

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Излагаются основные принципы оценки сравнительной эффективности инновационных проектов. Раскрывается метод предпочтений как инструмент определения сравнительной эффективности. Даются рекомендации по применению метода.

Ключевые слова: управление, инновации, моделирование, экспертные оценки, эффективность.

I. A. Romanov

APPLICATION OF THE THEORY OF PREFERENCES AT THE ANALYSIS OF THE INNOVATIVE PROJECT

Main principles of an estimation of comparative efficiency of innovative projects are stated. The method of preferences as the tool of definition of comparative efficiency reveals. Recommendations about method application are made.

Key words: management, innovations, modeling, expert estimations, efficiency.

Эффективность инновационного проекта характеристика, определяемая по выбранным критериям или функции полезности. Она показывает степень соответствия инновационного проекта его целям и интересам его участников [1]. Степень соответствия может быть оценена по разному, включая экспертные оценки. Однако оценка эффективности проекта разными экспертами может быть различной. Эффективность инновационных проектов может оцениваться количественными и качественными характеристиками. При анализе инновационных проектов используются показатели общей и/или сравнительной эффективности.

Показатели общей эффективности или «жесткие показатели» позволяют оценить эффективность инноваций на основе количественных методов и расчетов при учете определяемых и измеряемых параметров. Как правило, в основе такого количественного метода заложен алгоритм, требующий определенного набора параметров, одинаковых для всех сравниваемых проектов. Если проекты качественно разные или имеют разные наборы параметров, такой метод не применим.

Показатели сравнительной эффективности или «мягкие показатели» дают возможность выбрать проекты из числа анализиру-

емых на основе сравнения между собой. Это позволяет проводить сравнение для проектов с разными параметрами, а также тогда, когда они не поддаются алгоритмическому оцениванию. В результате сравнения создается таблица рангов проектов и соответствующих показателей. Наиболее эффективный проект имеет максимальный интегральный показатель, полученный на основе сравнения проектов. Кроме того, в процессе такого сравнения возможно ранжирование всех проектов по степени эффективности в сравниваемой группе.

Методы экспертного оценивания различаются способом представления информации и методами обработки экспертных знаний. В рассматриваемом случае постановка задачи следующая.

Имеется совокупность проектов. Необходимо выбрать из совокупности проект с максимальной эффективностью на основе предпочтительности экспертов. Желательно задать отношения порядка, то есть ранжировать проекты в порядке предпочтительности экспертов. Рассмотрим эти условия как ситуацию наличия множества альтернатив (проектов), среди которых надо выбрать альтернативу (проект), отвечающую определенным критериям (предпочтениям экспертов).

Решение проблемы выбора может основываться на отношениях порядка среди альтернатив (каждой альтернативе ставится в соответствие некоторое число) или на отношениях включения (модель, основанная на принадлежности альтернатив к некоторому множеству).

Среди методов классического подхода к решению данной проблемы наибольшей универсальностью и теоретической обоснованностью обладают методы теории полезности [2], предпочтений [3, 4, 5], методы теории нечетких множеств [6] и метод анализа иерархий [7].

Теория многомерной полезности позволяет получить функцию многомерной полезности, максимальное значение которой соответствует наиболее предпочтительному варианту. Многомерная функция полезности обычно получается как аддитивная или мультипликативная комбинация одномерных функций, которые строятся на основании опроса экспертов и позволяют провести ранжирование возможных исходов без взаимного сравнения альтернатив. При этом делается допущение о взаимной независимости критериев по полезности [2]. Процедура построения функции полезности требует привлечения значительных объемов информации и является достаточно трудоемкой.

Теория нечетких множеств, предложенная Л. Заде [6], позволяет представить знания о предпочтительности альтернатив по различным критериям с помощью нечетких множеств. Формирование нечетких множеств является простой по методу, но более трудоемкой по реализации процедурой, чем построение функций полезности.

Для выявления лучших вариантов по совокупности критериев необходимо иметь априорную информацию о важности критериев и типах возможных отношений между ними. Теория нечетких множеств предоставляет различные средства для учета взаимных отношений критериев: использование весовых коэффициентов, нечеткие отношения предпочтения, нечеткий логический вывод на правилах определения лучшей альтернативы и т. д. Теория полезности менее требовательная к исходной информации, чем теория нечетких множеств.

Метод анализа иерархий [7] основан на парных сравнениях альтернативных вариантов по различным критериям с использованием девятибалльной шкалы и последующим ранжированием набора альтернатив по всем критериям и целям. Взаимоотношения между критериями учитываются путем построения иерархии критериев и применением парных сравнений для выявления важности критериев и под-критериев.

