

## Анализ подходов к решению многокритериальной задачи поиска вариантов развития предприятия

*Национальный технический университет  
“Харьковский политехнический институт”*

Программы развития, разрабатываемые в процессе управления предприятиями, основаны на поиске наиболее эффективного набора проектов – вариантов усовершенствования производственных и организационных процессов. Широкий спектр показателей, влияющий на результативность деятельности, приводит к необходимости нахождения компромисса между различными критериями, что ведет к многокритериальным задачам выбора. В статье предложен подход к решению многокритериальной задачи поиска вариантов развития предприятия, основанный на формировании комплексных показателей эффективности на базе построенного “дерева” критериев и определении наилучшего варианта в пространстве полученных комплексных критериев.

**Ключевые слова:** принятие управленческих решений, многокритериальные задачи, оптимизация, критерии эффективности

**Состояние проблемы.** Методы решения задач математического программирования с одним критерием интенсивно разрабатывались многие годы. Однако любая серьезная производственно-экономическая задача характеризуется целым кортежем показателей эффективности. Попытки оценить эффективность функционирования сложной системы одним показателем зачастую приводят к получению решений неадекватных реальности. Поэтому менеджерам предприятий, как лицам принимающим решения, необходимо оценивать альтернативные управленческие воздействия с точки зрения набора критериев.

Проблематика оценивания по нескольким критериям относится к области многокритериальных задач принятия решений. Многокритериальные задачи условно делят на две группы: анализ решений по набору показателей и многокритериальная оптимизация (многокритериальное математическое программирование). Анализ решений по набору показателей наиболее часто применяется в ситуациях с небольшим числом альтернатив в условиях неопределенности, а также при решении общественных проблем. Многокритериальная оптимизация, в свою очередь, чаще используется при решении детерминированных задач с большим числом возможных альтернатив [1].

Методы решения многокритериальных задач будем условно классифицировать следующим образом:

- 1) построение обобщенного (интегрального) критерия:
  - построение “свертки” критериев (аддитивные, мультипликативные, с учетом “весов” критериев и без);
  - расчет “отклонений” от достижения целей (минимаксный, максимизации относительных степеней достижения целей, расчет сумм потерь и др.);
- 2) выделение приоритетного критерия и перевод остальных целевых функций в ограничения;
- 3) последовательная оптимизация (метод уступок, лексикографический подход, определение неподчиненных альтернатив, метод ELECTRE);

4) целевое программирование;

5) процедура, использующая так называемые функции полезности.

Наиболее употребляемыми подходами к формированию обобщенного критерия являются следующие свёртки критериев:

1) линейные (аддитивные): 
$$F_1(x) = \sum_{i=1}^m \rho_i k_i(x),$$

где  $k_i$  – критерий оптимизации,  $\rho_i$  – вес  $i$ -го критерия,  $i$  – номер критерия ( $i = \overline{1, m}$ );

2) мультипликативные: 
$$F_2(x) = \prod_{i=1}^m (k_i(x))^{\rho_i};$$

3) комбинированные, например, представимые в виде функционала  $F_3(F_1, F_2)$ , зависящего от параметров:

$$F_3(F_1, F_2) = \sum_{j=1}^2 \mu_j F_j(x), \quad \text{где } 0 \leq \rho_i, \mu_j \leq 1, \sum_{i=1}^m \rho_i = 1, \sum_{j=1}^n \mu_j = 1;$$

здесь  $\mu_j$  – вес  $j$ -го комплексного критерия ( $j = \overline{1, n}$ );

4) максиминный (минимаксный) критерии:

$$F_4(x) = \min \max k_i(x) \quad \text{или} \quad F_4(x) = \max \min k_i(x).$$

Предпочтение отдают аддитивному критерию, если существенное значение для рассматриваемой задачи имеют абсолютные значения критериев для выбранного набора параметров. Мультипликативный критерий целесообразно выбирать, если существенную роль играет изменение абсолютных значений отдельных критериев при вариации искомого параметра. В случае решения задачи достижения равенства нормированных значений противоречивых частных критериев выбирают максиминный или минимаксный критерий.

