

УДК 338.2

Оценка влияния инновационных технологий на конкурентоспособность продукции высокотехнологичных отраслей

© 2015 г. М.-Л.И. Анфимова*

В статье рассматривается один из подходов по оценке влияния внедрения инновационных технологий на конкурентоспособность продукции высокотехнологичных отраслей, который представляет собой процедуру экспертного оценивания методом парных сравнений. Данный метод заключается в попарном сравнении инновационных технологий по степени их влияния на конкурентоспособность продукции высокотехнологичных предприятий, в результате чего этим инновационным технологиям проставляют оценки, которые сводятся в матрицу. На основании полученных векторов приоритетов по данной матрице проводится экспертное оценивание несколькими экспертами и составляется групповая матрица приоритетов.

Важным этапом обработки ответов экспертных оценок является проверка согласованности мнений экспертов. Метод парных сравнений позволяет отследить субъективность суждений экспертов и определить согласованность их ответов. В большинстве случаев оценку согласованности ответов принято оценивать при помощи коэффициента координации, формула вычисления которого представлена в статье. В статье приведен пример экспертного сравнения и получения вектора приоритетов.

Разработанный авторский подход по оценке влияния внедрения инновационных технологий на конкурентоспособность продукции наукоемких отраслей промышленности может быть использован для формирования имитационных платформ в целях поддержки принятия управленческих решений при планировании инновационного развития высокотехнологичных отраслей промышленности России.

Ключевые слова: инновационные технологии, конкурентоспособность продукции, высокотехнологичные отрасли, экспертное оценивание, субъективность экспертной оценки, метод парных сравнений, вектор приоритетов, матрица приоритетов, коэффициент координации, имитационное моделирование, планирование инновационного развития.

В настоящее время при отборе наиболее перспективных инновационных технологий для внедрения необходимо проводить оценку их влияния на конкурентоспособность наукоемкой продукции. Для того чтобы определить степень этого влияния, можно применять различные методы, которые основаны на многомерном статистическом анализе, теории игр, экспертном оценивании и имитационном моделировании [1].

Рассмотрим один из этих традиционных способов ранжирования объектов по степени значимости – экспертное оценивание. Существует достаточно много методик экспертного оценивания [2–4]. Опишем более подробно процедуру экспертной оценки методом парных сравнений. Использование этого метода в отличие от других методов экспертного оценивания позволяет явно проследить субъективность в ответах экспертов. Также данный метод обладает преимуществами при сравнении большого количества объектов [5; 6]. Метод заклю-

чается в попарном сравнении рассматриваемых объектов (в нашем случае – инновационных технологий по их влиянию на конкурентоспособность продукции предприятий). Сравнение происходит на основании определенных шкал либо на простом сопоставлении двух объектов и выборе предпочтительного из них [7]. В результате формируется таблица ответов экспертов, называемая матрицей парных сравнений.

Рассмотрим задачу оценки влияния инновационных технологий на конкурентоспособность продукции. Обозначим инновационные технологии следующим образом:

$$P_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

Задача экспертного оценивания заключается в ранжировании инновационных технологий по степени их влияния на конкурентоспособность продукции.

Пусть рассматриваются две инновационные технологии А и В, а также задан некоторый критерий сравнения – влияние этих инновационных технологий на конкурентоспособность продукции.

Важнейшим инструментом для реализации метода парных сравнений является выбор шкалы для

* Нач. отдела. Российский университет дружбы народов (РУДН). 117198, ул. Миклухо-Маклая, 6; achursin2008@ya.ru.

оценки объектов [7]. Для сопоставления двух объектов по методу парных сравнений будем использовать шкалу оценок, предложенную Т. Саати [8; 9]. Как правило, используются шкалы со значениями от 1 до 9, что позволяет удобно описать возможные градации объектов.

На основании парных оценок составляется матрица парных сравнений, элементами которой являются оценки парных сравнений по шкале от 1 до 9 на пересечении соответствующих элементов выше главной диагонали матрицы, и обратные им элементы, ниже главной диагонали матрицы. На главной диагонали матрицы парных сравнений располагаются единицы, так как при сравнении инновационной технологии с самой собой констатируется равная значительность.