Метод отличается простотой и дает хорошее соответствие интуитивным представлениям. Главным недостатком этого подхода является большое количество требуемой экспертной информации, которая представляет собой множество оценок предпочтительности, полученных в процессе парного сравнения альтернатив и критериев.

Метод имеет ограничение на количество одновременно сравниваемых альтернатив (не рекомендуется больше 9). Это связано с установленным психологами фактом, что обычному человеку трудно осуществлять рациональный выбор, если число объектов выбора превышает 7 ± 2 [7]. Благодаря простоте метод хорошо подходит для решения динамических задач принятия решений. При этом возникают возможности для оценки последствий принимаемых решений.

Теория предпочтений позволяет в условиях риска и неопределенности получить оценку предпочтительности, максимальное значение которой соответствует наиболее предпочтительному варианту. Достоинством подхода, основанного на теории предпочтений, является возможность оценки любого количества альтернативных вариантов и его простота.

Другим достоинством этого подхода является возможность получения оценки при нарушении условия транзитивности. Это означает, что можно получать решение при использовании противоречивой информации, что не допускается многими подходами.

В основополагающих работах по теории предпочтений Неймана Дж., Моргенштерна О. [3], и Льюиса Р.Д., Райфа Х. [8] и ряде других [4, 9] предпочтение связывается с индивидом, т.е. лицом принимающим решение (ЛПР). Оно рассматривается, как возможность ЛПР (в нашем случае эксперта) принять решение на основе выбранной им системы предпочтений.

Таким образом, система предпочтений и далее методы предпочтений представляют собой совокупность формализуемых методов с включением интеллектуального анализа, проводимого экспертом. Теория предпочтений строится на основе обобщенных оценок с использованием теории множеств. По существу при таком подходе приходится оперировать с бинарными отношениями.

Двумерным или бинарным отношением R называется подмножество пар $(a, b) \in R$ декартового произведения $M_1 \times M_2$, т.е. $R \subseteq M_1 \times M_2$. Множество M_1 называют областью определения, множество M_2 – областью значений.

Возможно рассмотрение отношения R между парами одного и того же множества

М. В этом случае $R \subseteq M$. Если (a, b) находятся в отношении R , то это записывается как aRb . Бинарные отношения задаются списком или матрицей. Определить набор бинарных отношений на заданном множестве – одна из типичных задач теории предпочтений.

Для получения оценок предпочтительности и выявления предпочтения необходимо использовать критерий предпочтения. Например, таким критерием может быть отношение "больше" " $>$ ".

В общем случае определение критерия предпочтения связано с экспертной оценкой полезности. При рассмотрении информационных моделей понятие предпочтительности связано с прагматической частью модели [4, 5]

Выражение «А предпочтительнее В на основе функции полезности (критерия предпочтения или предпочтительности) F_0 » можно записать как

$$F_0: B \Rightarrow A$$

$\Rightarrow$ – символ предпочтения. Он показывает более предпочтительную величину. Что скрывается за этим символом?

Этот символ показывает предпочтение, которое может выражать разные виды сравнений:

- отношения «больше», «меньше»;
- экспертную оценку «более предпочтительно», «менее предпочтительно»;
- качественные сравнения «светлее», «темнее»;
- понятиями "высокий рейтинг", низкий рейтинг";
- вероятностные характеристики "более значимо", менее значимо";
- вероятностные характеристики «возможнее» и т.д.

Первые пять сравнительных оценок выражены оппозиционными переменными. При реальном сравнении выбирается одна из них

Результатом оценки предпочтения (область значений) могут быть следующие значения "предпочтительно", "эквивалентно", "не определено".

Выражение «А эквивалентно В на основе критерия F_1 » можно записать как

$$F_1: B \Leftrightarrow A$$

- символ эквивалентности.

Выражение "предпочтительность А не определена относительно В по критерию F_2 " можно записать как

$$F_2: B \sim A$$

$\sim$ – символ неопределенности.

Функцией полезности называется функция $u(x)$, определенная на упорядоченном множестве X . Если для всех $(x, y) \in X$ $x \Rightarrow y$, то можно записать $x \Rightarrow y \Leftrightarrow u(x) \geq u(y)$.

На этом примере мы использовали возможность переноса свойств аргументов на свойства функции. Функция может быть экспертной. Следовательно, экспертная оценка дает возможность выявить предпочтительность аналогично числовым критериям.

Однако при этом необходимо учитывать отношения иерархии в области определения. Нельзя сравнивать «все со всем» без учета отношений иерархии между объектами сравнения. Парные сравнения возможны для объектов, расположенных только на одном уровне иерархии или принадлежащими одному классу. Это является ограничением данного метода.

