Модель сравнительной оценки инновационных проектов по совокупности качественных показателей

A model for the comparative evaluation of innovative projects by the totality of quality indicators

УДК 330.4

Тебекин А.В.,
д-р техн. наук, д-р экон. наук, профессор, почетный работник науки и техники Российской Федерации, профессор кафедры менеджмента Московского государственного института международных отношений (Университета) МИД России
e-mail: Tebekin@gmail.com

Tebekin A.V.
Doctor of Engineering, Doctor of Economics, professor, honorary worker of science and technology of the Russian Federation, professor of department of management of the Moscow State Institute of International Relations (University) MFA of Russia
e-mail: Tebekin@gmail.com

Сауренко Т.Н.,
д-р экон. наук, заведующий кафедрой таможенного дела Российского университета дружбы народов
e-mail: tanya@saurenko.ru

Saurenko T.N.
Doctor of Economics, Head of the Department of Customs Affairs, RUDN University
e-mail: tanya@saurenko.ru

Анисимов В.Г.,
д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор Санкт-Петербургского Политехнического университета им. Петра Великого
e-mail: an-33@yandex.ru

Anisimov V.G.
Doctor of Engineering, professor, Honored Scientist of the Russian Federation, professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
e-mail: an-33@yandex.ru

Анисимов Е.Г.
д-р техн. наук, д-р военных наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, Российского университета дружбы народов
e-mail: an-33@rambler.ru

Anisimov E.G.
Doctor of Engineering, professor, Doctor of Military Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor, RUDN University
e-mail: an-33@rambler.ru

Аннотация
В статье предложена математическая модель для сравнительной оценки инновационных проектов по совокупности качественных показателей. Модель предназначена для обоснования решений по формированию и реализации рациональной инновационной политики и осуществления эффективной инновационной деятельности. В предложенной модели использованы технологии непараметрической статистики, позволяющие учесть типовую для этапа формирования инновационной политики неопределенность и найти рациональные для этих условий решения.
Ключевые слова: модель, сравнительная оценка, инновационные проекты, совокупность, качественные показатели.

Abstract
The article proposes a mathematical model for the comparative evaluation of innovative projects by the totality of qualitative indicators. The model is intended to substantiate decisions on the formation and implementation of a rational innovation policy and the implementation of effective innovation. In the proposed model, nonparametric statistics technologies are used, which allow one to take into account the uncertainty typical for the stage of formation of the innovation policy and find rational solutions for these conditions.
Keywords: model, comparative evaluation, innovative projects, totality, quality indicators.

Введение

Реализация процессов долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации и обеспечения достойного качества жизни граждан на современном этапе в существенной степени зависит от формирования и претворения в жизнь рациональной инновационной политики. При ее разработке часто требуется принимать решение о предпочтительности того или иного направления инновационной деятельности, реализуемого в соответствующих вариантах инновационных проектов. При этом имеющаяся об указанных направлениях или проектах информация, как правило, ограничивается качественными (а не количественными) показателями. Такая информационная ситуация особенно характерна для ранних стадий формирования инновационной политики [1–8, 17, 18]. В этих условиях формирование конструктивных моделей и методов сравнения инновационных проектов по совокупности качественных показателей требует решения задачи их дальнейшего развития. Построение возможного варианта модели, позволяющей на основе системы качественных показателей осуществлять сравнительную оценку направлений инновационной политики, осуществления инновационной деятельности и осуществления инновационных проектов составляет цель настоящей статьи.

Формализованное представление модели

Характерная для ранних этапов формирования инновационной политики информация, как правило, исчерпывается возможностью осуществить ранжирование направлений инновационного развития и осуществления инновационных проектов по критериям предпочтения. Ранжирование состоит в присвоении каждой характеристике рассматриваемого инновационного направления или проекта порядкового номера в ряду аналогичных характеристик других сравниваемых направлений и проектов. Результаты такого ранжирования удобно представить в виде матрицы [9, 10]

$$A = \left\| r_{ij} \right\|, \quad i = 1,2,...,I, \quad j = 1,2,...,J,$$

где r_{ij} – порядковый номер (ранг) j-го проекта, сравниваемого по i-му показателю;

J – количество сравниваемых инновационных проектов;

I – количество рассматриваемых качественных показателей каждого инновационного проекта.