Матрица парных сравнений в общем случае имеет следующий вид (табл. 1). Здесь: a, b, c, d, e, f – некоторые оценки из диапазона 1...9 или обратные к ним величины.

Далее вычисляется соответствующий вектор приоритетов по данной матрице. Математически эта операция представляет собой вычисление главного собственного вектора, который после нормировки и становится вектором приоритетов.

Помимо точного вычисления вектора приоритетов через операцию непосредственного получения главного собственного вектора матрицы есть несколько способов для получения достаточно неплохих оценок значений этого вектора. Рассмотрим эти способы:

- суммирование элементов каждой строки с последующей нормировкой путем деления каждой суммы на сумму всех элементов. Сумма получившихся элементов будет равна единице. Соответствующие элементы полученного вектора будут характеризовать приоритеты соответствующих объектов [10];

- суммирование элементов каждого столбца и получение обратных величин этих сумм. Далее полученные величины нормируются на единицу, то есть полученные на этом шаге обратные величины делятся на сумму всех обратных величин. Соответствующие элементы полученного вектора будут характеризовать приоритеты соответствующих объектов [11];

- деление элементов каждого столбца на сумму элементов этого столбца. Таким образом, будет нормализован каждый столбец. Далее сложение элементов каждой полученной строки и деление этой суммы на число элементов строки. Это так называемый процесс усреднения по нормализованным столбцам. Соответствующие элементы полученного вектора будут характеризовать приоритеты соответствующих объектов [8];

- перемножение n элементов каждой строки и извлечение корня n -й степени. Далее нормировка полученных чисел на единицу. Соответствующие элементы полученного вектора будут характеризовать приоритеты соответствующих объектов [12].

Таблица 1

Общий вид матрицы парных сравнений
[General view of the matrix of pairwise comparisons]

Технологии	Технологии				
	P_1	P_2	P_3	...	P_N
P_1	1	a	b	...	c
P_2	$1/a$	1	d	...	e
P_3	$1/b$	$1/d$	1	...	f
...	1	...
P_N	$1/c$	$1/e$	$1/f$...	1

Таблица 2

Результаты сравнений инновационных технологий экспертами
[Results of comparisons of innovative technologies by experts]

Технологии	Эксперты			
	э	э	...	э
P_1	g_{11}	g_{12}	...	g_{1m}
P_2	g_{21}	g_{22}	...	g_{2m}
...
P_N	g_{N1}	g_{N2}	...	g_{Nm}

Источник: составлено автором.

Также рекомендуется при наличии вычислительной возможности перед операцией получения вектора приоритетов возвести матрицу парных сравнений в достаточно большую степень для получения соответствующей стационарной матрицы.

Экспертное оценивание проводится, как правило, несколькими экспертами. На основании полученных векторов приоритетов записывается групповая матрица приоритетов. Она имеет следующий вид (табл. 2).

Для получения итогового группового вектора приоритетов оценивания инновационных технологий по влиянию на конкурентоспособность продукции производится итерационная процедура:

$$g_i = \frac{1}{\lambda_i} G G' g_{i-1}, \quad (2)$$

где G – групповая матрица приоритетов, полученная по определенному критерию;
 λ – нормирующий множитель.

Наиболее важным этапом в обработке ответов экспертов является проверка согласованности их мнений [13]. Использование метода парных сравнений позволяет отследить субъективность суждений экспертов, строго определить согласованность их ответов. В большинстве случаев оценку согласованности ответов принято оценивать при помощи коэффициента координации:

$$W = \frac{12S}{m^2(N^3 - N)},$$

$$S = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^m p_{ij} - \bar{p} \right)^2,$$

$$\bar{p} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i, \quad (3)$$

где m – количество экспертов;
 N – количество инновационных технологий;

p_{ij} – i -й компонент вектора приоритетов, полученный в результате сравнения j -м экспертом.

Наряду со многими преимуществами методы экспертных сравнений имеют и вполне определенные недостатки [14; 15]. К основным из них можно отнести:

1. Необходимость наличия определенного количества экспертов, специалистов высокого класса. Причем экспертам, как правило, необходимы знания в различных областях.

