

УДК 338.242

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-11-1451-1460>

Энтропийная методология оценки влияния синергетических эффектов на реализацию проекта

Сергей Юрьевич Агауров¹, Наталья Валерьевна Зыкова²✉, Андрей Геннадьевич Тутыгин³

¹ Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия, voltu@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8192-2731>

² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия, zykovanv@gmail.com ✉, <https://orcid.org/0000-0001-7537-6860>

³ Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия, andgt64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9821-651X>

Аннотация

Цель. Разработать систему показателей, позволяющих определить индикаторы, которые необходимо учитывать на фоне получения синергетического эффекта для успешной реализации проектов, а также посредством энтропийной модели выявить значимость и формирование веса индикаторов.

Задачи. Раскрыть сущность синергетических эффектов и отраслевую специфику их проявления в нефтегазовой отрасли; на основании экспертной оценки выявить набор показателей; оценить значимость индикаторов в условиях риска и неопределенности отрасли.

Методология. При проведении исследования использованы общенаучные методы, метод анализа иерархий, метод Дельфи, метод экспертных оценок.

Результаты. Предложен авторский подход к решению проблем оценки эффективности реализации крупных проектов в условиях риска и неопределенности. Авторами рассмотрена возможность применения индикаторов, оказывающих наибольшее влияние по соответствующим аспектам, к оценке получения синергетического эффекта при реализации проекта и эффективности управления крупным проектом на примере нефтегазовой отрасли. Выявлена система показателей оценки, влияющих на эффективность проекта, по шести аспектам: социальному, экологическому, экономическому, технологическому, геополитическому и аспекту безопасности, рассчитан энтропийный вес индикаторов. Применена теория Кронбаха, которая способствовала достижению более объективных и обоснованных результатов анализа.

Выводы. В статье рассмотрена проблема расчета весовых коэффициентов для различных индикаторов оценки эффективности проектов, предложено ее решение на основе метода экспертной оценки и расчета энтропийного веса. Предлагаемая авторами методика универсальна, адаптирована к российским реалиям и учитывает особенности нефтегазовой отрасли. В связи с этим стало очевидным, что использование ее для других отраслей требует корректировки индикаторов ввиду оценок экспертов соответствующего профиля.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, синергетический эффект, энтропийный метод, оценка эффективности управления проектом, теория Кронбаха

Для цитирования: Агауров С. Ю., Зыкова Н. В., Тутыгин А. Г. Энтропийная методология оценки влияния синергетических эффектов на реализацию проекта // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 11. С. 1451–1460. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-11-1451-1460>

Благодарности: статья подготовлена в рамках тематики научных исследований, проводимых Лабораторией проблем развития территорий ФИЦКИА УрО РАН и кафедрой экономики и управления ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет».

© Агауров С. Ю., Зыкова Н. В., Тутыгин А. Г., 2025

Entropy methodology for assessing the impact of synergistic effects on project implementation

Sergey Yu. Agaurov¹, Natalya V. Zyкова^{2✉}, Andrey G. Tutygin³

¹ Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia, voltu@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-8192-2731>

² Norther State Medical University, Arkhangelsk, Russia, zykovav@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7537-6860>

³ Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia, andgt64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9821-651X>

Abstract

Aim. The work aimed to develop a system of indicators to identify those that must be considered when achieving synergistic effects for the successful implementation of projects, as well as to identify the significance and weighting of these indicators, using an entropy model.

Objectives. The work seeks to reveal the essence of synergistic effects and the industry-specific nature of their manifestation in the oil and gas industry; identify a set of indicators based on expert assessment; and assess the significance of these indicators in the context of risk and uncertainty in the industry.

Methods. The study applied general scientific methods, including the analytic hierarchy process, the Delphi method, and expert assessments.

