
МЕТОДИКА ПРИОРИТИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Сычёва Наталья Вячеславовна, канд. экон. наук

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, пр-т Октября, 48, Гомель, Республика Беларусь, 246029; e-mail: nata.tsvetkova@mail.ru

Предмет: инструменты и механизмы обоснования управленческих решений по определению наилучших проектов развития пространственных систем. Особое внимание уделено изучению возможностей применения многокритериальных методов принятия решений в системе управления проектами развития сельских территорий. *Цель:* разработка научно обоснованного методического инструментария математической поддержки принятия решений по определению приоритетности реализации проектов устойчивого сельского развития. *Дизайн исследования:* основные результаты получены с использованием как общенаучных методов исследования (монографический, анализ, синтез, измерение, формализация и др.), так и конкретно-научных (математическое моделирование, стандартизация). Информационная база исследования сформирована на основе публикаций, посвященных решению управленческих задач с использованием многокритериальных методов принятия решений, а также руководящих и нормативных документов международных организаций. *Результаты:* разработана методика приоритизации проектов устойчивого развития сельских территорий, основанная на модификации метода TOPSIS (Метод приоритизации предпочтений на основе близости к идеальному решению) и адаптированная к особенностям проектного управления территориальным развитием. Обоснована последовательность этапов и соответствующих расчетных операций, представлен математический инструментарий их выполнения, сформулированы рекомендации по эффективному использованию метода экспертных оценок для учета значимости критериев проектов, рассмотрен механизм обеспечения сопоставимости оценочных данных для критериев позитивного и негативного типа. Методика может быть использована для сравнительной оценки проектов устойчивого развития сельских территорий и определения приоритетности их инвестирования.

Ключевые слова: устойчивое развитие, сельские территории,

управление проектами развития, TOPSIS, приоритизация проектов, метод экспертных оценок.

DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/6/51-71

Введение

Устойчивое развитие сельских территорий относится к числу основных стратегических целей социально-экономической политики Республики Беларусь и связывается с возможностью обеспечения региональной и национальной продовольственной безопасности, повышения эффективности аграрной экономики, уменьшения асимметричности развития городских и сельских аггломераций, предотвращения дальнейшего развития неблагоприятных демографических тенденций в сельской местности.

Научно-практическая задача выбора наиболее эффективных моделей и механизмов сельского развития широко освещается в литературе. Мировой опыт показывает, что использование модели эндогенного развития сельских территорий, основанной на использовании их внутреннего потенциала, позволяет создать благоприятные условия жизнедеятельности сельского населения, способствует сохранению ценных для настоящего и будущего поколений природных, культурных и исторических объектов. Необходимым условием успешной реализации такой модели является активное участие населения в разработке и внедрении проектов сельского развития, мониторинге и оценке их эффективности.

Управление проектами относится к числу широко распространенных инструментов менеджмента и находит применение для решения широкого спектра задач, решаемых как на уровне субъектов хозяйствования, так и в рамках программно-целевого государственного регулирования развития регионов и национальных экономик. При этом проекты устойчивого развития сельских территорий (далее – проекты развития сельских территорий) относятся к сфере общественного сектора, цели которого не связаны с извлечением и максимизацией прибыли бизнес-структур, и направлены на решение конкретных социальных, экономических и экологических проблем сельского развития.

Результативное вовлечение сельского населения в процесс управления проектами территориального развития обеспечивает его заинтересованное участие в принятии решений на всех этапах проектного цикла. Одной из форм такого участия является непосредственное инициирование проектов на основе творческого мышления и новых идей, реализация которых направлена на трансформацию сельских территорий в соответствии с основными принципами устойчивого развития. Таким образом возникает задача управления портфелем проектов, предопределяющая необходимость их сравнительного анализа и отбора наилучших. Это позволяет снизить значимость субъективных факторов, оказывающих влияние на принятие решения по финансированию проектов, тем самым повысить эффективность ис-

пользования выделенных ресурсов, включая государственные инвестиции.

Согласно признанному на международном уровне стандарту по устойчивому управлению проектами «P5» процессы выявления, расстановки приоритетов и выбора лучших проектов для реализации составляют основу управления портфелем проектов¹. Таким образом, приоритизация проектов развития сельских территорий – это неотъемлемый компонент механизма проектного управления и инструмент, обеспечивающий его эффективность.

