

УДК 519.816

## РАНЖИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Б.Ю. РУТМАН, Б.В. НИКУЛЬШИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 14 апреля 2010*

Представлен метод принятия решений на базе матрицы выигрышей "условия-альтернативы" большой размерности. Описаны алгоритмы расчета выигрышей с помощью обобщенных оценок неоднородных векторов частных показателей на основании шкалы Харрингтона, а также приведен способ определения весов частных показателей.

*Ключевые слова:* лицо, принимающее решение (ЛПР), система предпочтений лица принимающего решение (СП ЛПР), матрица большой размерности (МБР), шкала Харрингтона, вектор показателей.

### Введение

В основе принятия решений лежит оценка качества исследуемых объектов по вектору показателей. Определение значений показателей позволяет оценить рассматриваемый инвестиционный объект с позиций приемлемости для дальнейшего анализа, произвести сравнительную оценку ряда конкурирующих инвестиционных объектов и их ранжирование, осуществить выбор совокупности инвестиционных проектов, обеспечивающих заданное соотношение эффективности и риска.

Данная работа является развитием метода РАМБР (ранжирование альтернатив матрицей большой размерности) [1], предназначенного для выбора наилучшего из рассматриваемых однородных проектов. Работа направлена на снятие ограничения "однородности" исследуемых проектов для метода РАМБР.

Метод основан на построении игровой матрицы, заполняемой обобщенными оценками конкурирующих проектов, сформированных путем аддитивных преобразований вектора частных показателей.

Реализация метода в соответствии с [1] оказывается проблематичной в случае, когда каждый проект характеризуется своим специфическим набором показателей либо вектора частично пересекаются. Для решения проблемы анализа при разнородности показателей проектов предлагается метод, основанный на их приведении к безразмерному виду с помощью шкалы Харрингтона [2].

Второй проблемой является определение весов частных показателей для расчета обобщенной оценки. В случае однородных проектов веса рассчитываются исходя из разброса проектных оценок альтернатив по рассматриваемому частному показателю. В случае неоднородности такой подход неприменим. В данной работе предлагается способ расчета весов частных показателей исходя из их допустимых граничных значений.

Ранжирование конкурирующих проектов осуществляется критериями принятия решений в условиях риска и неопределенности [3], применяемых к матрице большой размерности с оценками в виде аддитивной свертки частных показателей по каждому проекту при различных внешних условиях. Для этой цели производится расчет весов частных показателей для каждого проекта. Вес показателя зависит от ширины его допустимого диапазона значений, а

также расположения допустимого диапазона по отношению к экстремальному значению в данной предметной области.

### Исходные данные

Для построения матрицы и принятия решения необходимы следующие исходные данные:

1) набор конкурирующих проектов  $n=1\dots N$ , где  $N$  — число проектов. Данные представляются вектор-столбцом;

2) вектора показателей размерностью  $L_n$ , применяемых для оценки каждого проекта. Данные сводятся в матрицу;

3) оценки показателей для всех векторов, соответствующие границам уровней плохо, удовлетворительно, хорошо и очень хорошо применимых для соответствующих проектов. Такие оценки соответствуют лингвистической шкале Харрингтона в данной предметной области. Данные сводятся в  $N$  матриц;

4) оценки конкурирующих проектов по собственному вектору показателей. Данные сводятся в  $N$  матриц.

Каждая такая оценка представляет собой "выигрыш", получаемый по рассматриваемому показателю при реализации данного проекта. Причем этот выигрыш не выходит из соответствующего диапазона принятого в предметной области данного проекта.

### Этапы метода

Для сравнительного анализа разнородных конкурирующих между собой проектов необходимо выполнить следующие шаги:

1) определить список конкурирующих проектов;

2) составить множество векторов показателей, привлекаемых к оценке каждого проекта.

В общем случае, данные вектора могут не пересекаться;

3) сформировать для каждого показателя совокупность граничных оценок, соответствующих лингвистической шкале Харрингтона в данной предметной области;

4) сформировать для каждого проекта оценки рассматриваемых показателей по шкале Харрингтона;

5) зафиксировать для каждого показателя проекта граничные значения, при которых проект считается допустимым;

6) рассчитать веса показателей в векторах на базе граничных значений;

7) привести совокупность целевых оценок к безразмерному виду;

8) свернуть оценки показателей для получения обобщенных оценок проектов;

9) выбрать наилучший из конкурирующих проектов с помощью построения игровой матрицы большой размерности.

### Шкала Харрингтона

Для получения нормированных оценок альтернатив по критериям используется шкала Харрингтона. Этот подход представляет собой формирование шкалы соответствий между отношениями предпочтений в эмпирической и числовой системе в виде стандартных отметок (шкалы предпочтений). Соответствие первичной пятибалльной системы шкале Харрингтона представлено в таблице. Указанные в таблице зоны предпочтений показаны на рис. 1 горизонтальными линиями.