Results. The authors propose a unique approach to assessing the effectiveness of large projects implementation under conditions of risk and uncertainty. They examined the feasibility of using indicators exerting the greatest impact in relevant fields to assess synergies during project implementation and the effectiveness of large-scale project management, using the oil and gas industry as an example. The work identified a system of performance indicators that impact the project effectiveness across six aspects (social, environmental, economic, technological, geopolitical, and security). The entropy weights of the indicators were also calculated. Cronbach's theory was applied, contributing to more objective and valid analytical results.

Conclusions. This article addresses the problem of calculating weighting coefficients for various project performance indicators and proposes a solution based on expert assessment and entropy weight calculation. The methodology proposed by the authors is universal and adapted to Russian realities. Since this methodology takes into account the specifics of the oil and gas industry, it became obvious that its use in other industries requires adjustments to the indicators based on assessments of experts in the appropriate field.

Keywords: oil and gas industry, synergistic effect, entropy method, project management effectiveness assessment, Cronbach's theory

For citation: Agaurov S.Yu., Zyкова N.V., Tutygin A.G. Entropy methodology for assessing the impact of synergistic effects on project implementation. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(11):1451-1460. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-11-1451-1460>

Acknowledgments: This article was prepared as part of the research conducted by the Laboratory of Territorial Development Problems of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the Department of Economics and Management of the Northern State Medical University.

Введение

Синергетика — научное направление, изучающее связи между элементами системы [1]. М. Портер [2] формулирует понятие синергетического эффекта в экономике как «эффекта взаимодействия взаимосвязанных элементов системы». И. И. Мазур детализирует: «Оценку синергетического

эффекта стратегических позиций проекта можно укрупненно свести к определению того положительного экономического или иного эффекта, возникающего от совмещения различных стратегических усилий или их отдельных аспектов» [3]. И. Ансофф [4] ввел понятие «инвестиционный синергизм», то есть описание результата использования предприятиями одной отрасли совместных

производственных мощностей и сырья в условиях трансфера инноваций. Эффект синергии достигается снижением инвестиционных рисков.

Оценка взаимодействия процессов, протекающих в рамках проекта как комплекса мероприятий, может быть построена с учетом ряда особенностей: взаимозависимости проектов, целевой согласованности, динамичности изменений и др. Представляя проект как систему бизнес-процессов, следует учитывать, что целостность системы, взаимодействие и синергия являются ключевыми условиями существования этой системы. Следовательно, в рамках проекта не могут существовать независимые процессы. Результаты процесса представляют собой конечные результаты проекта либо промежуточные ресурсы, потребляемые другими процессами [5].

Тема применения энтропийных методов для оценки синергетических эффектов в проектах выступает предметом исследований в области управления проектами, системного анализа и теории сложных систем. Энтропийная методология становится одним из главных инструментов для оценки синергетических эффектов, особенно в сложных проектах [6; 7; 8; 9]. Современные исследования демонстрируют ее эффективность в снижении неопределенности и повышении точности управленческих решений [10; 11]. По мнению авторов, необходимо исследовать вопросы анализа синергетических эффектов в условиях неопределенности и риска, а также причины и формы проявления синергии с учетом отраслевых особенностей.

Материалы и методы

Авторы предлагают посредством экспертного метода определить систему показателей к оценке возникающих синергетических эффектов управления крупным проектом (исследование проведено на примере нефтегазовой отрасли) с учетом факторов риска и неопределенности.

В течение последних лет огромный интерес в исследовательской среде вызывает энтропийный метод, который позволяет объективно (на основе данных) учитывать вклад различных факторов синергии и риска в общую оценку крупных проектов, ранжировать проекты по их комплексной привлекательности и выявить наиболее значимые

критерии различия между ними. Метод энтропийного взвешивания [12] чаще используют для присвоения весов индексам, поскольку он автоматически, на основе объективного математического анализа разброса значений внутри данных, присваивает каждому индексу вес. Этот вес пропорционален реальной способности индекса различать объекты оценки в конкретной выборке, максимально используя информацию, заложенную в вариативности данных, и минимизируя влияние человеческого субъективизма.