**Постановка задачи.** Выбор критериев эффективности является наиболее ответственным и сложным этапом при постановке задачи, поскольку цели, к которым стремится моделируемый объект, часто многогранны и противоречивы.

В данной работе полагаем, что эффективность деятельности производственно-экономической системы (предприятия) определяется набором целевых показателей. Необходимо определить программу развития предприятия, содержащую эффективный вариант развития в каждый рассматриваемый момент времени  $t$  планового периода для заданных целевых критериев.

**Метод решения задачи.** В работе [2] для решения задач поиска эффективных планов развития предприятия со многими критериями на примере немарковской динамической булевой задачи с алгоритмическими и аналитическими модельными представлениями в целевых функциях и ограничениях был предложен подход, базирующийся на методе уступок и методе неявного перебора.

Обоснованием выбора метода уступок послужила возможность разработки модификации метода неявного перебора для многокритериальных дискретных задач поиска планов развития без повышения сложности подзадачи поиска верхних и нижних границ. Однако данный подход не позволяет находить множество всех Парето-оптимальных решений. Кроме того, метод последовательных усту-

пок, являясь чрезвычайно простым и понятным в реализации, обладает такими недостатками, как субъективизм в ранжировании критериев и сложность задания величин уступок.

Для устранения указанных недостатков можно использовать метод, который основан на формировании комплексных оценок критериев, полученных путем построения иерархической структуры дерева целевых критериев, и поиске оптимального решения в пространстве полученных комплексных критериев.

Идея данного подхода, прежде всего, предполагает выявление в процессе диагностики предприятия показателей эффективности, которые будут использоваться для оценки эффективности его деятельности. Параллельно необходимо оценить, насколько ценно для предприятия достижение критерием того или иного значения. На основании полученной информации следует построить иерархическую структуру критериев и рассчитать агрегированную оценку критериев для каждой “ветви” дерева, учитывая его структуру на нижних уровнях.

Допустим, каждый вариант развития предприятия характеризуется пятью

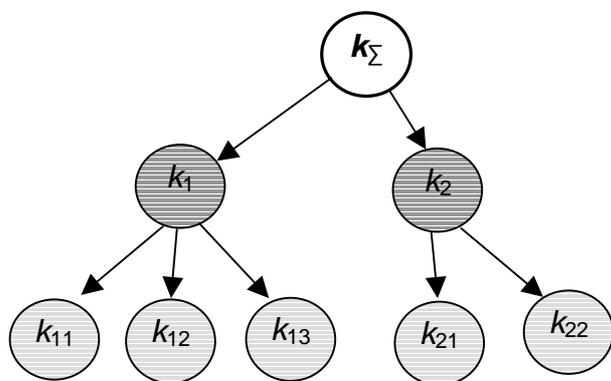


Рисунок 1 – Иерархическая структура критериев эффективности

показателями. Условно назовем их: доход от внедрения (определяет количество продаж, т.е. долю охваченного конкурентного рынка); затраты на реализацию (характеризует изменения себестоимости продукции); экономическая эффективность (удельный доход или удельные затраты); неопределенность (количество информации о последствиях внедрения) и безопасность (техническая, технологическая, информационная и т.п.). После группировки критериев расположим их по уровням иерархии. На рис. 1 критерии

обозначены  $k_{11}, k_{12}, k_{13}, k_{21}, k_{22}$ .

Немаловажным практическим достоинством использования “дерева” критериев является разделение ответственности экспертов по рассматриваемым направлениям и уровням. В этом случае каждый специалист будет отвечать за некоторую конкретную область и формировать промежуточную оценку, её характеризующую. Таким образом, с учетом уровней будут сформированы весовые коэффициенты  $\rho_{ij}$  для каждого из критериев ( $i = 1, m_j, m_j$  – количество критериев на “ветке”).