Объединение двух шкал производится функцией принадлежности, выбор которой составляет второй этап шкалирования входной информации. Для функций принадлежности сформулированы требования непрерывности, гладкости и монотонности. Кроме того, чувствительность функции в областях, близких к 0 и 1, должна быть существенно ниже, чем в средней зоне. Таким требованиям удовлетворяет функция Харрингтона [2], определяемая в общем виде соотношением

$$d = e^{-e^{-R}},$$

где  $d$  — значения шкалы предпочтений,  $R$  — значения лингвистической шкалы  $L$ .

### Объединенная шкала Харрингтона

Интенсивность свойства в балльной шкале	Шкала Харрингтона		
	Интенсивность свойства в вербальной шкале	Интервалы оценок	Средняя оценка
1	Очень низкая (очень плохо)	0–0,2	0,1
2	Низкая (плохо)	0,2–0,37	0,28
3	Средняя (удовлетворительно)	0,37–0,63	0,5
4	Высокая (хорошо)	0,63–0,8	0,71
5	Очень высокая (очень хорошо)	0,8–1	0,9

Для лингвистической шкалы  $L=[-5; 5]$  функция Харрингтона графически показана на рис. 1.

При наложении шкалы Харрингтона на функцию принадлежности выделяются характерные точки:

- 1)  $A_{НОМ} \in d=0; R=R_{МАХ}$  — нижняя граница зоны "очень плохо";
- 2)  $A_{НОМ} \in d=0,2$  — нижняя граница зоны "плохо";
- 3)  $A_{НОМ} + \Delta^+ \in d=1/e; R=0$  — нижняя граница зоны "удовлетворительно";
- 4)  $ПС_{МАХ} \in d=1-1/e$  — нижняя граница зоны "хорошо";
- 5)  $АС_{МАХ} \in d=0,8$  — нижняя граница зоны "очень хорошо".

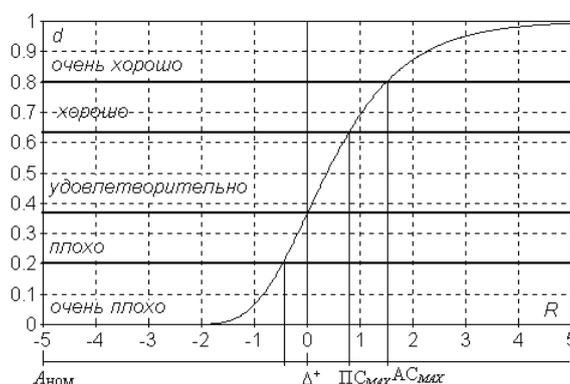


Рис. 1. Шкала Харрингтона

### Приведение показателей к безразмерному виду

Для приведения показателей к безразмерному виду необходимо:

- 1) связать с лингвистической шкалой Харрингтона значения рассматриваемого показателя в данной предметной области;
- 2) нанести эти значения на ось  $R$  графика функции Харрингтона в точки, соответствующие их лингвистической оценке по оси  $d$ ;
- 3) отложить по оси  $R$  значение рассматриваемого показателя;
- 4) получить безразмерную величину показателя, определяемую функцией Харрингтона по оси  $d$ .

Таким образом, безразмерное значение  $E$ , соответствующее заданному значению  $r$  показателя, равно величине функции принадлежности Харрингтона в точке  $R$ , и определяется следующими соотношениями:

$$E = d(R) = d\left(R_H + \frac{R_B - R_H}{r_B - r_H} (r - r_H)\right), r_H < r < r_B,$$

где  $R_H$  и  $R_B$  — границы соответствующей зоны шкалы Харрингтона, а  $r_H$  и  $r_B$  — значения рассматриваемого показателя, связанные с данными границами шкалы Харрингтона для данной предметной области.

## Расчет весов показателей

Для расчета весов показателей вектора, привлекаемого к оцениванию проекта, необходимо:

- 1) определить для каждого показателя проекта минимальное и максимальное допустимые значения, при которых проект считается допустимым;
- 2) привести допустимые значения к безразмерному виду, в результате чего все показатели попадут в закрытый интервал  $[0; 1]$  (рис. 2);
- 3) рассчитать веса показателей, используя (1).

Вес показателя зависит от ширины его допустимого диапазона значений, а также близости допустимого диапазона к экстремальному значению в данной предметной области. Чем уже допустимый диапазон, а также ближе либо дальше (в соответствии с системой предпочтений эксперта) по отношению к экстремуму (к единице на рис. 2), тем больше вес такого показателя по отношению к проекту. Если  $\varphi_i$  — вес показателя;  $\varphi_i^1$  и  $\varphi_i^2$  — компоненты веса, зависящие от ширины диапазона значений и расположения относительно экстремума, а  $\varphi_i^{21}$  и  $\varphi_i^{22}$  — компоненты веса, зависящие от близости и удаленности от экстремума, тогда можно представить:

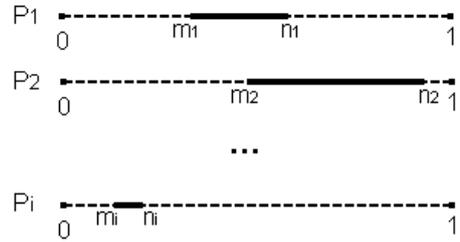


Рис. 2. Проекция оценок показателей на интервал  $[0; 1]$

$$\varphi_i = \alpha\varphi_i^1 + (1 - \alpha)\varphi_i^2,$$

$$\text{где } \varphi_i^2 = \beta\varphi_i^{21} + (1 - \beta)\varphi_i^{22}; \quad \Delta_i^1 = n_i - m_i; \quad \varphi_i^1 = \frac{1 - \Delta_i^1}{\sum_{j=1}^k (1 - \Delta_j^1)} = \frac{1 - (n_i - m_i)}{\sum_{j=1}^k (1 - (n_j - m_j))}; \quad \Delta_i^2 = 1 - n_i;$$

$$\varphi_i^{21} = \frac{1 - \Delta_i^2}{\sum_{j=1}^k (1 - \Delta_j^2)} = \frac{1 - (1 - n_i)}{\sum_{j=1}^k (1 - (1 - n_j))} = \frac{n_i}{\sum_{j=1}^k n_j}; \quad \varphi_i^{22} = \frac{1 - m_i}{\sum_{j=1}^k (1 - m_j)},$$

$$\varphi_i = \alpha \frac{1 - (n_i - m_i)}{\sum_{j=1}^k (1 - (n_j - m_j))} + (1 - \alpha) \left( \beta \frac{n_i}{\sum_{j=1}^k n_j} + (1 - \beta) \frac{1 - m_i}{\sum_{j=1}^k (1 - m_j)} \right). \quad (1)$$

Веса показателей рассчитываются следующим образом. Задан вектор показателей  $P = \{P_i | P_i \in [m_i, n_i], m_i \geq 0, n_i \leq 1\}, i = 1 \dots k$ . Вес каждого показателя  $\varphi_i$  рассчитывается, используя соотношение (1), где  $\alpha$  — коэффициент предпочтения ширины диапазона перед расположением относительно экстремума;  $\beta$  — коэффициент предпочтения близости диапазона к экстремуму перед удаленностью. Коэффициенты определяются экспертом в интервале  $\alpha \in [0; 1], \beta \in [0; 1]$ .

## Матрица выигрышей

Для построения матрицы выигрышей, используемой для ранжирования проектов, необходимо:

- 1) определить для каждого проекта совокупность целевых оценок, соответствующих вектору показателей, привлекаемого к оценке каждого проекта;
- 2) привести данные оценки к безразмерному виду;
- 3) рассчитать обобщенные оценки проектов, используя соотношение (2);
- 4) задавая разброс обобщенных оценок, отражающий изменения внешней среды, эмулировать внешние условия. Разброс задается путем дискретного изменения целевых оценок в процентном отношении как в большую, так и в меньшую стороны;
- 5) рассчитать обобщенные оценки проектов для всего диапазона условий функционирования;

б) заполнить матрицу выигрышей обобщенными оценками.

Обобщенная оценка  $M$  проекта рассчитывается с использованием аддитивного преобразования вектора безразмерных оценок  $E=\{E_i\}$ ,  $i=1\dots k$ :

$$M = \sum_{i=1}^k \varphi_i E_i, \quad (2)$$

где  $\varphi=\{\varphi_i\}$ ,  $i=1\dots k$ , — совокупность весов показателей.

Ранжирование и выбор наилучшего проекта ведется в дальнейшем согласно [1].

### Заключение

Оценка эффективности инвестиций является наиболее ответственным этапом принятия инвестиционного решения, от результатов которого в значительной мере зависит степень реализации цели инвестирования. В свою очередь, объективность и достоверность полученных результатов во многом обусловлена используемыми методами анализа. В связи с этим важно рассмотреть существующие подходы к оценке эффективности инвестиций и определить возможности их применения с целью рационального выбора вариантов инвестирования.

В данной работе предложен метод построения матрицы выигрышей для многокритериального анализа конкурирующих проектов при выборе наилучшего из них. Метод ранжирования опирается на игровую матрицу большой размерности, заполненную обобщенными оценками конкурирующих проектов. Приведенный метод заключается в следующем:

1) вводятся исходные данные (набор конкурирующих проектов, вектора показателей, Оценки, соответствующие лингвистической шкале Харрингтона, оценки проектов по показателям);

2) исходные данные приводятся к безразмерному виду;

3) рассчитываются необходимые параметры (веса показателей, обобщенные оценки конкурирующих проектов);

4) эмулируются изменения внешних условий;

5) строится игровая матрица, содержащая обобщенные оценки конкурирующих проектов;

6) производится ранжирование проектов методом РАМБР.

## RANKING PROJECTS OF DIFFERENT NATURE

B.Y. RUTMAN, B.V. NIKULSHIN

### Abstract

The method of decision-making, based on a matrix of winnings "conditions - an alternative" of large dimension. The algorithm calculate the gains by using the generalized evaluations of inhomogeneous vectors of individual parameters on the basis of the scale of Harrington, and also provides a method of determining the weights of individual parameters.

### Литература

1. Рутман Б.Ю., Никульшин Б.В. // Докл. БГУИР. 2009. № 3. С. 102–106.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., 1976.
3. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М., 1990.