

УДК 519.81: 004.67

Н.В. Косенко

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

## ФОРМИРОВАНИЕ КОМАНДЫ ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОМПАРАТОРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Рассмотрено применение метода компараторной идентификации при управлении трудовыми ресурсами проекта. Данная задача является задачей многокритериального выбора с использованием неформализованного опыта принятия решений. Для количественной оценки параметров модели оценивания предложено использовать метод компараторной идентификации. Предложены математические выражения и правила, позволяющие определять численные значения всех параметров модели.

**Ключевые слова:** система принятия решений, трудовые ресурсы, многофакторное оценивание, регуляризация, компараторная идентификация.

### Введение

Формирование команды проекта является одним из наиболее ответственных управленческих решений. Руководитель проекта должен учитывать множество факторов, характеризующих компетентность кандидатов, их профессиональный опыт и личностные качества. Это позволяет рассматривать подбор персонала для проекта как задачу многокритериального выбора. Вместе с тем, применение формально-математических моделей и методов оптимизации в задачах управления трудовыми ресурсами затруднительно, т.к. принятие кадровых решений в значительной степени основано на опыте и интуиции руководителя. Однако при этом принимаемые решения носят субъективный характер и зависят не только от объективных данных, но и от личных предпочтений руководителя.

Поэтому формализация процессов принятия решений, требующих учёта опыта и дополнительной информации, переход от неформальных, субъективных процедур к научно обоснованным объективным методам, является одной из актуальных научных проблем.

**Постановка задачи.** В настоящее время для множества задач разработаны формализованные, математически обоснованные методы принятия решений. Тем не менее, множество практически важных задач принятия решений остаются слабо формализованными. Одной из таких задач является подбор кандидатов для формирования команды проекта. Квалификация и компетентность каждого из кандидатов, так же как и требования к ним, характеризуется множеством факторов, которые сложно представить в форме в математической модели. Как правило, важные кадровые решения руководитель принимает на основе своего опыта и интуиции. Для успешного решения этой задачи необходима разработка моделей и методов многокритериального вы-

бора, учитывающих неформализованный опыт лица, принимающего решения.

Принятие решений является интеллектуальным, творческим актом выбора альтернативы из допустимого множества, в основе которого лежит модель вида:

$$x^{\circ} = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} Q(x), \quad (1)$$

где  $x^{\circ}$  – эффективные решения,  $x$  – множество допустимых решений,  $Q(x)$  – критерий эффективности.

В частном случае, если критерий эффективности скалярный, проблема выбора сводится к установлению ординального отношения порядка на числовой оси и лучшим решением является экстремальный элемент последовательности. Однако, такая ситуация крайне редко встречается на практике. В общем случае, любой объект, рассматриваемый в качестве альтернативы, обладает множеством свойств, совокупность которых полно и однозначно характеризует качество, эффективность или полезность данной альтернативы.

В задачах управления трудовыми ресурсами в качестве таких частных свойств могут выступать свойства квалификации и компетентности специалиста, характеризующие кандидата в следующих аспектах:

- наличие у кандидата необходимых знаний, умений, навыков;
- способность к приобретению новых знаний и умений;
- способность к оперативному применению знаний в производственных условиях;
- способность к междисциплинарным видам деятельности;
- организаторские и творческие способности;
- способность к эффективному взаимодействию с другими членами команды;

- профессиональный опыт;
- личностные и другие характеристики.

Предположим, что для измерения каждого из частных свойств или их связанной группы существует некоторая объективная метрика. Тогда уровень проявления любого частного свойства можно измерить некоторым количественным показателем, который в дальнейшем будет называть частным критерием оценки эффективности, и обозначать  $q_i(x)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $n$  – количество значимых свойств.