Для получения комплексных критериев  $k_1$  (прибыльность) и  $k_2$  (уровень риска) будем использовать свертки из класса линейных вида

$$k_j = \sum_{i=1}^{m_j} \rho_{ij} k_{ij} .$$

Такой класс является наиболее обозримым, однако, в свою очередь, обладает недостатком: возможны ситуации, когда все эффективные решения не будут учтены. Отраженный на рис. 2, а план  $S_2$  будет потерян, поскольку при любых значениях весовых коэффициентов  $\rho_1$  и  $\rho_2$  будут выбраны планы  $S_1$  и  $S_3$ . Для

решения возникшей проблемы необходимо прибегнуть к нелинейным преобразованиям:

$$k'_1 = f(k_1), \quad k'_2 = f(k_2).$$

В случае, как на рис. 2, б, можно подобрать значения весов так, что ни один из вариантов не будет упущен.

После определения комплексных критериев эффективности для выбора единственного решения задачи оптимизации вариантов развития необходимо искать альтернативу, наиболее близкую к “идеальному” состоянию по всем критериям.

Выбор единственного варианта принятия решений из множества эффективных вариантов может быть основан на сравнении с системой показателей – аналогом сбалансированной системы показателей (ССП) [3]. В случае наличия ССП информация о факторах успеха, наборе целевых значений показателей эффективности изначально присутствует. Однако, к сожалению, далеко не на всех отечественных предприятиях разработана сбалансированная система показателей и система стратегического управления в целом.

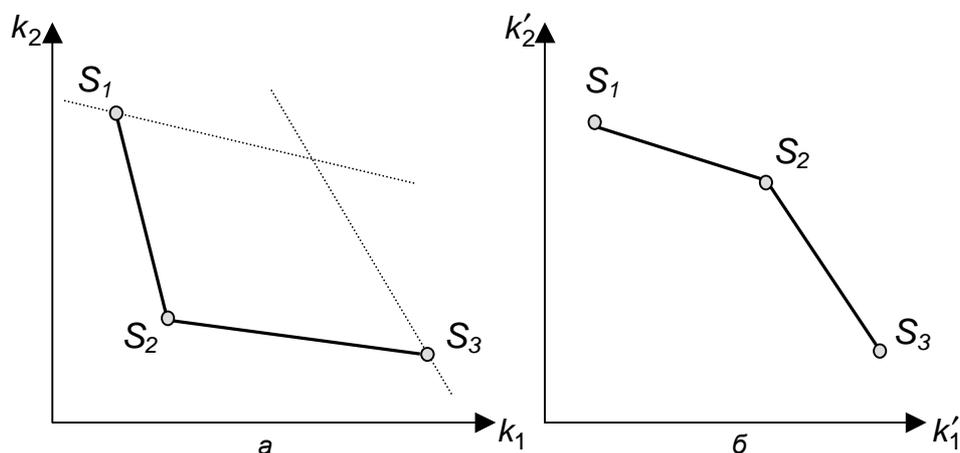


Рисунок 2 – Нелинейные преобразования критериев

В случае отсутствия экспертных процедур определения “идеального” решения в рассматриваемом случае мы пришли к необходимости решить двухкритериальную задачу выбора оптимального варианта развития. Для этого вначале определим наилучшее решение по одному из комплексных критериев, например прибыльности. Решая оптимизационную задачу, получим решение и соответствующее максимальное значение целевого критерия:

$$\max f_1(x_{gt}) = f_1^*, \quad \sum_{g=1}^M x_{gt} = 1, \quad x_{gt} \in \{0,1\}, \quad t = \overline{1,T}, \quad g = \overline{1,M},$$

где  $T$  – плановый период;  $x_{gt}$  – булева переменная, равная “1” в случае внедрения варианта развития в году  $t$  и равная “0” в противном случае;  $g$  – номер варианта развития;  $M$  – множество вариантов развития.

