

### 3.6. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПРИ СРАВНЕНИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лапаев Д.Н., д.э.н., зам. директора по научной работе Института экономики и управления, зав. кафедрой «Управление инновационной деятельностью»;  
Лапаева О.Н., аспирант кафедры «Управление инновационной деятельностью»

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Для осуществления многокритериальной сравнительной оценки инновационной деятельности отраслей промышленности в статье изложена методика определения предпочтительных альтернатив, оперирующая долевыми критериями изменения показателей. Представлена процедура послеоптимизационного анализа достигнутого результата.

Методологическим, методическим и практическим вопросам управления инновационной деятельностью экономических систем и, в частности, отраслей промышленности уделяется пристальное внимание [1-8]. Однако, несмотря на масштабность исследований, целый ряд аспектов многокритериального анализа инновационной деятельности остается не изученным в должной мере.

В настоящее время предложены и широко апробированы различные методики и алгоритмы сравнительной оценки отраслей, основанные на классических принципах многокритериальной оптимизации – принципе доминирования и принципе Парето [1, 4]. Методики позволяют дать анализ всех исследуемых отраслей путем разделения на классы (группы) взаимно несравнимых (неулучшаемых) альтернатив, начиная с эффективного множества, продолжая вторым и заканчивая последним рангом. Посредством корректировки показателей инновационной деятельности в некоторой степени удается расширить либо сжать соответствующий класс. Однако принцип Парето не предназначен для проведения анализа внутри самих групп. Метод выделения главного показателя служит слабым подспорьем, так как приводит оптимизацию только одного параметра.

Возможность уйти от проблем многокритериального выбора появляется при формировании комплексных инновационных критериев. Однако на смену одним сложностям приходят другие.

- Во-первых, такие критерии представляют собой математическую абстракцию и решения, принимаемые на их основе, весьма формальны.
- Во-вторых, велика доля субъективизма во взвешивании исходных показателей. Поэтому данный метод, хорошо зарекомендовавший себя в технических науках, в экономике и управлении находит ограниченное применение.

Следовательно, можно сделать вывод о необходимости дальнейшей разработки методологических аспектов и инструментария оценки инновационной деятельности отраслей и определения лучших альтернатив, основанных на системном многокритериальном анализе.

При попарном сравнении отраслей следует отдать предпочтение варианту, превосходящему своего оппонента по большему числу коэффициентов. Тогда в качестве исходного критерия оценки логично задействовать долю (удельный вес) коэффициентов, по которым отрасль является лидером в исследуемой паре. Такой критерий изменяется от нуля до единицы, где граничными значениями обладают доминируемый и доминирующий варианты соответственно. Например, в трехкритериальной постановке есть два промежуточных значения долевого критерия – 1/3 и 2/3. Если ориентироваться на первую величину, то воздействие одного параметра важнее общего влияния двух других. Здесь осуществляется однокритериальный выбор. Многокритериальный подход реализуется лишь во втором случае, когда два показателя преобладают над оставшимися.

Для проведения сравнительного анализа инновационной деятельности в работе представлена авторская методика отбора предпочтительной отрасли. Методика предусматривает изначальное определение опорных вариантов, характеризующихся оптимальными величинами показателей, и последующее формирование относительно них приемлемых множеств, включающих альтернативы с максимальными долевыми критериями. Далее получают совместное решение путем пересечения частных множеств и выделяют лучшую отрасль по аналогии с предыдущими этапами. При глубоких противоречиях задействуется метод выделения главного показателя.

Методика включает следующие действия.

1. Выделяется исходное множество отраслей  $S = \{S_j\}$ ,  $j = \bar{1}, \bar{I}$ . Отбираются и вычисляются показатели инновационной деятельности  $K = \{K_j\}$ ,  $j = \bar{1}, \bar{J}$  для всех альтернатив. Задаются предпочтительные направления изменения и начальные области допустимых значений.

2. Определяются опорные отрасли по каждому инновационному показателю. Первой опорной отраслью является альтернатива, имеющая оптимальное значение показателя  $K1$ . Второй опорной отраслью станет вариант, характеризующийся оптимальной величиной показателя  $K2$ , и т.д. Заключительной опорной отраслью является альтернатива, имеющая оптимальное значение показателя  $KJ$ .

3. Относительно каждой опорной отрасли формируется множество приемлемых вариантов  $M_i$ , имеющих максимальные значения долевого критерия.