Указанный метод оценки помогает устранить предвзятые суждения и субъективную интерпретацию. Вместе с тем он учитывает знания в области исследования. Реализация метода осуществляется в три этапа: на первом этапе эксперты строят систему показателей, на втором — рассчитывают веса групп показателей и энтропийные веса индикаторов в группах, на третьем — оценивают эффективность управления проектом.

Необходимость выявления системы индикаторов оценки возникающих синергетических эффектов и эффективности управления крупным проектом в нефтегазовой отрасли с учетом факторов риска и неопределенности послужила основой настоящего исследования. Использование результатов для других отраслей требует корректировки индикаторов с учетом оценок экспертов соответствующего профиля.

Результаты и обсуждение

Исследование разделено нами на три этапа.

Первый этап — построение экспертами системы показателей. Для уточнения системы показателей применен метод Дельфи, профиль эксперта должен был соответствовать минимальным требованиям. Академические эксперты и эксперты из практического сообщества должны были иметь профессиональную квалификацию и опыт работы в мегапроектах. В процессе исследования опрошено восемь экспертов, имеющих огромный опыт практической и научной деятельности, что отражено в таблице 1.

На старте исследования эксперты представили свое мнение о научности и рациональности описаний показателей в исходной шкале, основанное на литературном обзоре и опыте реализации проектов. Определена

Справочная информация об опрошенных экспертах
Table 1. Background information on the interviewed experts

№	Должность	Возраст	Образование	Область профессиональных интересов	Стаж работы
1	Генеральный директор	41	Специалитет	Управление проектами	18
2	Генеральный директор	49	Специалитет	Управление проектами	22
3	Ректор	55	Доктор технических наук, профессор	Нефтегазовый комплекс	32
4	Директор	51	Кандидат социологических наук	Управление проектами	31
5	СЕО	45	Высшее, MBA	Стратегия, внутренняя и международная конкуренция	25
6	Первый заместитель руководителя	47	Доктор технических наук, доцент	Химические технологии (процессы и аппараты химических технологий)	22
7	Руководитель, государственный служащий	45	Высшее, MBA	Нефтегазовый комплекс	19
8	Директор	50	Специалитет	Консультации	17

Источник: составлено авторами.

система показателей оценки эффективности управления, состоящая из шести индикаторов первого уровня (в их числе — социальный, экологический, экономический, технологический, геополитический и аспект безопасности) и 32 второстепенных индикаторов.

1. Социальные включают в себя шесть второстепенных индикаторов, которые отражают региональные различия, социальное развитие, социальную стабильность и реализацию политической системы.

2. Экологические содержат пять вторичных индикаторов, которые отражают уровень использования природных ресурсов, воздействие на окружающую среду и экологическую защиту.

3. Экономические состоят из шести вторичных индикаторов, отражающих уровень производительности, бюджетную политику, условия кредитного рынка, наличие налоговых льгот и уровень экономической устойчивости проекта.

4. Технологические включают в себя пять вторичных индикаторов, отражающих применение новых прогрессивных технологий, возможность технологической реализации проекта, технологический суверенитет и качество технологической подготовки.

5. Аспекты безопасности предусматривают пять индикаторов, отражающих наличие системы информационной и пожарной безопасности, уровень преступности и заболеваемости в районе функционирования

проекта, защиту от воздействия специальной военной операции (СВО).

6. Геополитические содержат пять индикаторов. К ним отнесены соответствие требованиям национальной обороны, изменение цен на углеводородное сырье, реализация проекта в условиях применения санкций, политическая ситуация и соответствие проекта государственным подходам.

Таким образом, эксперты определили набор индикаторов через структурированную процедуру: анализ исходной шкалы на научность и рациональность и многоэтапные обсуждения с обратной связью (метод Дельфи). Изложенный подход минимизирует субъективность и обеспечивает комплексность системы оценки.