Принимая во внимание ограниченность финансовых ресурсов и необходимость концентрации усилий на решении первоочередных задач, возникает объективная необходимость в использовании специального методического инструментария, обеспечивающего возможность оценки и ранжирования проектов. Его обоснованный выбор требует учета отличительных особенностей анализа и оценки этой категории проектов, которые состоят в следующем:

- во-первых, многокритериальность, обусловленная потребностью комплексной всесторонней оценки проектов;
- во-вторых, разнородность оцениваемых характеристик, их принадлежность к различным структурно-функциональным подсистемам сельских территорий (экономической, социальной, экологической);
- в-третьих, неэквивалентность значимости критериев для различных категорий стейкхолдеров проектов (представителей власти, инвесторов, участников проектов, населения);
- в-четвертых, совместное использование критериев оценки проектов, несопоставимых без выполнения процедуры стандартизации ввиду их принадлежности к позитивному (качество проекта) или негативному типу (время и стоимость проекта);
- в-пятых, отсутствие полной и четкой информации о характере и степени влиянии проектов на устойчивое развитие сельских территорий, вынужденное использование субъективных оценочных суждений лиц, наделенных полномочиями экспертов.

С учетом этого задачу эффективного анализа и приоритизации проектов развития сельских территорий предлагается решать при помощи методики, объединяющей несколько математических инструментов, предназначенных для выполнения одной или нескольких расчетных операций, а именно:

- метод TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution – Метод приоритизации предпочтений на основе близости к идеальному решению);
- метод парного сравнения;
- метод стандартизации данных.

¹ The GPM® P5™ Standard for Sustainability in Project Management GPM Global Version 3.0, 2023. Available at: <https://mosaicprojects.com.au/PDF-Gen/The-GPM-P5-Standard-for-Sustainability-in-Project-Management-v3.0.pdf> (accessed: 26.08.2024).

TOPSIS относится к группе многокритериальных методов принятия решений MCDM (Multiple Criteria Decision-Making), основу которых составляют процедуры обработки информации, сравнительного анализа имеющихся вариантов с использованием различных критериев оценки и определения наилучшего из них. Метод парного сравнения Луи Терстоуна широко применяется в экспертных оценках для целей расстановки приоритетов в процессе какой-либо деятельности или ранжирования различных объектов. Стандартизация – это статистический метод, обеспечивающий возможность сопоставимости различных переменных. В настоящем исследовании TOPSIS является основным методом, необходимым для достижения цели методики, состоящей в определении приоритетов проектов. Остальные математические инструменты играют вспомогательную роль и позволяют расширить возможности классического метода TOPSIS, а также учесть особенности проектов развития сельских территорий.

Метод TOPSIS впервые был предложен в 1981 году учеными К. Хван и К. Юн [16]. Его суть состоит в поиске альтернатив, значения оценок которых наиболее близки к идеально позитивному решению и наиболее отдалены от идеально негативного решения. Идеально позитивное решение представляет собой вектор максимальных значений матрицы взвешенных оценок альтернатив, а идеально негативное – соответственно, вектор минимальных значений. Алгоритм применения метода TOPSIS рассмотрен в работах многих зарубежных исследователей [11, 12, 14, 21, 22, 24, 25, 31, 36]. Дальнейшее развитие и модификация классического метода TOPSIS направлены на расширение возможностей его применения и минимизации недостатков при решении определенных задач.

Широкий спектр управленческих задач, решение которых возможно на основе применения метода TOPSIS, охватывает следующие:

- в сфере управления производством – выбор технологий [6, 8];
- в сфере управления человеческими ресурсами – формирование эффективной системы материального стимулирования и отбор персонала [4, 24, 30];
- в сфере экономики и финансов – анализ инвестиционных проектов [28] и оценка финансовой эффективности субъектов экономики [19];
- в сфере проектного управления – оценка рисков и уровня сложности проектов [10, 15, 18, 26, 34, 36], выбор поставщиков и подрядчиков [17, 22] и определение последовательности их разработки [25];
- в сфере управления устойчивым развитием социально-экономических систем – построение ESG-рейтингов [9], оценка устойчивого развития с позиций энергоэффективности и воздействия национальной экономики на окружающую среду [20], оценка уровня благосостояния и устойчивости развития территорий (регионов, округов, островов, стран) [1-3, 13, 29, 35, 38].