4. Определяется совместное решение  $M_{\Sigma}$  посредством пересечения приемлемых множеств  $M_i$ . В ряде случаев приемлемые множества не пересекаются, т.е. противоречия критериев существенны. Здесь целесообразно применить метод выделения главного показателя и перевода остальных в разряд ограничений.

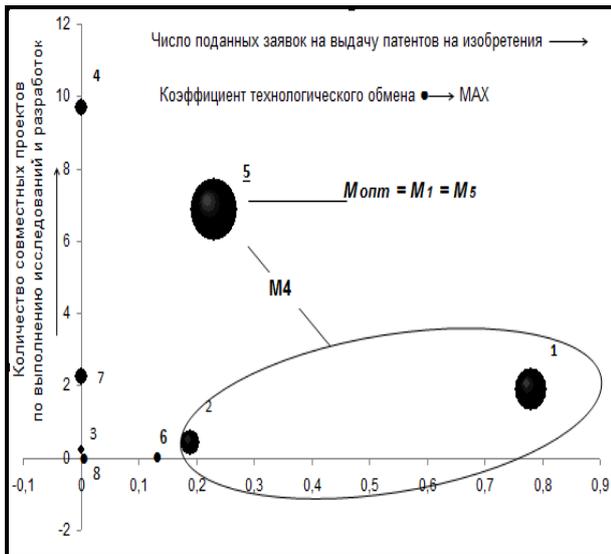
5. При необходимости потребуются отобрать одну отрасль  $M_{opt}$  из состава  $M_{\Sigma}$  согласно п. 2-4.

Методика обеспечивает получение лучшей альтернативы при использовании трех и более коэффициентов.

Для пояснения методики рассмотрим данные по промышленности Нижегородской области [6]. Сравнению подлежат восемь отраслей:

1. Машиностроение.
2. Пищевая промышленность.
3. Энергетика, предприятия жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и коммунального сервиса.
4. Производство стройматериалов и добывающая промышленность.

5. Химия, нефтехимия, производство медикаментов и стекла.
6. Целлюлозно-бумажная промышленность и деревообработка.
7. Черная и цветная металлургия.
8. Легкая промышленность (рис. 1-3).



**Рис. 1. Определение предпочтительной отрасли промышленности Нижегородской области по совокупности инновационных показателей**

Оценочными показателями выступают:

- число поданных заявок на выдачу патентов на изобретения ( $K_{зп}$ );
- количество совместных проектов по выполнению исследований и разработок ( $K_{сп}$ );
- коэффициент технологического обмена (число приобретенных и переданных технологий) ( $K_{то}$ ).

Инновационные показатели рассчитаны на 1 000 работников. Они отражают эффективность трансфера технологий. Предпочтительным направлением изменения показателей является максимизация.

Для удобства анализа информация сведена в табл. 1.

**Таблица 1**

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Инновационные показатели	Отрасли в порядке возрастания показателей							
$K_{зп} \uparrow$	8	3	7	4	6	2	5	1
$K_{сп} \uparrow$	8	6	3	2	1	7	5	4
$K_{то} \uparrow$	8	6	3	4	7	2	1	5

Выделяем опорные отрасли 1 (машиностроение), 4 (производство стройматериалов и добывающая промышленность) и 5 (химия, нефтехимия, производство медикаментов и стекла), имеющие оптимальные значения числа поданных заявок на выдачу патентов на изобретения ( $K_{зп}$ ), количества совместных проектов по выполнению исследований и разработок ( $K_{сп}$ ) и коэффициента технологического обмена ( $K_{то}$ ) соответственно.

Отрасль 1 проигрывает по долевым критериям варианту 5. Тогда приемлемое множество примет вид  $M_1 = \{5\}$ .

Отрасль 4 уступает по долевым критериям альтернативам 1, 2 (пищевая промышленность) и 5. При этом приемлемое множество запишем в виде  $M_4 = \{1, 2, 5\}$ .

Отрасль 5 превосходит по долевым критериям любые варианты. Получим следующее приемлемое множество  $M_5 = \{5\}$ . Формируем совместное решение  $M_{опт} = \{5\}$ .

Подвергнем анализу оставшиеся отрасли. Выделяем опорные варианты 1, 4 и повторно 1. Отрасль 1 превосходит по долевым критериям прочие альтернативы и составит следующее оптимальное решение. При необходимости исследование можно продолжить и получить отрасль 2.