Затем найдем оптимальное решение по другому критерию, определим минимум по критерию рискованности:

$$\min f_2(x_{gt}) = f_2^*, \quad \sum_{g=1}^M x_{gt} = 1, \quad x_{gt} \in \{0,1\}, \quad t = \overline{1, T}, \quad g = \overline{1, M}.$$

По результатам расчетов можно построить “идеальную” точку в пространстве комплексных критериев, имеющую координаты  $(f_1^*, f_2^*)$ . Дальнейший перебор вариантов развития будет предполагать выполнение условия минимизации расстояния до “идеальной” точки. Для расчета расстояния можно использовать стандартную евклидову меру:

$$r(f, f^*) = \sqrt{(f_1 - f_1^*)^2 + (f_2 - f_2^*)^2}.$$

В общем случае такой вариант развития не всегда является оптимальным, но он, по праву, может считаться наиболее предпочтительным по совокупности критериев. Таким образом, возможность определить множество эффективных решений получена.

### Выводы

В работе предложен подход к решению многокритериальной задачи поиска вариантов развития предприятия, который предполагает формирование комплексных критериев на базе иерархической структуры показателей эффективности деятельности с целью выбора в последующем наилучшего варианта в пространстве указанных критериев. К важным его достоинствам относятся: простота практической реализации; оптимизация процесса принятия управленческих решений за счет разделения ответственности руководителя и экспертов, которым делегированы полномочия по направлениям и уровням; возможность максимального приближения к целевым значениям всех критериев одновременно. Дальнейшие исследования предполагают обобщение предложенного подхода на случай необходимости учета возможности привлечения инвестиционных средств на развитие.

### Список литературы

1. Кононенко И.В. Модель и метод решения многокритериальной задачи формирования плана развития предприятия с использованием алгоритмических и аналитических целевых функций и ограничений / И.В. Кононенко, Н.В. Шатохина // Приборостроение–2003: материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. – Винница – Кореиз, 2003. – С. 149–152.
2. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Т.Р. Брахман.– М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
3. Norton D., Kaplan R. “The Balanced Scorecard: translating strategy into action”. – Harvard: Harvard Business Press, 1996.

**Рецензент:** к-т техн. наук, доц. Т.Н. Ефременко,  
Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

Поступила в редакцию 19.05.09

## **Аналіз підходів до розв'язання багатокритеріальної задачі пошуку варіантів розвитку підприємства**

Програми розвитку, що розроблюються в процесі управління підприємствами, ґрунтовані на пошуку найбільш ефективного набору проектів, тобто варіантів удосконалення виробничих і організаційних процесів. Широкий спектр показників, що впливає на результативність діяльності, приводить до необхідності пошуку компромісу між різними критеріями, що веде до багатокритеріальних задач вибору. У статті запропоновано підхід до розв'язання багатокритеріальної задачі пошуку варіантів розвитку підприємства, який базується на формуванні комплексних показників ефективності на основі побудованого "дерева" критеріїв і визначенні найкращого варіанта в просторі отриманих комплексних критеріїв.

**Ключові слова:** прийняття керуючих рішень, багатокритеріальні завдання, оптимізація, критерії ефективності

## **The analysis of approaches for decision of multicriterion search problem of enterprise development variant**

Plans for expansion, which within process of enterprise management are developed, based on search of the most effective project set, that is the set of improvement variants for manufacturing and organization processes. Wide activities spectrum, which have an influence on company performance, leads to necessity of finding compromise between different criteria. That leads us to multicriterion problems of selection. In this article approach to solution of multicriterion search problem of best-case enterprise development variants is proposed. It grounds on forming of complex effectiveness characteristics which based on previously built criteria "tree" and determination of optimal variant in space of obtained complex criteria.

**Keywords:** making the managerial decisions, multicriterion problems, optimization, criteria of efficiency