В ряде научных публикаций [7, 10, 12, 17, 20, 22, 24, 26, 27] рассмотрены возможности применения метода TOPSIS в комбинации с одним

или несколькими альтернативными математическими инструментами поддержки принятия решений, такими как метод анализа охвата данных (DEA – Data Envelopment Analysis), метод анализа иерархий Саати (AHP – Analytic Hierarchy Process), «Лучший-худший метод» (BWM – Best-Worst Method), метод «Дельфи» (Delphi Method), метод простого аддитивного взвешивания (SAW – Simple Additive Weighting). Их совместное использование обусловлено необходимостью получения весовых коэффициентов, применяемых в технологии TOPSIS для учета значимости и ранжирования критериев оценки различных вариантов решений, а также для сравнительной оценки объектов с помощью системы неоднородных показателей.

Развитие концепции и постепенное расширение области практического применения метода TOPSIS при решении сложных управленческих задач связано с его объективными достоинствами [1, 5, 21, 25, 30, 31, 34, 38], в числе которых: относительная простота, хорошая вычислительная эффективность, рациональная и понятная концепция, представляющая обоснованный человеческий выбор; возможность измерить относительную эффективность каждой альтернативы в простой математической форме; применимость для случаев со значительным количеством критериев и альтернатив; гибкость, определяемая возможностью модификации алгоритма расчетов, введения дополнительных этапов и элементов в процесс принятия решений.

В то же время метод TOPSIS в его классическом варианте не лишен определенных недостатков, отмечаемых многими исследователями [15, 21, 31, 34]. В частности, он не позволяет учитывать иерархию и неоднородность критериев, не обеспечивает проверку согласованности суждений экспертов, а также не дает возможность оценить уровень их компетентности. Устранение названных недостатков достигается различными вариантами модификаций метода [5, 7, 33].

Методы и результаты исследования

Применение метода TOPSIS в системе проектного управления сельским развитием

Признавая значимость рассмотренных выше результатов научных исследований, направленных на развитие метода TOPSIS и расширение сферы его практического применения, необходимо отметить, что до настоящего времени возможности этого метода еще в полной мере не использованы для целей определения приоритетов реализации проектов сельского развития, управление которыми является важным направлением обеспечения устойчивого социально-экономического развития сельских территорий.

Эффективное принятие решений при осуществлении проектного управления сельским развитием на основе метода TOPSIS возможно при условии предварительной организационно-методической подготовки, включающей формирование портфеля проектов и состава рабочей группы, а также обосновании подходов к установлению системы оценочных критериев и порядку их применения.

Портфель проектов является результатом организации конкурса грантов на реализацию инициатив, направленных на развитие определенных сельских поселений, что подразумевает информирование бизнес-сообщества и местного населения о целях и сроках проведения конкурса, требованиях к проектам, процедуре их отбора и условиях финансирования.

Сравнительный анализ и оценка проектов выполняются на основе совокупности критериев, включающих, как правило, стоимость, период проекта (время) и его качество [15, 26]. Наибольшую сложность представляет формирование стандартов качества проектов, которое может рассматриваться с различных позиций – как удовлетворение требований заинтересованных сторон, как достижение целей проекта или как максимизация эффекта от его реализации. Для оценки качества проектов развития сельских территорий предлагается использовать критерии, отражающие положительные изменения в экономической, социальной и экологической подсистемах сельских поселений согласно целям проектов и основным компонентам устойчивого развития. Позитивные трансформационные процессы, приводящие к повышению уровня устойчивости развития территорий и вызываемые реализацией проектов, могут быть связаны с развитием бизнес-среды в сельской местности, созданием новых рабочих мест и повышением эффективной занятости населения, укреплением местных сообществ и сохранением агрокультурного наследия, предотвращением загрязнения окружающей среды и др. Кроме того, важным результатом активизации проектной деятельности является улучшение имиджа территории и повышение ее привлекательности для постоянного проживания.