С учетом введенных допущений формальная модель выбора эффективного решения (1) примет вид:

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} q_i(x), \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Однако, как следует из формального определения абстрактных систем [1] и анализа структуры множества допустимых значений  $X$ , единственного решения задачи (2) не существует. Это означает, что данная задача многокритериальной оптимизации в общем случае является некорректной по Адамару [2]. Вместе с этим, как правило, существует множество компромиссных решений  $X^c \in X$ . Их особенность заключается в том, что улучшение любого частного критерия  $q_i(x)$  требует ухудшения хотя бы одного другого частного критерия. Осознанный компромисс между различными частными свойствами и критериями позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), на субъективном уровне определять предпочтительное, с его точки зрения, решение. Таким образом, ЛПР для решения задачи многокритериального выбора использует некоторую неформализованную, дополнительную по отношению к исходной задаче выбора решения информацию, в том числе опыт решения подобных задач.

Таким образом, разработка методов решения задачи многокритериального выбора с использованием неформализованного опыта принятия подобных решений является актуальной научно-прикладной задачей.

### Методы регуляризации задач многокритериальной оптимизации

В работе [2] предложена общая методология трансформации некорректных задач в условно корректные, получившая название метода регуляризации. Эта методология основана на привлечении для решения некорректных задач внешней, дополнительной информации в виде некоторых правил, допущений, моделей.

Общая идея регуляризации задачи многокритериального выбора решения заключается замене исходной многокритериальной задачи однокритериальной (скалярной) или последовательностью одно-

критериальных задач. В настоящее время предложено множество методов регуляризации задачи многокритериальной оптимизации. Наиболее известными являются принцип главного критерия, метод последовательной оптимизации, функционально-стоимостный анализ и другие.

При этом общей основой всех методов регуляризации задачи многокритериальной оптимизации является теория полезности [3], согласно которой в качестве обобщенной скалярной оценки эффективности решения  $x \in X$  выступает его полезность  $P(x)$ :

$$P(x) = F[\lambda, q_i(x)]; \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где  $F$  – оператор, определяющий структуру модели, обобщающей оценивания;  $q_i(x)$ ,  $i = \overline{1, n}$  – различные частные критерии;  $\lambda = \langle \lambda_i \rangle$ ,  $i = \overline{1, n}$  – кортеж коэффициентов изоморфизма, приводящих частные критерии к некоторому нормализованному виду.

Практическое использование модели (3) связано с необходимостью решения задач структурной и параметрической идентификации, т.е. определения вида оператора  $F$ , приводящего многокритериальную задачу к скалярному виду, и количественных значений параметров  $\lambda_i$ .

Процесс принятия решений, как интеллектуальный процесс, не поддается непосредственному наблюдению, измерению или управлению. Для получения информации внешним наблюдателем (когнитологом) используется методология экспертного оценивания. В основе этой методологии лежит гипотеза, что усреднение множества субъективных индивидуальных оценок дает оценку, приближающуюся к объективной. Тем не менее, все известные методы решения задачи структурно-параметрической идентификации модели многофакторного оценивания основаны на применении экспертного оценивания.

Наиболее известными и распространенными на практике в настоящее время являются методы ЭЛЕКТРА [5, 6] и метод анализа иерархий [7, 8]. При этом в обоих методах не ставится задача структурной идентификации модели оценивания и применяется только аддитивная функция обобщенной полезности вида:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n w_i q_i^{\operatorname{norm}}(x), \quad (4)$$

где  $q_i^{\operatorname{norm}}(x)$  – нормированные частные критерии;  $w_i$  – безразмерные коэффициенты относительной важности частных критериев, удовлетворяющие условиям:

$$0 \leq w_i \leq 1, i = \overline{1, n}; \sum_{i=1}^n w_i = 1. \quad (5)$$

Нормализация частных критериев производится по формуле:

$$q_i^{\text{norm}}(x) = \left( \frac{q_i(x) - q_i^{\text{worst}}(X)}{q_i^{\text{best}}(X) - q_i^{\text{worst}}(X)} \right)^\alpha, \quad (6)$$

где  $q_i(x)$  – значение  $i$ -го частного критерия для альтернативы  $x \in X$ ;  $q_i^{\text{worst}}(X)$ ,  $q_i^{\text{best}}(X)$  – соответственно "наихудшее" и "наилучшее" значение  $i$ -го частного критерия на множестве допустимых альтернативных решений  $X$ ;  $\alpha$  – коэффициент нелинейности (при  $\alpha=1$  реализуется линейная, при  $\alpha>1$  выпуклая вниз, а при  $0 \leq \alpha < 1$  – выпуклая вверх нелинейная зависимость).

