБОВА,
доцент Южного федерального университета
(<https://www.sfedu.ru>),
email: zutan@yandex.ru.

Борис Феликсович МЕЛЬНИКОВ,
профессор Университета МГУ–ППИ в Шэнчжэне
(<http://szmsubit.ru/>),
email: bf-melnikov@yandex.ru,
mathnet.ru: personid=27967,
elibrary.ru: authorid=15715,
scopus.com: authorId=55954040300.

Александр Анатольевич СОЛДАТОВ,
доцент Российского государственного
социального университета
(<http://www.rgsu.net/>),
email: SoldatovAA@rgsu.net,
elibrary.ru: authorid=788648.

Приложение. Таблицы

Табл. 1. Парное сравнение значимости ценностных норм

	M	C	P	E	A	R	I	S
M	1	α_{MC}	α_{MP}	α_{ME}	α_{MA}	α_{MR}	α_{MI}	α_{MS}
C	α_{CM}	1	...	...	...	...	...	...
P	α_{PM}	...	1	...	...	...	...	...
E	α_{EM}	...	...	1	...	...	...	...
A	α_{AM}	...	...	...	1	...	...	...
R	α_{RM}					1		
I	α_{IM}	...	...	...	...	...	1	...
S	α_{SM}	...	...	...	...	...	...	1

Табл. 2. Влияние частных критериев низшего уровня на глобальный критерий качества управленческого решения

Показатель	Обозначение							
Глобальный критерий качества управленческого решения	Q							
Частный критерий по каждому из параметров Y (ценностные нормы: M, C, P, E, A, R, I, S)	Q_M	Q_C				...	Q_S	
Критерий по желательности факторов, определяющих величину параметра Y (x_y)	Q_{xM1}	Q_{xM2}	Q_{xC1}	Q_{xC2}	...	Q_{xR1}	...	Q_{xS1} Q_{xS2}

Mathematical modeling of organization management by value guidelines: algorithms for analytic hierarchy process on the basis of quantitative significance criteria

Tatyana Zubova, Boris Melnikov, Aleksandr Soldatov

Abstract—In this article, we continue the description of mathematical models and algorithms designed to manage an organization based on value guidelines. In this approach, we apply a technique previously used in another subject area, and transfer it to our case. At the same time, in our subject area, we consider some basic characteristic that has a causal relationship to the dynamics of change in this organization to be the value guide of the organization. This characteristic should be optimal for a given set of criteria.

Previously, we proposed an approach to the formulation of optimization problems designed for such modeling. We have allocated a special linguistic variables corresponding to the values of the considered variables. For each variable, we define possible approaches to the calculation of objective functions that describe the impact of management decisions on value norms. After that, we describe possible multi-criteria optimization algorithms designed to determine the pseudo-optimal variant of the set of management actions. Among the methods we have considered earlier, there is the use of qualitative comparison of the significance of the criteria.

In this paper, we move from qualitative information to quantitative one: we consider an approach related to the determination of the optimality; this approach is based on the well-known method of hierarchy analysis. We take into account the quantitative significance of the criteria and apply special auxiliary mathematical models. We give the general principles of application of this method in the considered problems.

Keywords—matrix of influences of management actions, expert assessments, heuristic algorithms, value variables, algorithms for multicriteria optimization, analytic hierarchy process.