Повышение эффективности реализации метода TOPSIS для целей приоритизации проектов обеспечивается учетом степени важности критериев оценки и подразумевает включение в алгоритм расчетов операций, связанных с определением коэффициентов весомости и их последующим использованием для корректировки полученных результатов. Ранжирование критериев играет важную роль в формировании интегральной оценки проектов и позволяет корректно выявить наилучший из альтернативных вариантов. Для измерения сравнительной важности критериев предлагается использовать экспертные оценки, получаемые методом парных сравнений [23, 32, 37]. Таким образом, помимо основной задачи, связанной непосредственно с приоритизацией проектов, возникает дополнительная – обеспечение оптимального сочетания объективной и субъективной составляющих в процессе оценки проектов. Ее решение возможно путем обоснованного подбора членов рабочей группы, привлекаемой к управлению проектами на этапе их выбора.

В состав рабочей группы целесообразно включать представителей заинтересованных сторон (стейкхолдеров) и независимых консультантов, обладающих необходимыми компетенциями в сфере проектного менеджмента (специалистов учреждений науки, образования и бизнес-структур). Заин-

тересованные лица/стороны – это частные лица, группы или организации, которые прямо или косвенно получают выгоду или теряют от конкретной проектной деятельности или политики². К числу наиболее важных групп стейкхолдеров проектов сельского развития относятся следующие:

- представители местных органов исполнительной власти, нацеленные на использование наиболее результативных и малозатратных путей реализации политики развития территорий;

- инвесторы (государственные и частные структуры, международные организации), заинтересованные, главным образом, в успешной реализации проектов и достижении заявленных целей;

- субъекты аграрного бизнеса, эффективность деятельности которых во многом зависит от состояния и развития производственной инфраструктуры, возможности привлечения высококвалифицированных и мотивированных специалистов, что обуславливает интерес их руководителей к первоочередной реализации проектов экономического развития территорий;

- сельское население, для которого наибольшую ценность представляет возможность роста уровня доходов и качественного улучшения условий собственной жизнедеятельности.

С учетом вышесказанного особую важность представляет реализация принципа баланса интересов при формировании рабочей группы, участники которой получают статус эксперта при ранжировании критериев оценки проектов. Это вызывает необходимость анализа стейкхолдеров и обеспечения их представительства в составе экспертов и одновременно позволяет создать предпосылки для согласованного выбора проектов, предотвращения конфликтов и минимизации сопротивления изменениям в сельских сообществах. Кроме того, обоснованное формирование рабочей группы имеет дополнительное преимущество с точки зрения практической реализации метода парных сравнений в процессе оценки важности критериев, что обусловлено, во-первых, возможностью минимизации влияния субъективного мнения и нивелирования его в процессе агрегирования результатов, во-вторых – ослаблением влияния оценок стейкхолдеров, имеющих выраженный интерес в продвижении определенных проектов (обеспечивающих развитие экономики сельских территорий, социальной сферы или направленных на решение экологических проблем) за счет учета оценок экспертов с независимым суждением.

В силу того, что критерии и показатели оценки проектов, учитывающие их временные, стоимостные и качественные аспекты, имеют различную размерность (единицы стоимости, времени, численности и др.) и разнонаправленное влияние на интегральный показатель (когда оценки по критериям необходимо максимизировать или минимизировать), возникает объективно необходимая задача обеспечения сопоставимости данных, которая

² Project Cycle Management. Technical Guide. FAO. United Nations. Italy, 2001. 105 p. Available at: <http://www.fao.org/docrep/012/ak211e/ak211e00.pdf> (accessed: 18.11.2024).

может быть решена выполнением математической операции стандартизации, в результате которой оценки по критериям проектов будут выражены в форме коэффициентов. Кроме того, поскольку классический метод TOPSIS строится на основе сравнения альтернативных вариантов решений с неким «идеалом», для целей оценки и выбора проектов предлагается ввести следующие термины:

- идеально позитивный проект (Ideal Positive Project – далее IPP) – это проект, содержащий максимальные значения по каждому критерию оценки;
- идеально негативный проект (Ideal Negative Project – далее INP) – это проект, содержащий минимальные значения по каждому критерию оценки.

С учетом этого в задаче приоритизации проектов их ранжирование осуществляется в виде убывающей шкалы порядка, где высший приоритет (первая позиция в ранжированном ряду) присваивается проекту, интегральная оценка которого имеет наименьшее расстояние до IPP и, соответственно, наибольшее – до INP. Результаты определения приоритетности проектов в дальнейшем могут использоваться для определения очередности их реализации.