Послеоптимизационный анализ необходим для исследования полученного согласно методике сравнительной оценки инновационной деятельности отраслей результата. Принцип доминирования редко выполняется на практике, а при наличии противоречивых показателей остается вопрос принятия отобранной отрасли в качестве окончательного решения. Чем выше противоречия, тем менее надежен достигнутый результат, все более мотив для проверки адекватности выбранной системы показателей поставленной задаче и больше оснований для корректирующих воздействий.

Для осуществления послеоптимизационного анализа предлагается матрица, представленная в табл. 2. В ней необходимость проведения дополнительного исследования увязана со способом принятия решения, противоречиями инновационных показателей и риском недоучета влияния показателей, входящих в систему.

**Таблица 2**

**МАТРИЦА ПОСЛЕОПТИМИЗАЦИОННОГО АНАЛИЗА ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Способ принятия решения	Противоречия инновационных показателей	Риск недоучета влияния показателей, составляющих систему	Дополнительное исследование системы показателей
Реализован принцип доминирования	Отсутствуют	Отсутствует	Не требуется
Осуществлен многокритериальный выбор при совпадении оптимумов по $n - 1$ показателю	Слабые	Низкий	Нецелесообразно
Задействован многокритериальный подход в иных ситуациях	Средние	Средний	Возможно
Применен метод выделения главного показателя	Сильные	Высокий	Целесообразно

Процедура послеоптимизационного анализа предусматривает ряд нижеперечисленных этапов.

1. В зависимости от реализованного способа принятия решения устанавливается степень противоречия показателей инновационной деятельности, оценивается уровень риска и делается вывод о проведении дополнительного исследования.
2. Отрасли, входящие в безрисковую область либо в область низкого риска, утверждаются в качестве окончательного решения.
3. В зоне средних значений риска дополнительная проверка адекватности принятой системы инновационных показателей поставленной задаче возможна, а в зоне высоких величин – целесообразна.
4. Далее изучается вопрос об изменении системы, и при положительном ответе осуществляется корректировка

параметров. Она предполагает пересмотр начальной области допустимых значений, введение новых и исключение исходных показателей и пр.

Таким образом, процедура позволяет по результатам реализации методики сравнительного анализа отраслей оценить степень противоречия инновационных показателей и принять решение по их коррекции.

Для пояснения процедуры обратимся к отраслевой статистике Нижегородского региона [6]. Оценочными показателями выступают:

- удельный вес инновационно-активных предприятий ( $K_{ИА}$ );
- интенсивность затрат на технологические инновации (отношение затрат на технологические инновации к объему выпущенной продукции) ( $K_{ИЗ}$ );
- доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции ( $K_{ИП}$ ).

Они отражают основные результаты инновационной деятельности. Предпочтительным направлением изменения показателей является максимизация (рис. 2).

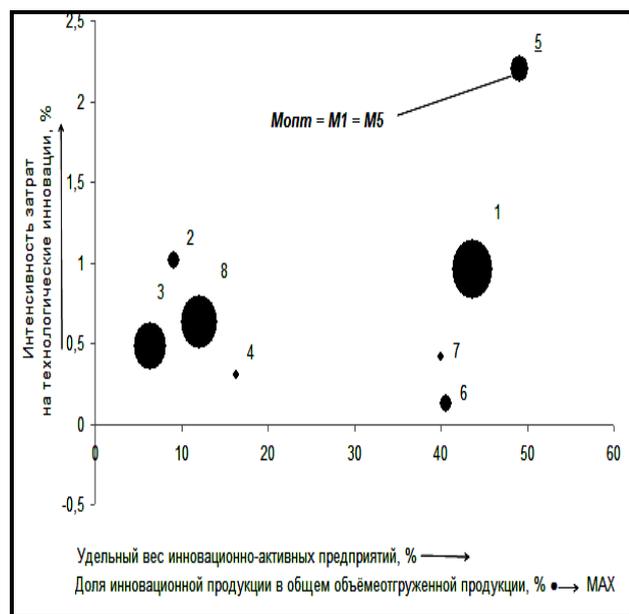


Рис. 2. Определение предпочтительной отрасли промышленности Нижегородской области по совокупности инновационных показателей

Информация представлена в табл. 3.

Таблица 3

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Инновационные показатели	Отрасли в порядке возрастания показателей							
$K_{ИА} \uparrow$	3	2	8	4	7	6	1	<u>5</u>
$K_{ИЗ} \uparrow$	6	4	7	3	8	1	2	<u>5</u>
$K_{ИП} \uparrow$	7	4	2	6	<u>5</u>	3	8	1

Выделяем опорные отрасли:

- 5 (химия, нефтехимия, производство медикаментов и стекла);
- 1 (машиностроение), характеризуемые оптимальными величинами удельного веса инновационно-активных предприятий ( $K_{ИА}$ ), интенсивности затрат на технологические инновации ( $K_{ИЗ}$ ) и доли инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции ( $K_{ИП}$ ).