Конечной целью процедуры параметрической идентификации является определение количественных значений весовых коэффициентов  $w_i$ . В основу решения задачи положен метод парного сравнения как самая устойчивая процедура экспертного оценивания.

Рассмотрим более подробно метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати [7]. Известно, что наиболее устойчивой процедурой экспертного оценивания является качественное оценивание. Эксперт или группа экспертов уверенно и воспроизводимо устанавливают отношения строгого (лучше) или нестрогого (лучше или эквивалентно) порядка на любой паре альтернатив. Но такая процедура носит частный характер и требует проведения экспертизы в каждом конкретном случае. Универсальным инструментом многофакторного оценивания и принятия решения может служить только модель вида (1), но для ее идентификации необходимо определить количественные значения ее параметров, т.е. коэффициентов  $w_i$ .

Рассмотрим процедуру идентификации, реализуемую методом анализа иерархии. На основе системного анализа глобальной цели системы формируется иерархическое дерево локальных целей и свойств, которыми должна обладать система. Каждое свойство или группа свойств приведена к виду, допускающему количественную оценку, т.е. является частным критерием  $q_i(x)$  (4).

Далее эксперт или экспертная группа назначают количественную оценку веса каждого частного критерия  $w_i$ . Эти оценки нормализуются, чтобы выполнялись условие (5) и затем по формуле (4) вычисляются значения обобщенной полезности каждой альтернативы  $x \in X$ .

Метод получил широкое распространение и часто используется на практике. Вместе с этим он

имеет существенный недостаток, связанный с необходимостью количественно определять параметры модели экспертным методом.

Проблемы непосредственного экспертного оценивания обусловлены тем, что оценки носят интервальный характер за счет разброса субъективных мнений экспертов.

Для сложных иерархических оценок это приводит к накоплению интервальных погрешностей оценивания, вплоть до нарушения транзитивности отношения предпочтения на альтернативных решениях. Решения, получаемые с помощью экспертных оценок, неустойчивы и плохо воспроизводимы. Они зависят от количественного и качественного состава экспертной группы, условий проведения экспертизы, профессионализма когнитологов и других факторов.

Таким образом, процедуры непосредственного количественного экспертного оценивания неточны и неустойчивы, что требует поиска формальных методов количественного определения параметров модели.

### Компараторная идентификация параметров модели оценивания кандидатов в команду проекта

Очевидно, что результаты, полученные в процессе качественного сравнения кандидатов в команду проекта, содержат богатую скрытую информацию, получить которую можно на основе методов "data mining", т.е. интеллектуального анализа данных для выявления скрытых закономерностей.

Одним из таких методов является компараторная идентификация параметров модели оценивания (4) [9, 10]. Теоретической основой метода является положение теории полезности, согласно которому более предпочтительная альтернатива имеет более высокую полезность, а эквивалентные альтернативы – равную полезность.

Математически это утверждение формулируется следующим образом:

если заданы решения  $x_1$  и  $x_2 \in X$ , то

$$x_1 \succ x_2 \Leftrightarrow P(x_1) > P(x_2), \quad (7)$$

или

$$x \sim x \Leftrightarrow P(x_1) = P(x_2), \quad (8)$$

где " $\succ$ " – знак отношения качественного порядка (лучше, предпочтительнее), ">" – знак отношения количественного порядка (больше), " $\sim$ " – знак эквивалентности, " $\Leftrightarrow$ " – знак соответствия.