Содержание и алгоритм реализации методики приоритизации проектов развития сельских территорий

Методика представляет собой совокупность взаимосвязанных операций, выполняемых поэтапно, и направленных на построение ранжированного ряда проектов на основе расчета интегральных показателей их оценки в соответствии с концепцией метода TOPSIS. Содержание этапов реализации методики и используемый математический инструментарий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Этапы и операции методики приоритизации проектов развития сельских территорий [составлено автором]

Наименование этапа	Перечень операций	Математический инструментарий	Результат выполнения этапа
Разработка критериальной базы оценки проектов	Установление критериев оценки проектов	Метод парного сравнения	Система критериев оценки проектов
	Получение экспертных оценок важности критериев		Коэффициенты весомости критериев оценки проектов
	Агрегирование экспертных оценок важности критериев		
Стандартизация оценок по критериям	Преобразование значений оценок в относительные величины	Метод стандартизации показателей	Матрица стандартизированных значений оценок по критериям

Наименование этапа	Перечень операций	Математический инструментарий	Результат выполнения этапа
Оценка и приоритизация проектов	Расчет взвешенных стандартизированных значений оценок по критериям	Метод приоритизации предпочтений на основе близости к идеальному решению (TOPSIS)	Матрица взвешенных стандартизированных значений оценок по критериям
	Определение IPP и INP		Ранжированный ряд проектов
	Измерение расстояний до IPP и INP		
	Расчет интегральных показателей оценки проектов		
	Ранжирование проектов		

Создание модели приоритизации проектов развития сельских территорий осуществляется на основе исходных данных портфеля проектов, для которого введем следующие условные обозначения:

$P_1, P_2, P_i, \dots, P_n$ – набор альтернативных проектов,

где $i = \overline{1, n}$; i – номер проекта; n – число проектов.

В соответствии с методикой (табл. 1) далее выполняются следующие действия.

1. Установление критериев оценки проектов. Постоянные критерии, не связанные с целями и особенностями проектов, включают в себя:

– время (срок) проекта – это период времени, измеряемый длительностью проектного цикла, начиная с его инициации до полного завершения и получения результата;

– стоимость проекта, определяемая оценкой всех затрат, необходимых для его успешной и полной реализации.

Вариативная часть системы критериев характеризует качество проектов с позиций планируемых положительных изменений, достигаемых в сельском развитии в результате их внедрения. Такие критерии устанавливаются в каждом конкретном случае в соответствии с типом проектов и характером ожидаемых трансформационных процессов.

Для всей совокупности принятых критериев используются обозначения:

$C_1, C_2, C_j, \dots, C_m$ – критерии оценки проектов,

где $j = \overline{1, m}$; j – номер критерия; m – число критериев оценки проектов.

2. Получение экспертных оценок важности критериев. Каждому эксперту, включенному в состав рабочей группы, ставится задача определить более предпочтительный (важный) критерий из двух предложенных через последовательное сравнение их друг с другом с учетом всех возможных пар-

ных сочетаний. Результаты индивидуальной экспертной оценки представляются в виде матриц, количество которых соответствует числу экспертов.

3. Агрегирование экспертных оценок важности критериев. В ходе выполнения этой операции производится суммирование выявленных предпочтений по каждому критерию оценки, по результатам которого рассчитываются коэффициенты их весомости (формула 1).

$$w_j = \frac{O_j}{\sum_{j=1}^m O_j}, \quad (1)$$

где w_j – коэффициент весомости критерия j ; O_j – количество предпочтений всех экспертов j -го критерия.

4. Преобразование значений оценок в относительные величины. С учетом того, что оценки по критериям необходимо максимизировать или минимизировать, для процедуры стандартизации предлагается использовать следующий подход (формулы 2-3):

– если критерий позитивного типа

$$Xs_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{j \max}}; \quad (2)$$

– если критерий негативного типа

$$Xs_{ij} = \frac{X_{j \min}}{X_{ij}}; \quad (3)$$

где Xs_{ij} – стандартизированное значение оценки j -го критерия i -ого проекта; X_{ij} – значение оценки j -го критерия i -ого проекта; $X_{j \max}$ и $X_{j \min}$ – соответственно максимальное и минимальное значения оценки j -го критерия.