Второй этап — расчет весов по методу анализа иерархий и энтропийное взвешивание. Метод анализа иерархий (МАИ) [13] является систематической процедурой для иерархического представления элементов. Суть МАИ состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение по парным сравнениям. В нашем случае в качестве попарно сравниваемых элементов выступают группы факторов (шесть первичных индикаторов) с точки зрения силы их влияния на проект. Эксперты попарно сравнивают критерии, отвечая на вопрос о том, насколько критерий X важнее крите-

Матрица попарных сравнений
Table 2. Pairwise comparison matrix

Группы	Социальные A	Экологические B	Экономические C	Технологические D	Аспекты безопасности E	Геополитические F
Социальные A	1	7	½	5	6	8
Экологические B	1/7	1	1/6	1/3	1/2	4
Экономические C	2	6	1	7	6	8
Технологические D	1/5	3	1/7	1	2	1
Аспекты безопасности E	1/6	2	1/6	1/2	1	1/2
Геополитические F	1/8	1/4	1/8	1	2	1

Источник: составлено авторами.

Весовые коэффициенты групп факторов по МАИ
Table 3. Weighting coefficients for factor groups according to the analytic hierarchy process

Группы	Социальные A	Экологические B	Экономические C	Технологические D	Аспекты безопасности E	Геополитические F
Веса	0,3225	0,0668	0,4157	0,0846	0,0567	0,0536

Источник: составлено авторами.

рия У для успеха проекта. Заполненная экспертами с использованием шкалы Т. Саати матрица попарных сравнений приведена в таблице 2.

В основе дальнейших вычислений находятся свойства так называемой идеальной матрицы парных сравнений, подробно описанные в литературе [14]. В результате расчетов, выполненных по МАИ, получены весовые коэффициенты, представленные в таблице 3.

Рассчитанное с учетом данных, приведенных в таблице 3, отношение согласованности суждений экспертов, которое дает информацию о степени нарушения численной и транзитивной согласованности, составляет 13,2 % и является допустимым [14].

Важность шести индикаторов в оценке управления проектами показывает значительные различия. Наибольший вес среди первичных индикаторов имеют показатели экономических (0,4157) и социальных (0,3225) отношений, что свидетельствует о степени их важности в процессе оценки управления проектом.

В целях повышения точности оценки и уменьшения субъективизма для вторичных индикаторов веса рассчитаны энтропийным методом. Согласно такому подходу, чем больше разница между индикаторами, чем больше информации дает показатель, тем больше должно быть значение, присвоенное весу. Это

соответствует сути введенного К. Шенноном понятия «информационная энтропия», заключающегося в том, что прирост информации равен утраченной неопределенности [15].

Энтропийное взвешивание в настоящее время используют на протяжении жизненного цикла проектов в различных аспектах, таких как оценка эффективности проекта, оценка качества проекта и оценка стоимости проекта [16]. Расчет энтропийных весов проведен следующим образом:

1) построена матрица решений P_{ij} (в таблице 2 она представлена в транспонированном виде), где $i = 1, 2, \dots, 8$ — номер эксперта; j — номер фактора (индикатора) в соответствующей группе;

2) для каждого индикатора j рассчитана информационная энтропия H_j (1):

$$H_j = -k \cdot \sum_{i=1}^m f_{ij} \cdot \ln f_{ij},$$

где
$$f_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^m P_{ij}}, \quad k = \frac{1}{\ln m}, \quad (1)$$

где m — количество экспертов;
 H_j — информационная энтропия для j -го индикатора;

P_{ij} — оценка j -го индикатора, выставленная i -м экспертом; $P_{ij} \geq 0$;

f_{ij} — нормированная доля вклада i -го эксперта по индикатору j ; $\sum_{i=1}^m f_{ij} = 1$;

k — нормирующий коэффициент.