На основании (7) и (8) можно записать нестрогое в общем случае неравенство:

$$P(x_2) - P(x_1) \leq 0, \quad (9)$$

Для аддитивной функции полезности (4) из (9) следует

$$\sum_{i=1}^n w_i q_i^{\text{norm}}(x_2) - \sum_{i=1}^n w_i q_i^{\text{norm}}(x_1) \leq 0; \quad (10)$$

$$i = \overline{1, n}.$$

Здесь  $q_i^{\text{norm}}(x)$ ,  $i = \overline{1, n}$  – известные численные значения,  $w_i$  – неизвестные параметры.

Неравенство (10) может быть преобразовано к виду:

$$\sum_{i=1}^n w_i [q_i^{\text{norm}}(x_2) - q_i^{\text{norm}}(x_1)] =$$

$$= \sum_{i=1}^n w_i \Delta q_i^{\text{norm}}(x_2, x_1) \leq 0; i = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Пусть группе экспертов предъявлено для сравнения  $m$  возможных альтернатив. Сравнивая их, эксперты формируют последовательность пар, находящихся в отношении строгого или нестрогого порядка. В результате будет получено в общем случае нестрогое отношение порядка вида:

$$x_1 \succsim x_2 \succsim x_3 \dots \succsim x_m, \quad (12)$$

где " $\succsim$ " обозначает нестрогое отношение порядка (лучше или эквивалентно)

На основании этой последовательности для каждой пары альтернатив можно сформировать неравенство вида (11). В результате получим систему неравенств:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n w_i \Delta q_i^{\text{norm}}(x_2, x_1) \leq 0; \\ \sum_{i=1}^n w_i \Delta q_i^{\text{norm}}(x_3, x_2) \leq 0; \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n w_i \Delta q_i^{\text{norm}}(x_m, x_{m-1}) \leq 0. \end{cases} \quad (13)$$

Если  $(m-1) \geq n$ , то система (13) определяет замкнутый многогранник в  $n$ -мерном пространстве параметров. При этом возможно определить точные численные значения всех параметров  $w_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . В противном случае, система (13) не имеет единственного решения, т.е. задача является некорректной. Некорректность рассматриваемой задачи связана с тем, что система неравенств (13) определяет  $n$ -мерный многогранник, любая точка которого является допустимым решением. Для решения задачи следует трансформировать её в корректную по Тихонову [2], для чего необходимо добавить к ней регуляризирующее правило.

Для регуляризации задачи необходимо задать правило выбора единственного решения. В качестве такого решения предлагается выбирать Чебышев-

скую точку, т.е. точку минимаксно удаленную от всех граней многогранника, ограничивающего множество допустимых решений, образованное системой (13). Чебышевская точка расположена в центре области допустимых решений и наиболее устойчива к возможным вариациям исходной системы неравенств.

Как показано в [10], определение Чебышевской точки является задачей линейного программирования вида:

$$A^\circ = \arg \max_j \min_j (\eta_j(A)), \quad j = \overline{1, m}, \quad (14)$$

где  $\eta_j, i = \overline{1, m}$  – ограничения-неравенства, которые входят в модель (13).

Метод компараторной идентификации параметров многофакторного оценивания более устойчив по сравнению с методом анализа иерархий, и менее трудоемок, так как не требует определения количественных оценок искомых параметров.

При выборе метода подбора кандидатов в команду проекта необходимо учитывать, что, в отличие от организационных структур предприятий, команды проекта существуют ограниченный срок и подвержены изменениям в ходе жизненного цикла проекта. Это делает неэффективным использование традиционных методов экспертного оценивания из-за их высокой трудоёмкости и недостаточной воспроизводимости результатов. Метод компараторной идентификации позволяет выполнить структурную и параметрическую идентификацию модели многофакторного выбора, что позволяет выполнить подбор кандидатов в команду проекта путём расчёта функции полезности. Вместе с тем, метод позволяет учитывать скрытую информацию, в том числе опыт принятия решений, который использует лицо, принимающее решение, при сравнении кандидатов. Это делает данный метод эффективным при разработке систем поддержки принятия решений по управлению трудовыми ресурсами, а также при решении других слабоформализованных многофакторных задач.