5. Расчет взвешенных стандартизированных значений оценок по критериям. Корректировка стандартизированных значений критериев, обеспечивающая учет степени их важности, производится по формуле 4:

$$\tilde{X}s_{ij} = Xs_{ij} \cdot w_j, \quad (4)$$

где $\tilde{X}s_{ij}$ – взвешенное нормированное значения оценки j -го критерия i -ого проекта.

6. Определение идеально позитивного и идеально негативного проектов. Идеально позитивный проект (IPP) формируется из критериев с максимальными оценками, идеально негативный (INP), соответственно, – из критериев с минимальными оценками (формулы 5-6).

$$IPP = \left\{ \max_j \tilde{X}s_j, j \in J \right\} \quad (5)$$

$$INP = \left\{ \min_j \tilde{X}s_j, j \in J \right\}, \quad (6)$$

где J – множество максимизируемых (минимизируемых) критериев.

7. Измерение расстояний до идеально позитивного и идеально негативного проектов. Геометрическое расстояние, характеризующее близость всех альтернативных проектов к условно идеальным, рассчитывается по формулам 7-8:

$$S(IPP)_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\tilde{X}s_j - IPP_j)^2} \quad (7)$$

$$S(INP)_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\tilde{X}s_j - INP_j)^2}, \quad (8)$$

где $S(IPP)_i$ и $S(INP)_i$ – мера расстояния от i -го проекта до соответственно идеально позитивного и идеально негативного; IPP_j и INP_j – значения оценок j -го критерия соответственно идеально позитивного и идеально негативного проектов.

8. Расчет интегральных показателей оценки проектов. Количественной мерой, определяющей приоритет проекта и его место в ранжированном ряду, является интегральный показатель, характеризующий относительную близость оцениваемых альтернатив к идеально позитивному проекту (формула 9).

$$R_i = \frac{S(INP)_i}{S(IPP)_i + S(INP)_i}, \quad (9)$$

где R_i – интегральный показатель оценки i -го проекта.

9. Ранжирование проектов. На основе упорядочения проектов по убыванию значения интегрального показателя строится ранжированный ряд, где первая позиция соответствует наилучшему проекту, последняя – наихудшему.

Апробация предложенной методики нами выполнена на условных данных пяти альтернативных проектов развития сельских территорий, реализация каждого из которых имеет целью повышение устойчивости развития сельских поселений на основе укрепления экономического и демографического потенциала региона. С учетом названной цели положительные изменения, свидетельствующие об успешности реализации проектов развития территорий, связаны с ростом численности сельского населения и улучшением его демографической структуры, расширением возможностей трудоустройства с достойным уровнем доходов, развитием новых форм занятости.

Система критериев оценки проектов, установленных с учетом поставленной цели, а также их числовые характеристики для всех сравниваемых альтернатив представлены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные для реализации методики приоритизации проектов
[составлено автором на основе условных данных]

№	Критерии оценки проектов (C_j)	Оценки по критериям альтернативных проектов (X_{ij})				
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	Период проекта, месяцев	36	24	18	24	24
2	Стоимость проекта, тыс. руб.	3000	2500	2200	2800	2600
3	Прирост численности сельского населения (прогноз), тыс. человек	10,5	10,2	8,5	9,0	9,0
4	Доля сельского населения в трудоспособном возрасте (прогноз), %	75	70	60	75	70
5	Уровень занятости сельского населения (прогноз), %	85	73	65	80	80
6	Темп роста доходов сельского населения (прогноз), %	115	130	120	130	110

Метод парных сравнений, позволяющий получить данные для расчета коэффициентов весомости критериев оценки проектов, реализован в группе, состоящей из пяти экспертов, на основании чего сформирована матрица агрегированных экспертных оценок (табл. 3).

Таблица 3

Агрегированные результаты экспертной оценки важности критериев
[рассчитано автором]

Критерии	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	O_j	w_j
C_1	-	1	0	3	2	0	6	0,08
C_2	8	-	3	2	2	2	17	0,23
C_3	4	1	-	2	3	0	10	0,13
C_4	2	3	2	-	3	3	13	0,17
C_5	2	1	3	3	-	3	12	0,16
C_6	4	3	5	3	2	-	17	0,23

Для стандартизации оценок критериев времени и стоимости проекта нами использована формула 3, для остальных – формула 2. В таблице 4 представлены результаты преобразования значений оценок в безразмерные

величины (гр. 1-5) и взвешенные стандартизированные значения оценок по критериям (гр. 6-10).