3) энтропийный вес индикатора в группе рассчитан по формуле (2):

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{t=1}^n d_t} = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{t=1}^n H_t}, \quad (2)$$

где n — количество индикаторов в группе,
 $d_j = 1 - H_j$,

$$0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1.$$

Неотрицательность и верхняя граница:

$$w_j = \frac{d_j}{d_j + \sum_{t \neq j} d_t} \geq 0 \quad w_j \leq \frac{d_j}{d_j} = 1.$$

Сумма весов:

$$\sum_{j=1}^n w_j = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\sum_{t=1}^n d_t} = \frac{\sum_{j=1}^n d_j}{\sum_{t=1}^n d_t} = 1. \quad (3)$$

Далее итоговые веса индикаторов второго уровня рассчитаны как произведения их внутригрупповых энтропийных весов на веса соответствующих групп, полученные по МАИ. Результаты расчетов приведены в сводной таблице 4.

После проведения расчетов весов индикаторов, отраженных в таблице 4, и анализа полученных данных можно указать наиболее значимые среди индикаторов, оказывающих наибольшее влияние по соответствующим аспектам. Экспертами, несмотря на разную отраслевую принадлежность, важными определены социальные и экономические аспекты, а также некоторые индикаторы второго порядка из технологических аспектов и безопасности.

Можно определить критично важные индикаторы, учитывая которые необходимо для успешной реализации проекта. Так, на фоне получения синергетического эффекта при реализации проекта, повышения уровня образования и социальной защищенности населения региона, при возможном применении новых современных технологий, что позволит резко повысить экологическую привлекательность и безопасность проекта, следует соблюдать бюджетную дисциплину и снижать вероятность получения отклонений бюджетного плана при реализации проекта.

Третий этап — оценка эффективности. Для обеспечения достоверности проведены тесты на надежность результатов экспертной оценки с использованием ко-

эффициента внутренней согласованности альфа Кронбаха [17]. Коэффициент альфа Кронбаха рассчитан, как показано в таблице 5, применительно к восьми экспертам отдельно для каждой группы факторов и для совокупности факторов в целом по формуле (4):

$$\alpha = \frac{m}{m-1} \cdot \frac{\sigma_X^2 - \sum_{i=1}^m \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2}, \quad X = \sum_{i=1}^m Y_i, \quad (4)$$

где m — число экспертов;

α — коэффициент альфа Кронбаха;

Y_i — величина оценки i -го эксперта по всем индикаторам внутри рассматриваемой группы;

$\sigma_{Y_i}^2$ — дисперсия оценок i -го эксперта, рассчитанная по всем индикаторам в группе;

$X = \sum Y_i$ — сумма оценок всех экспертов;

σ_X^2 — дисперсия суммарной оценки X по всем индикаторам в группе.

Внутренняя согласованность мнений экспертов относительно большинства среди групп индикаторов находится на достаточном или хорошем уровне. Исключение составляют оценки для групп B («плохая согласованность») и F («сомнительная»). В связи с этим индикаторы, включенные в эти группы, в определенных ситуациях могут потребовать дополнительного анализа. К тому же внутренняя согласованность экспертных суждений, по Кронбаху, в целом не противоречит оценке согласованности, полученной с применением МАИ.

Выводы

В результате исследования построена система индикаторов, влияющих на эффективность проекта, по шести аспектам: социальному, экологическому, экономическому, технологическому, геополитическому и аспекту безопасности. С помощью энтропийных весов проведены оценка важности каждого индикатора и формирование веса индикаторов. Для обеспечения достоверности применены тесты на надежность результатов экспертной оценки с использованием коэффициента внутренней согласованности альфа Кронбаха и индекс согласованности, предоставляющий информацию о степени нарушения численной и транзитивной согласованности. В дальнейшем для улучшения согласованности рекомендуем поиск дополнительной информации и пересмотр данных, использованных при построении шкалы.