Вариант 5 превосходит по долевым критериям остальные альтернативы. Ответ находится в области

низкого риска недоучета влияния параметров и его следует утвердить в качестве окончательного.

Далее для иллюстрации процедуры обратимся к первой системе показателей инновационной деятельности [6], но за предшествующий год (рис. 3).

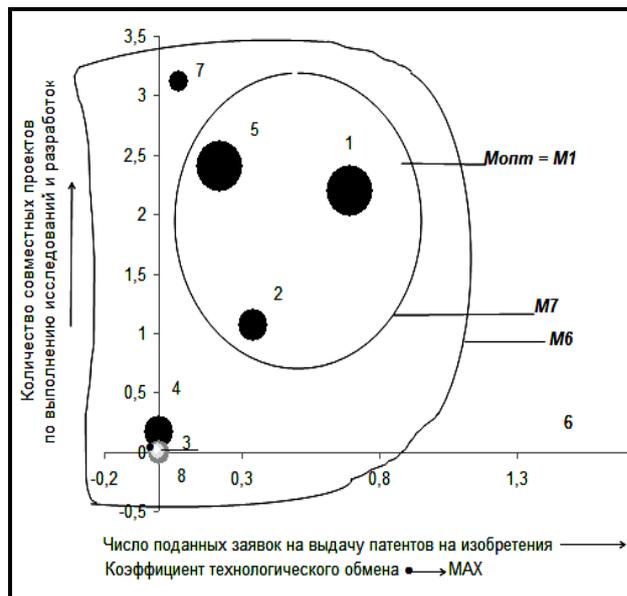


Рис. 3. Определение предпочтительной отрасли промышленности Нижегородской области по совокупности инновационных показателей

Информация сведена в табл. 4.

Таблица 4

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Инновационные показатели	Отрасли в порядке возрастания показателей							
$K_{ЭП} \uparrow$	8	3	4	7	5	2	<u>1</u>	6
$K_{СП} \uparrow$	8	6	3	4	2	<u>1</u>	5	7
$K_{ТО} \uparrow$	6	3	7	8	4	2	5	<u>1</u>

Выделяем опорные отрасли:

- 6 (целлюлозно-бумажная промышленность и деревообработка);
- 7 (черная и цветная металлургия);
- 1 (машиностроение), имеющие оптимальные значения числа поданных заявок на выдачу патентов на изобретения ( $K_{ЭП}$ ), количества совместных проектов по выполнению исследований и разработок ( $K_{СП}$ ) и коэффициента технологического обмена ( $K_{ТО}$ ).

Отрасль 6 проигрывает по долевым критериям вариантам:

- 1, 2 (пищевая промышленность);
- 3 (энергетика, предприятия ЖКХ и коммунального сервиса);
- 4 (производство стройматериалов и добывающая промышленность);
- 5 (химия, нефтехимия, производство медикаментов и стекла) и 7.

Тогда приемлемое множество примет вид:

$$M_6 = \{1, 2, 3, 4, 5, 7\}.$$

Отрасль 7 уступает по долевым критериям альтернативам 1, 2 и 5. Получим следующее приемлемое множество  $M_7 = \{1, 2, 5\}$ . Вариант 1 превосходит по долевым критериям любые альтернативы. Приемлемое множество запишем в виде  $M_1 = \{1\}$ .

Формируем совместное решение посредством пересечения приемлемых множеств  $M_{opt} = \{1\}$ . Ответ, как и в ситуации, представленной на рис. 1, находится в области среднего риска недоучета влияния параметров и здесь можно инициировать повторное рассмотрение системы инновационных показателей.

## ВЫВОДЫ

1. Инструментарий сравнительного анализа инновационной деятельности отраслей промышленности, базирующийся на классических принципах многокритериальной оптимизации, не позволяет в полной мере раскрыть неопределенность, вызванную противоречиями показателей.

2. При попарном сравнении вариантов в качестве исходного критерия оценки логично задействовать долю (удельный вес) коэффициентов, по которым отрасль является лидером в исследуемой паре.