В интересах получения объективных сравнительных оценок инновационных проектов в рассматриваемой ситуации информационных ограничений целесообразно применять методы теории статистических выводов, основанных на технологиях непараметрической статистики [11–13].

В качестве интегральной меры превосходства одного инновационного проекта над другим в этом случае могут быть использованы коэффициенты ранговой корреляции ρ_j [14, 15, 19]:

$$\rho_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{I}(r_{ij} - 1)}{I(J-1)}, \quad j = 1,2,...,J \qquad (1).$$

При этом, ρ_j=1 соответствует наилучшему, а ρ_j=0 – наихудшему из сравниваемых инновационных проектов.

Коэффициенты корреляции являются случайными величинами. Поэтому при проведении сравнительной оценки направлений инновационного развития в рамках инновационной политики, инновационной деятельности, и в конечном итоге – инновационных проектов, целесообразно определять возможные ошибки первого рода (отвергнуть гипотезу о наилучшем варианте – «ложную тревогу»). Известно, что хорошей статистической моделью для случайных величин, значения которых ограничены интервалом [0; 1], является β-распределение. Следовательно, в имеющейся информационной ситуации можно предположить, что коэффициенты ранговой корреляции сравниваемых инновационных проектов являются случайными величинами, распределенными в соответствии с β-распределением, т.е. [16]:

$$P(\rho_j < x) = \frac{1}{B(a,b)} \int_0^x t^{a-1}(1-t)^{b-1}\,dt,$$

где a, b – параметры β-распределения;

$B(a,b)$ – B-функция Л. Эйлера.

Параметры формы β-распределения связаны с математическим ожиданием M_ρ и дисперсией D_ρ случайной величины ρ, описываемой этим распределением, зависимостями:

$$M_\rho = \frac{a}{a+b},$$

$$D_\rho = \frac{ab}{(a+b)^2(a+b+1)}.$$

Следовательно,

$$a = \frac{M_\rho^2(1-M_\rho)}{D_\rho} - M_\rho, \qquad (2).$$

$$b = \frac{M_\rho}{D_\rho}(1-M_\rho)^2 - (1-M_\rho) \qquad (3).$$

Обозначим $S_j = \sum_{i=1}^{I}(r_{ij} - 1)$.

Математическое ожидание и дисперсия величины S_j могут быть вычислены по формулам:

$$M_S = \frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J} S_j,$$

$$D_S = \frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}(S_j - M_S)^2$$

Подставив в эти соотношения значения S_j, с учетом того, что ранги r_{ij} j=1,2,…,J представляют собой последовательности чисел от единицы до J, получим:

$$M_S = \frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}\cdot\sum_{i=1}^{I}(r_{ij}-1) = \frac{1}{J}\sum_{i=1}^{I}\cdot\sum_{j=1}^{J}(r_{ij}-1) = \frac{I}{J}\sum_{j=1}^{n}(r_{ij}-1) = \frac{I\cdot(J-1)}{2}.$$

В результате аналогичных преобразований получим:

$$D_S = \frac{\sum_{j=1}^{J} S_j^2}{J} = \frac{I^2(J-1)^2}{4}.$$

Тогда математическое ожидание и дисперсия коэффициента ранговой корреляции будут соответственно равны:

$$M_\rho = 1 - \frac{M_S}{I(J-1)} = \frac{1}{2}, \qquad (4)$$

$$D_\rho = \frac{\sum_{j=1}^{n} S_j^2}{I^2 J(J-1)^2} - \frac{1}{4} \qquad (5).$$

Подставив выражения (4), (5) в функции (2), (3) находим значения параметров формы β-распределения:

$$a = b = \frac{1}{2}\left\{\frac{\left[I^2 J(J-1)^2\right]}{4\sum_{j=1}^{n} S_j^2 - I^2 J(J-1)^2} - 1\right\} \qquad (6).$$

Для определения критического значения x_ρ коэффициента ранговой корреляции по заданному уровню значимости (вероятности ошибки первого рода) $\gamma = 1 - P$ воспользуемся соотношением:

$$x_\rho = M_\rho + \psi(P)\left[M_\rho(1-M_\rho)\right]^{\frac{1}{2}}(a+b)^{-\frac{1}{2}} + \left[\psi^2(P)-1\right]\cdot\left[\frac{1-2M_\rho}{3}\cdot\frac{1}{a+b}\right], \qquad (7)$$

где $\psi(P)$ – P – квантиль нормального распределения.