2. Относительно сложная процедура опроса экспертов, требующая вникания экспертов в процедуру построения матриц парных сравнений.

3. Процедура составления анкеты требует от лиц, в ней участвующих, особого внимания и высокой степени компетентности в рассматриваемой области. Зачастую требуется привлечение дополнительной экспертной комиссии.

4. Существует определенный риск в получении недостоверных результатов.

Приведем пример экспертного сравнения и продемонстрируем получение вектора приоритетов.

В соответствии с поставленной задачей выявления степени влияния инновационных технологий на конкурентоспособность предприятия шкала оценок выглядит следующим образом (табл. 3).

Оценка	Правило постановки оценки
1	Ставится в том случае, если технология А и технология В одинаково влияют на конкурентоспособность продукции
3	Ставится в том случае, если технология А повышает конкурентоспособность продукции незначительно по сравнению с технологией В. При этом оценка 1/3 соответствует ситуации, когда технология А несколько меньше повышает конкурентоспособность продукции, чем технология В
5	Ставится, если технология А существенно повышает конкурентоспособность продукции, по сравнению с технологией В. При этом оценка 1/5 соответствует ситуации, когда технология А существенно меньше повышает конкурентоспособность продукции, чем технология В
7	Ставится, если технология А значительно больше повышает конкурентоспособность продукции, чем технология В. При этом оценка 1/7 соответствует ситуации, когда технология А значительно меньше повышает конкурентоспособность продукции, чем технология В
9	Ставится, если технология А по своему влиянию на конкурентоспособность продукции абсолютно превосходит технологию В. При этом оценка 1/9 соответствует ситуации, когда влияние технологии А несравнимо меньше влияет на конкурентоспособность продукции, чем технология В
2, 4, 6, 8 (1/2, 1/4, 1/6, 1/8)	Оценки используются для облегчения компромиссов между слегка отличающимися между двумя основными числами, характеризующими ситуацию

Пусть необходимо сравнить 6 инновационных технологий по степени влияния на конкурентоспособность продукции промышленного предприятия.

Экспертом заполнена матрица парных сравнений инновационных технологий P_1, \dots, P_6 по описанному правилу.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
A_1	1	1/2	1/5	1/7	1/3	1/2
A_2	2	1	1/3	1/4	1/2	1
A_3	5	3	1	1/2	1	1/2
A_4	7	4	2	1	1/2	1/3
A_5	3	2	1	2	1	1
A_6	2	1	2	3	1	1

Источник: составлено автором.

Вектор приоритетов, рассчитанный по этой матрице, имеет следующий вид:

(0.050, 0.091, 0.217, 0.360, 0.166, 0.116)

Диаграмма распределения значений вектора приоритетов представлена на рисунке.

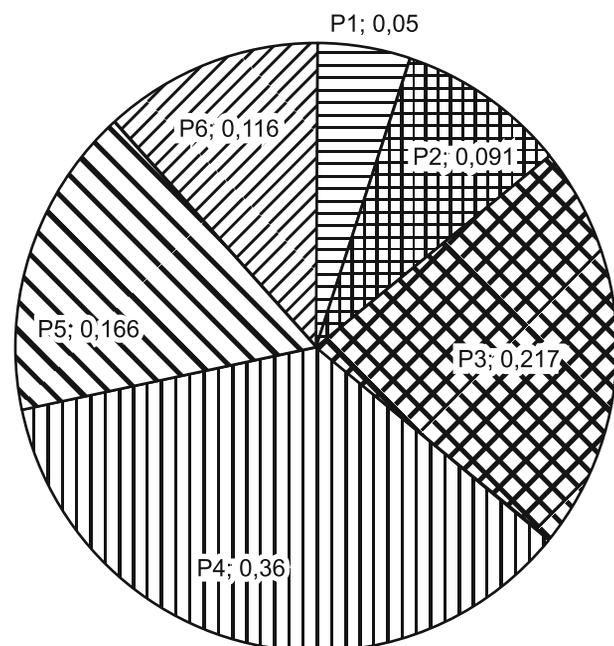


Диаграмма распределения значений вектора приоритетов инновационных технологий
[Diagram of distribution of values of the vector of priorities of innovative technologies]

Источник: составлено автором.