## Заключение

В данной работе рассмотрена актуальная научно-прикладная задача разработки методов решения задачи многокритериального выбора с использованием неформализованного опыта в приложении к задачам управления трудовыми ресурсами проекта. Показано, что данная задача является некорректной по Адамару и для её решения формально-математическими методами необходимо выполнить процедуру регуляризации.

Рассмотрены методы регуляризации задачи многокритериальной оптимизации. Показано, что известные на сегодняшний день методы дают не-

устойчивые решения из-за неточности и субъективности экспертного определения параметров.

Для количественной оценки параметров модели оценивания предложено использовать метод компараторной идентификации. Предложены вычислительные формулы и правила, позволяющие определять точные численные значения всех параметров модели.

Предложенные модели и метод могут применяться для принятия решений, требующих учёта неформализованной информации, в том числе опыта решения подобных задач. К таким задачам относятся многие задачи управления трудовыми ресурсами. В частности, при формировании команды проекта применение представленного метода позволит формализовать предпочтения лица, принимающего решения, и получить объективные численные оценки уровня компетентности кандидатов.

Полученные в работе результаты могут применяться при построении систем поддержки принятия решений для многофакторных задач с учётом неформализованной и слабоформализованной информации.

### Список литературы

1. Овезгельдыев А.О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / А.О. Овезгельдыев, Э.Г. Петров, К.Э. Петров. – К.: Наукова думка, 2002. – 161 с.
2. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач [Текст] / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М.: Наука, 1974. – 223 с.
3. Фишборн П. Теория полезности для принятия решений [Текст] / П. Фишборн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

4. Петров Э.Г. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах: Учебное пособие [Текст] / Э.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребенник, Н.А. Соколова. – Херсон: Олди-плюс, 2003. – 380 с.

5. Руа Б. Классификация и выбор при наличии нескольких критериев (метод Электра) [Текст] / Б. Руа // Вопросы анализа и процедуры принятия решений: Сборник переводов / Под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1976. – С. 80-107.

6. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений [Текст] / О.И. Ларичев. – М.: Логос, Университетская книга, 2006. – 296 с.

7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

8. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети [Текст] / Т.Л. Саати / Под ред. А.В. Андрейчикова, О.Н. Андрейчиковой. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

9. Овезгельдыев А.О. Компараторная идентификация моделей интеллектуальной деятельности [Текст] / А.О. Овезгельдыев, К.Э. Петров // Кибернетика и системный анализ. – 1996. – №5. – С. 48-58.

10. Петров К.Э. Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания: Монография [Текст] / К.Э. Петров, В.В. Крючковский. – Херсон: Олди-плюс, 2009. – 294 с.

Поступила в редколлегию 1.09.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.В. Малеева, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### ФОРМУВАННЯ КОМАНДИ ПРОЕКТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ КОМПАРАТОРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Н.В. Косенко

*Розглянуто застосування методу компараторної ідентифікації при управлінні трудовими ресурсами проекту. Дане завдання є завданням багатокритерійного вибору з використанням неформалізованого досвіду прийняття рішень. Для кількісної оцінки параметрів моделі оцінювання запропоновано використовувати метод компараторної ідентифікації. Запропоновані математичні вирази і правила, що дозволяють визначати чисельні значення всіх параметрів моделі.*

**Ключові слова:** система прийняття рішень, трудові ресурси, багатфакторне оцінювання, регуляризація, компараторна ідентифікація.

### FORMING OF COMMAND OF PROJECT WITH THE USE OF METHOD OF COMPARATOR AUTHENTICATION

N.V. Kosenko

*Application of method of comparator authentication is considered at a management the labour resources of project. This task is the task of multicriterion choice with the use of unformalized experience of making a decision. For the quantitative estimation of parameters of evaluation model it is suggested to utilize the method of comparator authentication. Mathematical expressions and rules, allowing to determine the numeral values of all of parameters of model, are offered.*

**Keywords:** system of making a decision, labour resources, multivariable evaluation, normalization, comparator authentication.