Физический смысл P-квантиля нормального распределения определяется соотношением:

$F(\psi < \psi(P)) = P$, которое означает, что если $\psi(P)$ P-квантиль случайной величины ψ, с законом распределения F, то вероятность того, что ψ не превысит значение $\psi(P)$ равна P.

Подставив выражения (4) и (6) в функцию (7) и учитывая, что $P = 1 - \gamma$, получим:

$$x_\rho = \frac{1}{2}\left[1 + \psi(1-\gamma)\left(\frac{4R - I^2 J(J-1)^2}{2I^2 J(J-1)^2 - 4R}\right)^{\frac{1}{2}}\right], \qquad (8)$$

где $R = \sum_{j=1}^{J} S_j^2$.

Возможности применения предложенного метода сравнительной оценки инновационных проектов по совокупности качественных показателей проиллюстрируем на примере. Пусть имеется четыре инновационных проекта, представляющих четыре

варианта инновационной политики [20]: радикальных изменений, улучшающих инноваций, модернизационных изменений, рационализаторских инноваций.

Каждый инновационный проект характеризуется восемью качественными показателями эффективности их реализации W_i , i=1,2,…,8. Ранжированные ряды предпочтений этих показателей для различных проектов имеют вид:

W_1: $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$;
W_2: $T_2 > T_4 > T_1 > T_3$;
W_3: $T_3 > T_2 > T_1 > T_4$;
W_4: $T_4 > T_1 > T_2 > T_3$;
W_5: $T_1 > T_3 > T_2 > T_4$;
W_6: $T_2 > T_1 > T_4 > T_3$;
W_7: $T_4 > T_1 > T_3 > T_2$;
W_8: $T_2 > T_4 > T_3 > T_1$,

где T_j – j-й инновационный проект.

Указанные результаты ранжирования позволяют построить следующую матрицу рангов:

$$A = \left\| r_{ij} \right\| = \left\| \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 3 & 1 & 4 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \\ 1 & 3 & 2 & 4 \\ 2 & 1 & 4 & 3 \\ 2 & 4 & 3 & 1 \\ 4 & 1 & 3 & 2 \end{matrix} \right\|.$$

Используя формулу (1), определим коэффициенты ранговой корреляции для каждого из инновационных проектов (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты ранговой корреляции рассматриваемых инновационных проектов

№ проекта	1	2	3	4
Коэффициенты ρ_j	0.5833	0.7251	0.3333	0.5417

Из данных табл. 1 следует, что наибольшему значению $\rho_j = \rho_2$=0.7251 соответствует вариант T_2 инновационного проекта.

Для оценки вероятности ошибки первого рода γ воспользуемся данными, полученными в результате расчетов по формуле (8) при условии, что J=4, I=8, $R=10^2+9^2+16^2+13^2=606$.

Результаты расчетов ошибки первого рода по рассматриваемым инновационным проектам приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов ошибки первого рода по рассматриваемым инновационным проектам

№ проекта	1	2	3	4	
γ	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06
x_ρ	0.723	0.745	0.767	0.793	0.823

Анализ критических значений вероятности ошибки первого рода позволяет сделать вывод, что для наилучшего по коэффициенту ранговой корреляции инновационного проекта T_2 вероятность ошибки первого рода γ не превышает 0.12. Следовательно, этот проект, соответствующий инновационной политике улучшающих инноваций, можно полагать предпочтительным в рамках рассмотренного примера.

Выводы

Таким образом, предложенная модель обеспечивает сравнительную оценку направлений инновационного развития и инновационных проектов в характерных для начальных этапов формирования инновационной политики условиях отсутствия количественной информации. Модель, с одной стороны, является достаточно простой, а, с другой, – обладает универсальностью. Это делает предложенную модель полезным инструментом для разработчиков инновационной политики как в масштабе государства в целом, так и для отдельных отраслей и предприятий.