Рассмотрим пример выбора рационального варианта развития транспортной системы (авиа, авто и ЖД) между городами М и СП. В качестве альтернативных вариантов проектов рассматриваются следующие.

A1 – развитие существующей системы авиационного, авто и железнодорожного транспорта с модернизацией каждого вида;

A2 – перевод перевозок на сверхскоростной железнодорожный транспорт;

A3 – развитие только железнодорожного транспорта (сверхскоростного и обычного);

A4 – использование всех трех видов транспорта, при сокращении авиатранспорта, увеличении автотранспорта и сохранении объемов обычного железнодорожного транспорта

A5 – использование всех трех видов транспорта, при сохранении авиатранспорта и развитие развитии железнодорожного транспорта (сверхскоростного и обычного) и автотранспорта;

Результаты экспертной оценки вариантов записываются в матрицу парных сравнений (МПС). Отметим, что в этом анализе рассматривается интегральная характеристика. Которую каждый эксперт оценивает исходя из своего опыта.

В теории предпочтений возможны три вида оценок [8]: бинарные, аддитивные и мультипликативные. При бинарном оценивании оценка «А предпочтительнее В» на основе критерия F_0 .

$$F_0: B \Rightarrow A$$

Результат приводит к тому, что в МПС «А» получает оценку «1», а «В» оценку «0». Бинарная оценка предпочтительности отражает качество «да», «нет». Эквивалентность оценивается $\frac{1}{2}$.

При аддитивном оценивании задается верхняя и нижняя оценка (ВО и НО). Задается максимальное значение МО, которое является постоянной и равно $МО = ВО + НО$. Например, $М = 10$. Если $ВО = 10$, то $НО = 0$. Если $ВО = 7$, то $НО = 3$ и

т.д. Аддитивная оценка позволяет не только отразить наличие предпочтительности, но и показать степень предпочтительности оценок.

В приведенном примере оценка «А предпочтительнее И» $F0: B \Rightarrow A$ приводит

к тому, что в МПС «А» получает оценку « $X < MO$ », а «В» оценку « $MO - X$ ». Есть еще мультипликативная оценка [8]. Она показывает зависимость оценок. Пример бинарной оценки, приведенных выше альтернатив, в дан таблице 1.

Таблица 1

Бинарная оценка альтернатив

Альтернатива	A1	A2	A3	A4	A5	Σ	Рейтинг
A1	A	1	0	0	0	1	4
A2	0	A	0	0	0	0	5
A3	1	1	A	1/2	0	2.5	2-3
A4	1	1	1/2	A	0	2.5	2-3
A5	1	1	1	1	A	4	1

Сумма оценок предпочтительности характеризует рейтинг альтернативы среды выбранной совокупности. Наиболее предпочтительным является проект А5. Следующи-

ми по рейтингу идут проекты А3 и А4. Они имеют равные рейтинги.

В таблице 2 приведена аддитивная оценка альтернатив.

Таблица 2

Аддитивная оценка альтернатив

Альтернатива	A1	A2	A3	A4	A5	Σ	Рейтинг
A1	A	6	4	3	4	17	4
A2	4	A	4	4	3	15	5
A3	6	6	A	4	4	20	3
A4	7	6	6	A	4	23	2
A5	6	7	6	6	A	25	1

В таблице 1 имели место два одинаковых рейтинга, что обусловлено грубой оценкой. В таблице 2 дается более точное оценивание и можно сравнить разброс альтернатив. Наиболее предпочтительным также является проект А5. Следующими по рейтингу идут проекты А4 и А3. Они имеют разные рейтинги, что обусловлено большей избирательностью аддитивного подхода.

Бинарный подход предпочтительнее, когда надо выбрать одну главную альтернативу. Аддитивный и мультипликативный подходы удобны при необходимости детального сравнительного анализа альтернатив, а не только выбора самой предпочтительной альтернативы. Следовательно, бинарный подход сокращает время и упрощает анализ, но снижает точность оценки по группе. Каждый эксперт может составить свою таблицу. Совокупность таблиц, составленных всеми экспертами, дает основание проводить сводную оценку [9].

Данный метод допускает наличие равенства рейтингов и не ограничивает число рассматриваемых проектов. Данный метод относится к сравнительным и дает возможность выбрать наиболее эффективный проект из любого числа анализируемой совокупности на основе интегрального сравнения.

Интегральный эффект определяется максимально суммой оценок сравнения. Наиболее эффективный проект имеет максимальную оценку и высший рейтинг. Таким образом, данный метод может быть рекомендован на практике для получения сравнительных оценок в сфере управления и в сфере оценивания инновационных проектов.