Таблица 4

Результаты расчета стандартизированных и взвешенных стандартизированных значений оценок по критериям [рассчитано автором]

Критерии	Стандартизированные оценки по критериям проектов ($X_{S_{ij}}$)					Взвешенные стандартизированные оценки по критериям проектов ($\tilde{X}_{S_{ij}}$)				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_1	0,500	0,750	1,000	0,750	0,750	0,040	0,060	0,080	0,060	0,060
C_2	0,733	0,880	1,000	0,786	0,846	0,169	0,202	0,230	0,181	0,195
C_3	1,000	0,971	0,810	0,857	0,857	0,130	0,126	0,105	0,111	0,111
C_4	1,000	0,933	0,800	1,000	0,933	0,170	0,159	0,136	0,170	0,159
C_5	1,000	0,859	0,765	0,941	0,941	0,160	0,137	0,122	0,151	0,151
C_6	0,885	1,000	0,923	1,000	0,846	0,203	0,230	0,212	0,230	0,195

Далее определены характеристики IPP и INP (табл. 5).

Таблица 5

Значения оценок критериев идеальных проектов [рассчитано автором]

Идеальные проекты	Критерии оценки проектов					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
Идеально позитивный проект (IPP)	0,080	0,230	0,130	0,170	0,160	0,230
Идеально негативный проект (INP)	0,040	0,169	0,105	0,136	0,122	0,195

Результаты решения задачи приоритизации проектов с использованием предложенной методики отражены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты определения приоритетов проектов развития сельских территорий [рассчитано автором]

Критерии приоритизации проектов	Альтернативные проекты				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Мера расстояния до идеально позитивного проекта ($S(IPP)$)	0,078	0,043	0,059	0,057	0,059

Критерии приоритизации проектов	Альтернативные проекты				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Мера расстояния до идеально негативного проекта ($S(INP)$)	0,057	0,063	0,075	0,062	0,049
Интегральный показатель оценки проекта (R_i)	0,423	0,597	0,560	0,519	0,455
Приоритет проекта	5	1	2	3	4

С учетом полученных значений приоритетов ранжированный ряд проектов будет выглядеть следующим образом: $P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_1$.

Заключение

Метод TOPSIS является эффективным инструментом математической поддержки принятия решений и может быть успешно использован в сфере проектного менеджмента. Это логичный и хорошо структурированный подход, обеспечивающий возможность объективной и всесторонней оценки проектов для целей определения целесообразности их реализации. Разработанная на его основе методика приоритизации проектов развития сельских территорий представляет собой модифицированный вариант классического метода TOPSIS, адаптированный к особенностям проектного управления региональным экономическим развитием. Алгоритм расчетов расширен за счет включения операций, позволяющих: во-первых, получить весовые коэффициенты для критериев оценки проектов, необходимые для повышения обоснованности и объективности анализа; во-вторых, обеспечить выполнение процедуры стандартизации значений оцениваемых характеристик проектов для корректного совместного использования критериев позитивного и негативного типа. На основе введения категорий «идеально позитивный проект» и «идеально негативный проект» дана качественная характеристика условных проектов, составляющих необходимую базу сравнения, адекватную терминологии и методологии TOPSIS. Сформулированы рекомендации по формированию рабочей группы оценки проектов, взаимодействие участников которой будет способствовать согласованию интересов различных категорий стейкхолдеров и обеспечению квалифицированного принятия решений.

Использование методики приоритизации проектов в качестве одного из структурных элементов механизма управления устойчивым развитием сельских территорий позволит: обеспечить обоснованное принятия решений в области определения приоритетных, подлежащих первоочередному финансированию проектов развития села; масштабировать ее применение при любых изменениях в составе портфеля проектов; создать предпосылки для согласования возможных конфликтующих точек зрения стейкхолдеров проектов по наиболее актуальным проблемам функционирования сельских населенных пунктов; реализовать принцип инклюзивного развития за счет

вовлечения местного населения в процесс инициирования, анализа и оценки проектов.