Расчет весов индикаторов
Table 4. Calculation of indicator weights

Индикаторы первого уровня	Веса первого уровня по МАИ (из таблицы 3)	Второстепенные индикаторы	Энтропийные веса внутри групп	Итоговые веса индикаторов второго уровня
Социальные аспекты	0,3225	Поддержка социальной стабильности A1	0,2860	0,0922
		Повышение уровня занятости и вовлеченности населения A2	0,0383	0,0124
		Увеличение уровня доходов населения в районе расположения инвестиционного проекта A3	0,0997	0,0322
		Повышение продуктивности труда за счет улучшения условий труда A4	0,0799	0,0258
		Улучшение коммуникативных навыков сотрудников и населения A5	0,1559	0,0503
		Повышение уровня образования A6	0,3402	0,1097
Экологические аспекты	0,0668	Удовлетворение потребности в охране окружающей среды B1	0,5027	0,0336
		Улучшение состояния здоровья населения B2	0,1090	0,0073
		Защита региональных ресурсов B3	0,2341	0,0156
		Качественное использование местных ресурсов B4	0,0992	0,0066
		Положительное влияние на местный экологический баланс B5	0,0550	0,0037
Экономические аспекты	0,4157	Возможные отклонения (превышение) бюджета проекта C1	0,2179	0,0906
		Содействие росту регионального ВВП C2	0,0659	0,0274
		Возможность получения кредитов на реализацию проекта C3	0,2084	0,0866
		Наличие налоговых льгот, особых экономических зон C4	0,0703	0,0292
		Возможность эмиссии ценных бумаг C5	0,2988	0,1242
		Синергетический эффект от реализации проекта C6	0,1386	0,0576
Технологические аспекты	0,0846	Применение новых прогрессивных технологий D1	0,3396	0,0287
		Возможность технологической реализации проекта D2	0,1022	0,0086
		Получение технологического суверенитета проекта D3	0,2755	0,0233
		Учет технологических особенностей проекта D4	0,1660	0,0140
		Улучшение качества технологической подготовки проекта D5	0,1168	0,0099
Аспекты безопасности	0,0567	Наличие системы информационной безопасности E1	0,0665	0,0038
		Увеличение уровня преступности в районе местоположения проекта E2	0,1970	0,0112
		Увеличение уровня заболеваемости в районе функционирования проекта E3	0,3312	0,0188
		Увеличение уровня пожарной безопасности в районе функционирования предприятия E4	0,2911	0,0165
		Защита от военных атак и воздействий E5	0,1140	0,0065
Геополитические аспекты	0,0536	Соответствие политических, правовых и стратегических подходов проекта к государственным F1	0,3358	0,0180
		Соответствие требованиям национальной обороны F2	0,3479	0,0187
		Корректировка различий в политике, связанных с проектом F3	0,0000	0,0000
		Изменение цен на углеводородное сырье F4	0,1654	0,0089
		Увеличение риска применения санкций F5	0,1509	0,0081

Источник: составлено авторами.

Коэффициенты по группам индикаторов

Table 5. Coefficients by indicator groups

Группа индикаторов	α	Внутренняя согласованность
Социальные аспекты <i>A</i>	0,7806	$0,7 < \alpha < 0,8$, достаточная
Экологические аспекты <i>B</i>	0,5783	$0,5 < \alpha < 0,6$, плохая
Экономические аспекты <i>C</i>	0,8707	$0,8 < \alpha < 0,9$, хорошая
Технологические аспекты <i>D</i>	0,7359	$0,7 < \alpha < 0,8$, достаточная
Аспекты безопасности <i>E</i>	0,7062	$0,7 < \alpha < 0,8$, достаточная
Геополитические аспекты <i>F</i>	0,6617	$0,6 < \alpha < 0,7$, сомнительная
По совокупности индикаторов	0,8581	$0,8 < \alpha < 0,9$, хорошая

Источник: составлено авторами.