3. Для проведения сравнительного анализа инновационной деятельности в работе представлена авторская методика отбора предпочтительной отрасли. Методика предполагает определение опорных альтернатив, имеющих оптимальные значения показателей, и формирование относительно них приемлемых множеств, включающих варианты с максимальными долевыми критериями.

4. Далее получают совместное решение посредством пересечения частных множеств и выделяют единственную отрасль по аналогии с предыдущими этапами. При глубоких противоречиях один из показателей принимается за главный.

5. Послеоптимизационный анализ необходим для исследования полученного согласно методике результата. Предложенная в статье процедура позволяет оценить степень противоречия инновационных показателей и принять решение по их корректировке.

## Литература

1. Лапаев Д.Н. Многокритериальное принятие решений в экономике [Текст] : монография / Д.Н. Лапаев. – Н. Новгород : ВГИПУ, 2010. – 362 с.
2. Лапаев Д.Н. Сравнительная оценка эффективности инновационного развития экономических систем [Текст] / Д.Н. Лапаев // Интеграл. – 2011. – №6. – С. 46-47.
3. Лапаев Д.Н. Сравнительный анализ инновационного развития экономических систем по совокупности показателей [Текст] / Д.Н. Лапаев // Предпринимательство. – 2011. – №6. – С. 110-114.
4. Лапаев Д.Н. Многокритериальное сравнение альтернатив в экономике [Текст] : монография / Д.Н. Лапаев, О.Н. Лапаева. – Н. Новгород : НГПУ, 2012. – 232 с.
5. Лапаев Д.Н. Двухкритериальный сравнительный анализ инновационного развития экономических систем [Текст] / Д.Н. Лапаев // Интеграл. – 2012. – №2. – С. 50-51.
6. Исследование инновационной активности промышленных предприятий и организаций Нижегородской области: каталог промышленных предприятий [Текст] / В.В. Нефедов [и др.] – Н. Новгород : НГТУ, 2013. – 32 с.
7. Инновационные преобразования как императив устойчивого развития и экономической безопасности России [Текст] : монография / В.К. Сенчагов [и др.] – М. : Анкил, 2013. – 688 с.
8. Комплексная оценка инновационной активности предприятий и организаций промышленно развитого региона (инновационный аудит) [Текст]: монография / В.В. Нефедов [и др.] – Н. Новгород : НГТУ, 2013. – 122 с.

## Ключевые слова

Многокритериальный выбор; инновационная деятельность; отрасль промышленности; долевого критерий; послеоптимизационный анализ.

*Лапаев Дмитрий Николаевич;  
Лапаева Ольга Николаевна*

## РЕЦЕНЗИЯ

Представленная на рецензирование статья посвящена решению важной научно-экономической задачи выбора лучшей альтернативы при сопоставлении инновационной деятельности отраслей промышленности по совокупности противоречивых показателей. Указанная проблематика подробно отражена в трудах отечественных и зарубежных ученых и практиков. Однако по-прежнему остается ряд узких мест.

Действительно, выполнение требования оптимальности по Парето является необходимым, но не достаточным условием для осуществления окончательного выбора. Для раскрытия неопределенности, вызванной противоречивостью показателей, требуются новые подходы. С этой целью авторы вполне обоснованно вводят долевого критерий, позволяющий исключить слабые варианты и сократить пространство для дальнейшего поиска, а также разрабатывают соответствующую методику.

Методика предполагает предварительное выделение опорных альтернатив, имеющих оптимальные значения показателей, и дальнейшее формирование приемлемых множеств, содержащих варианты с максимальными долевыми критериями. Затем находят общее решение посредством пересечения частных множеств и по аналогии определяют единственную отрасль. При значительных противоречиях показателей один из них принимается за главный.

Статья наглядно демонстрирует, что на практике ситуации реализации методики разнятся, и данное обстоятельство следует учитывать при выработке окончательного решения. Поэтому оригинальной находкой авторов является процедура послеоптимизационного анализа, осуществляющая обратную связь. Отметим, что данный компонент отсутствует в классических методиках формирования паретовского множества и нижестоящих рангов.

Для проведения итогового анализа предлагается матрица, в которой необходимость проведения дополнительного исследования увязана со способом получения решения, противоречиями инновационных показателей и риском недоучета влияния показателей, составляющих исходную систему.

На основании вышеизложенного считаю, что рецензируемая статья отвечает требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ. Работа может быть опубликована в журнале «Аудит и финансовый анализ».

*Волостнов Н.С., д.э.н., профессор кафедры экономики и менеджмента ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта».*