Особенно эффективно применение метода предпочтений при высокой формализации ситуации. В частности, при наличии модели информационной ситуации [10] с помощью данного метода легко оценивать информационную позицию объекта. Метод также применим при сравнительной оценке сложности [11]. Особенность термина «сложность» в том, что он является связанной сущностью (или атрибутом) и с другой сущностью. Это порождает различные виды сложности. Например, различают виды сложности: сложность системы (объекта), сложность процесса (действия), сложность явления, условная колмогоровская сложность, простая колмогоровская сложность, префиксная сложность [11], сложность ситуации, сложность теории и т.д. Как правило, оценивают разные виды

сложности между собой. Данный метод позволяет сравнивать разные виды сложности. Это также определяет его преимущество.

Выводы. Метод предпочтений относится к «мягким» методам оценки для выбранной совокупности. Он дает оперативный

достоверный результат. Метод применим даже при нарушении условия транзитивности, что является препятствием. В отличие от других экспертных методов данный метод имеет объективный механизм, который эксперты только используют, что позволяет оценивать их оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Victor Ya. Tsvetkov. Conceptual Model of the Innovative Projects Efficiency Estimation // European Journal of Economic Studies, 2012, Vol.(1), №1. P. 45-50
2. Кипи Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: замещения и предпочтения. М.: Радио и связь, 1981.
3. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. - М.: Наука, 1970. - 707 с.
4. Цветков В.Я. Основы теории предпочтений. - М.: Макс Пресс 2004 - 48с.
5. Тихонов А.Н., Цветков В.Я., Булгакова Т.В. Применение методов предпочтения в геомаркетинге// Приложение к журналу "Информационные технологии" №10/2003. - 24 с.
6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Пер. с англ. М.: Мир, 1976
7. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.
8. Льюс. Р.Д., Райфа Х. Игры и решения. - М.: ИЛ, 1961. - 642 с.
9. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В. Я. Основы теории информации - М.: МаксПресс, 2007. - 356 с.
10. V. Ya. Tsvetkov. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
11. V. Ya. Tsvetkov. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), № 1, p.64-69.

REFERENCES

1. Victor Ya. Tsvetkov. Conceptual Model of the Innovative Projects Efficiency Estimation // European Journal of Economic Studies, 2012, Vol.(1), no.1. P. 45-50.
2. V. Ya. Tsvetkov. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), no.12-1, p.2166- 2170.
3. V. Ya. Tsvetkov. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), no.1, p.64-69.
4. Kipi R.L., Raifa X. *Priniatie reshenii pri mnogikh kriteriakh: zameshcheniia i predpochteniia* [Adoption of decisions multi-criteria: substitution and preferences]. Moscow, Radio i sviaz', 1981.
5. Neiman Dzh., Morgenshtern O. *Teoriia igr i ekonomicheskoe povedenie* [Theory of games and economic behavior]. Moscow, Nauka, 1970. 707 p.
6. Tsvetkov V.Ia. *Osnovy teorii predpochtenii* [Fundamentals of the theory of preferences]. Moscow, Maks Press, 2004. 48 p.
7. Tikhonov A.N., Tsvetkov V.Ia., Bulgakova T.V. Application of methods of preferences in geomarketing. *Prilozhenie k zhurnalu "Informatsionnye tekhnologii" - Supplement to the journal "Information technologies"*, 2003, no.10, p.24.
8. Zade L. *Poniatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primenenie k priniatiu priblizhennykh reshenii* [Concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions]. Moscow, Mir, 1976.
9. Saati T.L. *Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii* [Decision-making. Method of analysis of hierarchies]. Moscow, Radio i sviaz', 1993.
10. L'ius R.D., Raifa Kh. *Igry i resheniia* [Games and decisions]. Moscow, IL, 1961. 642 p.
11. Ivannikov A.D., Tikhonov A.N., Tsvetkov V. Ia. *Osnovy teorii informatsii* [Basics of information theory]. Moscow, MaksPress, 2007. 356 p.
12. V. Ya. Tsvetkov. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), no. 12-1, p.2166-2170.
13. V. Ya. Tsvetkov. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), no.1, p.64-69.

Информация об авторе

Романов Илья Андреевич (Москва, Россия) – Аспирант. Московский институт инженеров электроники и математики НИУ ВШЭ. E-mail: ir123456aa@yandex.ru

Information about the author

Romanov Ilya Andreevich (Russia, Moscow) – Postgraduate student. Moscow Institute of Electronics and Mathematics HSE. E-mail: ir123456aa@yandex.ru