Список источников

1. Галабурда В. Г. Синергетический эффект транспорта // Мир транспорта. 2014. Т. 12. № 1. С. 96–100.
2. Портер М. Конкурентное преимущество. Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 715 с.
3. Управление проектами: учеб. пособие / под общ. ред. И. И. Мазура, В. Д. Шапиро. 6-е изд., стер. М.: Омега-Л, 2010. 960 с.
4. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / пер. с англ. С. Жильцов; под ред. Ю. Н. Каптуревского. СПб.: Питер, 1999. 416 с.
5. Коменденко С. Н., Писарев Д. В. Синергетический эффект совместной реализации инвестиционных проектов // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 23. С. 37–44.
6. Dehdasht G., Zin R. M., Ferwati M. S. et al. DEMATEL-ANP risk assessment in oil and gas construction projects // Sustainability. 2017. Vol. 9. No. 8. Article 1420. <https://doi.org/10.3390/su9081420>
7. Dai L., Liu X., Wang J., Yang C., Chen R. Learning two-view correspondences and geometry via local neighborhood correlation // Entropy. 2021. Vol. 23. No. 8. Article 1024. <https://doi.org/10.3390/e23081024>
8. Li H., Shang Q., Deng Y. A generalized gravity model for influential spreaders identification in complex networks // Chaos, Solitons & Fractals. 2021. Vol. 143. Article 110456. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110456>
9. Bumin M., Ozcalici M. Predicting the direction of financial dollarization movement with genetic algorithm and machine learning algorithms: The case of Turkey // Expert Systems with Applications. 2023. Vol. 213. Part C. Article 119301. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119301>
10. Scuotto V., Magni D., Palladino R., Nicotra M. Triggering disruptive technology absorptive capacity by CIOs. Explorative research on a micro-foundation lens // Technological Forecasting and Social Change. 2022. Vol. 174. No. 6. Article 121234. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121234>
11. Hammoud A. Trimetric fusion: A novel algorithm for multi-criteria decision-making // International Research Journal. 2025. No. 3. Article 88. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.6>
12. Матризаев Б. Д. Исследование синергетических эффектов влияния инновационных и сопряженных макроэкономических факторов на экономический рост // Финансы: теория и практика. 2021. Т. 25. № 4. С. 98–109. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-98-109>
13. Коробов В. Б., Тутьгин А. Г. Классификационные методы решения эколого-экономических задач. Архангельск: Поморский университет, 2010. 309 с.
14. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети / пер. с англ. О. Н. Андрейчиковой; науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. 2-е изд. М.: Либроком, 2009. 360 с.
15. Chen D., Xiang P., Jia F. Performance measurement of operation and maintenance for infrastructure mega-project based on entropy method and D-S evidence theory // Ain Shams Engineering Journal. 2022. Vol. 13. No. 2. Article 101591. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.018>
16. Ghoddousi P., Nasirzadeh F., Hashemi H. Evaluating highway construction projects' sustainability using a multicriteria group decision-making model based on bootstrap

- simulation // Journal of Construction Engineering and Management. 2018. Vol. 144. No. 9. Article 04018092. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001514](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001514)
17. Cronbach L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests // Psychometrika. 1951. Vol. 16. No. 3. P. 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>