References

- [1] Melnikov B.F., Zubova T.N. *Mathematical modeling of the organization's management by value reference points: a method of setting optimization problems* // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Vol. 6. No. 2. – P. 9–15.
- [2] Melnikov B.F., Zubova T.N. *Mathematical modeling of the organization's management by value reference points: algorithms for the integrated assessment and selection of pseudo-optimal effects* // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Vol. 6. No. 3. – P. 1–8.
- [3] Spencer, Jr. L. M., Spencer S. M. *Competence at work. Models for Superior Performance*. – N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1993. – 372 p.
- [4] Saaty T.L. *Integer optimization methods and related extreme problems*. – Moscow: Mir, 1973. – 302 p.
- [5] Basaker R.G., Saaty T.L. *Finite Graphs and Networks*. – Moscow: Nauka, 1974. – 366 p.
- [6] Saaty T.L. *Making decisions. Hierarchy analysis method*. – Moscow: Radio i svyaz, 1989. – 316 p.
- [7] Saaty T., Kearns K. *Analytical Planning. System organization*. – Moscow: Radio i svyaz, 1991. – 224 p.
- [8] Saaty T.L. *Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures* // J. of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15. No. 3. – P. 234–281.
- [9] Saaty T.L. *On the measurement of intangible. An approach to relative measurements based on the main eigenvector of the pairwise comparison matrix* // Cloud Of Science. – 2015. – Vol. 2. No. 1. – P. 5–39.
- [10] Saaty T.L. *Relative measurement and its generalization in decision making. Why paired comparisons are key in mathematics for measuring intangible factors* // Cloud Of Science. – 2016. – Vol. 3. No. 2. – P. 171–262.
- [11] Pershikov V.I., Savinkov V.M. *Informatics Dictionary*. – Moscow: Finansy i statistika, 1991. – 543 p.
- [12] Podinovskiy V.V., Podinovskaya O.V. *On the incorrectness of the hierarchy analysis method* // Management problems. – 2011. – No. 1. – P. 8–13.
- [13] Podinovskiy V.V., Podinovskaya O.V. *Once more on the incorrectness of the hierarchy analysis method* // Management problems. – 2012. – No. 4. – P. 75–78.
- [14] Podinovskiy V.V. *Risk measures as selection criteria for probabilistic uncertainty* // Artificial Intelligence and Decision Making. – 2015. – No. 2. – P. 60–74.
- [15] Belton V., Stewart T.J. *Multiple criteria decision analysis. An integrated approach*. – Berlin: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 374 p.
- [16] Podinovskaya O.V. *The method of analyzing hierarchies as a method for supporting the adoption of multi-criteria decisions* // Information technology of modeling and management. – 2010. – No. 1(60). – P. 71–80.
- [17] Melnikov B.F., Radionov A.N. *About choosing a strategy in non-deterministic antagonistic games* // Programming and Computer Software. – 1998. – No. 5. – P. 55–62.
- [18] Melnikov B., Radionov A., Moseev A., Melnikova E. *Some specific heuristics for situation clustering problems* // Proceedings, 1st International Conference on Software and Data Technologies. – 2006. – P. 272–279.
- [19] Melnikov B.F., Melnikova E.A. *Clustering situations in real-time algorithms for discrete optimization problems* // Management systems and information technologies. – 2007. – Vol. 28. No. 2. – P. 16–20.
- [20] Melnikov B.F., Pivneva S.V. *Decision making in applied problems using dynamically matched risk functions* // Transport Bulletin of the Volga region. – 2010. – No. 3(23). – P. 28a–33.
- [21] Zadeh L. *The concept of linguistic variable and its application to making approximate decisions*. – Moscow: Mir, 1976. – 166 p.
- [22] Diligenskiy N.V., Dymova L.G., Sevastyanov P.V. *Fuzzy modeling and multi-criteria optimization of production systems in conditions of uncertainty: technology, economics, ecology*. – Moscow: Mashinostroenie-1, 2004. – 335 p.
- [23] Zubova T.N. *System parameters and building a vector of organizational orientation as an alternative to calculating the*

effectiveness in business valuation // Alliance of Sciences: a scientist to scientist. Proceedings of the VI International Scientific Practical Conference. Vol. 7: Effective enterprise management tools. – 2011. – P. 33–37.

Tatyana Nikolaevna ZUBOVA,
Associated Professor of Southern Federal University
(<https://www.sfedu.ru>),
email: zutan@yandex.ru.

Boris Feliksovich MELNIKOV,
Professor of Shenzhen MSU–BIT University
(<http://szmsubit.ru/>),
email: bf-melnicov@yandex.ru,
mathnet.ru: personid=27967,
elibrary.ru: authorid=15715,
scopus.com: authorId=55954040300.

Aleksandr Anatolyevich SOLDATOV,
Associated Professor of Russian State Social University
(<http://www.rgsu.net/>),
email: SoldatovAA@rgsu.net,
elibrary.ru: authorid=788648.