Литература

1. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Блау С.Л., Мантусов В.Б., Новиков В.Е., Петров В.С., Тебекин А.В., Тебекин П.А.* Управление инновациями. – М.: Российская таможенная академия, 2017. – 452 с.
2. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Петров В.С., Родионова Е.С., Сауренко Т.Н., Тебекин А.В., Тебекин П.А.* Теоретические основы управления инновациями. – Санкт-Петербург. – 2016. – 472 с.
3. *Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Блау С.Л., Новиков В.Е., Тебекин А.В.* Модель поддержки принятия решений при формировании инновационной стратегии предприятия // Экономика сельского хозяйства России. – 2016. – № 3. – С. 53–59.
4. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Гапов М.Р., Родионова Е.С., Сауренко Т.Н., Силкина Г.Ю., Тебекин А.В.* Стратегическое управление инновационной деятельностью: анализ, планирование, моделирование, принятия решений, организация, оценка. – Санкт-Петербург, 2017. – 312 с.
5. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Ботвин Г.А.* Инвестиционный анализ в условиях неопределенности. – СПб., СПбПТУ, 2006. – 288 с.
6. *Анисимов В.Г., Гарькушев А.Ю., Сазыкин А.М.* Оптимизация внедрения новых технологий в перспективные образцы артиллерийского вооружения// Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2012. – № 4 (74). – С. 39–44.
7. *Тебекин А.В., Анисимов Е.Г., Блау С.Л., Новиков В.Е.* Организация инновационной деятельности на микроэкономическом уровне // Транспортное дело России. – 2016. – № 1. – С. 73–78.
8. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Богоева Е.М.* Формализация процедуры риск-ориентированного подхода при выполнении государственными органами контрольных функций// Вестник Российской таможенной академии. – 2014. – № 4. – С. 96–102.

9. *Балясников В.В., Ведерников Ю.В.* Модель причинного анализа на основе использования данных об особых ситуациях // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2015. – № 1-2 (79-80). – С. 31–38.

10. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Ботвин Г.А., Черныш А.Я., Чечеватов А.В.* Анализ и оценивание эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности. – М.: Военная академия Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации; В. Г. Анисимов, 2006. – 288 с.

11. *Чварков С.В.* Учет неопределенности при формировании планов инновационного развития военно-промышленного комплекса**.** В сборнике: Актуальные вопросы государственного управления Российской Федерации Сборник материалов круглого стола. Военная академия генерального штаба вооруженных сил Российской Федерации, Военный институт (Управления национальной обороной). – 2018. – С. 17–25.

12. *Ильин И.В.* Математические методы и инструментальные средства оценивания эффективности инвестиций в инновационные проекты**. –** Санкт-Петербург, 2018. – 289 с.

13. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Новиков В.Е., Останин В.А.* Моделирование оптимизационных задач поддержки принятия решений в инновационном менеджменте // Вестник Российской таможенной академии. – 2016. – № 1. – С. 90–98.

14. *Тебекин А.В., Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Способ формирования комплексных показателей качества инновационных проектов и программ // Журнал исследований по управлению. – 2018. – Т. 4. – № 11. – С. 30–38.

15. *Тебекин А.В., Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Методический подход к моделированию процессов формирования планов инновационного развития предприятий // Журнал исследований по управлению. – 2019. – Т. 5. – № 1. – С. 65–72.

16. *Рунион Р.* Справочник по непараметрической статистике: Современный подход. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 198 с.

17. *Тебекин А.В.* Перспективы стратегического инновационного развития экономики России. // В сборнике: Финансово-экономическое и информационное обеспечение инновационного развития региона Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Посвящается 75-летию Гуманитарно-педагогической академии (филиал) ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского" в г. Ялте. Ответственный редактор А.В. Олифиров. – 2019. – С. 113–116.

18. *Тебекин А.В.* Перспективы стратегического инновационного развития национальной экономики. // Журнал экономических исследований. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 3–6.

19. *Тебекин А.В.* Управление качеством. Учебник / Москва, 2018. Сер. 61 Бакалавр и магистр. Академический курс (2-е изд., пер. и доп.).

20. *Тебекин А.В*. Инновационный менеджмент. Учебник для бакалавров / Москва, 2017. Сер. 58 Бакалавр. Академический курс (2-е изд., пер. и доп.).