References

- Galaburda V.G. Synergetic effect of transport. *Mir transporta = World of Transport and Transportation*. 2014;12(1):96-100. (In Russ.).
- Porter M.E. Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. New York, NY.: The Free Press; 1998. 592 p. (Russ. ed.: Porter M. Konkurentnoe preimushchestvo: Kak dostich' vysokogo rezul'tata i obespechit' ego ustoichivost'. Moscow: Alpina Business Books; 2005. 715 p.).
- Mazur I.I., Shapiro V.D., eds. Project management: A textbook. 6th ed. Moscow: Omega-L; 2010. 960 p. (In Russ.).
- Ansoff I. The new corporate strategy. New York, NY: John Wiley & Sons; 1988. 288 p. (Russ. ed.: Ansoff I. Novaya korporativnaya strategiya. St. Petersburg: Piter; 1999. 416 p.).
- Komendenko S.N., Pisarev D.V. Synergistic effect of joint implementation of investment projects. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*. 2012;(23):37-44. (In Russ.).
- Dehdasht G., Zin R.M., Ferwati M.S., et al. DEMATEL-ANP risk assessment in oil and gas construction projects. *Sustainability*. 2017;9(8):1420. <https://doi.org/10.3390/su9081420>
- Dai L., Liu X., Wang J., Yang C., Chen R. Learning two-view correspondences and geometry via local neighborhood correlation. *Entropy*. 2021;23(8):1024. <https://doi.org/10.3390/e23081024>
- Li H., Shang Q., Deng Y. A generalized gravity model for influential spreaders identification in complex networks. *Chaos, Solitons & Fractals*. 2021;143:110456. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110456>
- Bumin M., Ozcalici M. Predicting the direction of financial dollarization movement with genetic algorithm and machine learning algorithms: The case of Turkey. *Expert Systems with Applications*. 2023;213C:119301. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119301>
- Scuotto V., Magni D., Palladino R., Nicotra M. Triggering disruptive technology absorptive capacity by CIOs. Explorative research on a micro-foundation lens. *Technological Forecasting and Social Change*. 2022;174(6):121234. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121234>
- Hammoud A. Trimetric fusion: A novel algorithm for multi-criteria decision-making. *International Research Journal*. 2025;(3):88. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.6>
- Matrizaev B.D. Research of the synergetic effects of the impact of innovative and related macroeconomic factors on economic growth. *Finance: Theory and Practice*. 2021;25(4): 98-109. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2021-25-4-98-109>
- Korobov V.B., Tutygin A.G. Classification methods for solving environmental and economic problems. Arkhangelsk: Pomor University; 2010. 309 p. (In Russ.).
- Saaty T.L. Decision making with the analytic network process. New York, NY: Springer; 2006. 288 p. (Russ. ed.: Saaty T.L. Prinyatie reshenii pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: analiticheskie seti. 2nd ed. Moscow: Librokom; 2009. 360 p.).
- Chen D., Xiang P., Jia F. Performance measurement of operation and maintenance for infrastructure mega-project based on entropy method and D-S evidence theory. *Ain Shams Engineering Journal*. 2022;13(2):101591. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.018>
- Ghoddousi P., Nasirzadeh F., Hashemi H. Evaluating highway construction projects' sustainability using a multicriteria group decision-making model based on bootstrap simulation. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2018;144(9):04018092. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001514](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001514)
- Cronbach L.J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. 1951;16(3):297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>

Информация об авторах

Сергей Юрьевич Агауров

слушатель DBA-19

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

103274, Москва, Краснопресненская наб., д. 2

Information about the authors

Sergey Yu. Agaurov

DBA-19 listener

Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation

2 Krasnopresnenskaya Emb., bldg. 2, Moscow 103274, Russia

Наталья Валерьевна Зыкова

кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой экономики

Северный государственный медицинский
университет

163069, Архангельск, Троицкий пр., д. 51

Андрей Геннадьевич Тутыгин

кандидат физико-математических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

Федеральный исследовательский центр
комплексного изучения Арктики
имени академика Н. П. Лаверова
Уральского отделения Российской академии наук
163001, Архангельск, Ломоносова пр., д. 249

Поступила в редакцию 02.06.2025
Прошла рецензирование 27.08.2025
Подписана в печать 20.11.2025

Natalya V. Zyкова

PhD in Economics, Associate Professor,
Head of Department of Economics

Norther State Medical
University

51 Troitsky Ave., Arkhangelsk 163069, Russia

Andrey G. Tutygin

PhD in Physics and Mathematics Sciences,
Associate Professor, leading researcher

Federal Research Center for Comprehensive
Study of the Arctic named after Academician
N.P. Laverov of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences

249 Lomonosov Ave., Arkhangelsk 163001, Russia

Received 02.06.2025
Revised 27.08.2025
Accepted 20.11.2025

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest
related to the publication of this article.