Согласно проведенной экспертной оценке, наибольшим влиянием на конкурентоспособность продукции обладают инновационные технологии P_4 и P_3 , а наименьшим – технологии P_1 и P_2 .

Предложенный подход по оценке влияния инновационных технологий на конкурентоспособность продукции высокотехнологичных отраслей промышленности может быть использован для построения имитационных платформ с целью поддержки принятия решений при планировании инновационного развития наукоемких отраслей промышленности России.

Исследование подготовлено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда, грант № 15-22-01017 «Механизмы развития экономики ракетно-космической промышленности на основе научно-технической интеграции России и Республики Беларусь».

Библиографический список

1. Анисимова И.А., Богатко А.М. Инновационные подходы к управлению российскими предприятиями // Менеджмент инноваций. 2009. № 2. С. 80–84.
2. Артяков В.В., Чурсин А.А., Русинов А.А. Моделирование устойчивости управления проектами предприятий наукоемких отраслей промышленности // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2014. № 6. С. 121–124.
3. Ахмедов Г.А. Инновация как фактор ускорения научно-технического прогресса // Международный технико-экономический журнал. 2010. № 1. С. 21–24.
4. Бурдина Е.А., Нефедов И.Ю. Управление инновациями в российской промышленности // Современные гуманитарные исследования. 2011. № 6. С. 29–30.
5. Гунин В.Н., Баранчев В.П., Устинов В.А., Ляпина С.Ю. Управление инновациями. М.: ИНФРА-М, 1999. 301 с.
6. Ковальчук Ю.А. Тенденции и закономерности модернизации промышленных предприятий при переходе к инновационной экономике // Экономика и управление в машиностроении. 2011. № 2. С. 19–25.
7. Ковков Д.В., Чурсин А.А., Шамин Р.В. Подходы по оценке влияния внешних и внутренних факторов на конкурентоспособность продукции ракетно-космической промышленности // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2013. №1. С. 127–130.
8. Попадюк Т.Г. Конкурентоспособность промышленности в новой экономике: стратегия управления. М.: ВЗФЭИ, 2009. 200 с.
9. Почукаева О.В. Воздействие инновационного фактора на эффективность производства // Проблемы прогнозирования. 2011. № 5. С. 133–134.
10. Философова Т.Г., Быков В.А. Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность: учеб. пос. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 295 с.
11. Чурсин А.А. Теоретические основы управления конкурентоспособностью. Теория и практика. М.: Спектр, 2012. 524 с.
12. Чурсин А.А., Васильев С.А. Конкуренция, инновации и инвестиции (нелинейный синтез). М.: Машиностроение, 2011. 480 с.
13. Чурсин А.А., Окатьев Н.А. Инновации и инвестиции в деятельности организации. М.: Машиностроение, 2011. 469 с.
14. Чурсин А.А., Шамин Р.В. Инвестиции и инновации и их роль в повышении конкурентоспособности организаций // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2011. Вып. 2. С. 3–87.
15. Чурсин А.А., Шамин Р.В., Кокуйцева Т.В. Методика количественной оценки конкурентоспособности наукоемкой промышленности // Экономика и управление в машиностроении. 2012. № 3. С. 41–47.

Ekonomika v promyshlennosti (Economy in the industry)
2015, no. 2, April – June, pp. 78 – 82
ISSN 2072-1633

Estimation of influence applied of innovative technologies on the competitiveness of high-tech industries

M.L.I. Anfimova – Friendship University of Russia. 117198, Moscow, Miklukho-Maklay st. 6. achursin2008@ya.ru.

Abstract. The article discusses a procedure of expert evaluation via pairwise comparisons as an approach to assess the impact of innovative technologies implementation on the competitiveness of aerospace industry products, This method consists of a pairwise comparison of innovative technologies according to the degree of their impact on the competitiveness of high-tech enterprises. As a result these innovative technologies are awarded

with grades combined in a matrix. The matrix accumulated priorities vectors is evaluated by experts and results in group priorities matrix. An important step in the processing of the answers of expert estimates is the check of experts' opinions coordination. The pairwise comparisons method makes it possible to control the subjectivity of experts' judgments and to determine the coordination of their responses. In most cases, assessment of the coordination of the responses can be evaluated using the coefficient of coordination, the calculation formula being presented in the article. The article presents an example of pairwise comparison and obtaining the priorities vector. The author's approach of the assessment of the impact of innovative technologies implementation on the competitiveness of high-tech industries can be used to form simu-

lation platforms to support the management decisions when planning the innovative development of high-tech industries in Russia.

Keywords: innovative technologies, product competitiveness, aerospace industry, expert response, expert response subjectivity, pairwise comparisons method, vectors of priorities, matrix of priorities, coefficient of coordination, simulation, innovative development planning.

References

1. Anisimova I.A., Bogatko A.M. Innovative approaches to the management of russian companies. *Menedzhment innovacij*. 2009. no. 2. Pp. 80–84. (In Russ).
2. Artjakov V.V., Chursin A.A., Rusinov A.A. Modeling sustainability project management enterprises high-tech industries. *Biznes v zakone. Jekonomiko-juridicheskij zhurnal*. 2014. no. 6. Pp. 121–124. (In Russ).
3. Ahmedov G. A. The innovation as a factor in the acceleration of scientific and technical progress. *Mezhdunarodnyj tehniko-jekonomicheskij zhurnal*. 2010. no. 1. Pp. 21–24. (In Russ).
4. Burdina E.A., Nefedov I.Ju. Managing Innovation in the Russian industry. *Sovremennye gumanitarnye issledovanija*. 2011. no. 6. Pp. 29–30. (In Russ).
5. Gunin V.N., Barancheev V.P., Ustinov V.A., Ljapina S.Ju. *Upravlenie innovacijami*. [Managing Innovation]. Moscow: *INFRA-M*, 1999. 301 p. (In Russ).
6. Koval'chuk Ju.A. Trends and regularities modernization of industrial enterprises in the transition to an innovation economy. *Jekonomika i upravlenie v mashinostroenii*. 2011. no. 2. Pp. 19–25. (In Russ).
7. Kovkov D.V., Chursin A.A., Shamin R.V. Approaches to assess the impact of external and internal factors on the competitiveness of aerospace industry. *Biznes v zakone. Jekonomiko-juridicheskij zhurnal*. 2013. no. 1. Pp. 127–130. (In Russ).
8. Popadjuk T.G. *Konkurentosposobnost' promyshlennosti v novoj jekonomike: strategija upravlenija*. [Industrial competitiveness in the new economy: management strategy]. Moscow: *VZFJeI*, 2009. 200 p. (In Russ).
9. Pochukaeva O.V. Impact factor on innovation the efficiency of production. *Problemy prognozirovaniya*. 2011. no. 5. Pp. 133–134. (In Russ).
10. Filosofova T.G., Bykov V.A. *Konkurencija. Innovacii. Konkurentosposobnost'*. [Competition. Innovation. competitiveness] ucheb. pos. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: *JuNITI-DANA*, 2012. 295 p. (In Russ).
11. Chursin A.A. *Teoreticheskie osnovy upravlenija konkurentosposobnost'ju. Teorija i praktika*. [Theoretical basis of management of competitiveness. Theory and practice]. Moscow: *Spektr*, 2012. 524 p. (In Russ).
12. Chursin A.A., Vasil'ev S.A. *Konkurencija, innovacii i investicii (nelinejnyj sintez)*. [Competition, innovation and investment (non-linear synthesis)]. Moscow: *Mashinostroenie*, 2011. 480 p. (In Russ).
13. Chursin A.A., Okat'ev N.A. *Innovacii i investicii v dejatel'nosti organizacii*. [Innovation and investment in the organization]. Moscow: *Mashinostroenie*, 2011. 469 p. (In Russ).
14. Chursin A.A., Shamin R.V. Investment and innovation and their role in enhancing the competitiveness of companies. *Oboronnyj kompleks – nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii*. 2011. Vyp. 2. Pp. 83–87. (In Russ).
15. Chursin A.A., Shamin R.V., Kokujceva T.V. Method of quantitative assessment of the competitive knowledge-based industries. *Jekonomika i upravlenie v mashinostroenii*. 2012. no. 3. Pp. 41–47. (In Russ).

Information about authors: Head of department.