Список источников

1. Дуканич Л.В., Кувшинова Е.А. Многокритериальная оценка предпринимательской активности регионов Дальневосточного федерального округа // *Научные исследования экономического факультета*, 2020, т. 12, вып. 3, с. 7–15.
2. Лобкова Е.В. Применение метода TOPSIS при решении задачи оценки устойчивости развития территорий // *Экономические науки*, 2019, no. 172, с. 47–51.
3. Малафеевский Т.А. Интеграция процессного подхода и методики TOPSIS для оценки благосостояния регионов России // *Петербургский экономический журнал*, 2022, no. 1–2, с. 6–16.
4. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Информационные технологии в организационных и социально-экономических системах // *Информационные технологии*, 2016, т. 22, no. 6, с. 467–480.
5. Нефедов А.С., Шакиров В.А. Многокритериальная оценка альтернатив на основе метода TOPSIS в условиях неопределенности предпочтений лица, принимающего решения // *Информационные технологии. Проблемы и решения*, 2019, no. 3 (8), с. 25–32.
6. Птускин А.С., Левнер Е., Жукова Ю.М. Многокритериальная модель определения наилучшей доступной технологии при нечетких исходных данных // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2016, no. 6, с. 105–127.
7. Терентьев В.Б., Терентьева А.В. Модернизация метода идеальной точки // *Вестник Московского авиационного института*, 2017, т. 24, no. 4, с. 213–220.
8. Халицкая К. Выбор технологий с помощью метода TOPSIS // *ФОРСАЙТ*, 2020, т. 14, no. 1, с. 85–96.
9. Юрков А.В., Бабаева Ж.Р. ESG-рейтинги: непараметрические методы построения // *Управленческое консультирование*, 2024, no. 2, с. 92–107.
10. Baylan E.B. A Novel Project Risk Assessment Method Development via AHP-TOPSIS Hybrid Algorithm // *Emerging Science Journal*, 2020, vol. 4, no.5, pp. 390–410. Available at: <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2020-01239> (accessed: 22.04.2025).
11. Chakraborty S. TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis // *Decision Analytics Journal*, 2022, no. 2. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2021.100021> (accessed: 02.04.2025).
12. Fahimi K., Jafari Shahrestani A., Zamaninejad A. R., Kaboli F. Proposing a Performance Assessment Model for the Tehran Municipality Using TOPSIS and AHP // *Journal of applied research on industrial engineering*, 2024, no. 11 (2), pp. 298–317. Available at: <https://doi.org/10.22105/jarie.2024.407131.1554> (accessed: 02.04.2025).
13. Feroва I.S., Lobkova E.V., Tanenkova E.N., Kozlova S.A. Tools for assessing sustainable development of territories taking into account cluster effects // *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 2019, no. 12 (4), pp. 600–626. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tools-for-assessing-sustainable-development-of-territories-taking-into-account-cluster-effects> (accessed: 21.04.2025).
14. Gaspars-Wieloch H. Scenario planning as a new application area for TOPSIS // *Operations Research and Decisions*, 2023, vol. 33, no.2, pp. 23–34. Available at: <https://bibliotekanauki.pl/articles/27315335.pdf> (accessed: 21.04.2025).
15. Husin S., Fachrurrazi F., Rizalighadi M., Mubarak M. Implementing Fuzzy TOPSIS on Project Risk Variable Ranking // *Hindawi. Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, 10 p. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/9283409> (accessed: 21.04.2025).
16. Hwang C.L., Yoon K. Methods for Multiple Attribute Decision Making // *Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, 1981, pp. 58–191. Available at: <https://eprints.nottingham.ac.uk/id/eprint/71820> (accessed: 21.12.2024).

17. Jabbarzadeh A. Application of the AHP and TOPSIS in project management // *Journal of Project Management*, 2018, no. 3, pp. 125-130. Available at: https://www.growingscience.com/jpm/Vol3/jpm_2018_1.pdf (accessed: 28.12.2024).
18. Jaber H. et al. A Framework to Evaluate Project Complexity Using the Fuzzy TOPSIS Method // *Sustainability*, 2021, no. 13. Available at: <https://doi.org/10.3390/su13063020> (accessed: 28.12.2024).
19. Korkmaz M., Gurer D. Financial performance evaluation of forest village cooperatives: A multi-criteria TOPSIS approach // *Cerne*, 2018, no. 24, pp. 280–287. Available at: https://www.researchgate.net/publication/329693301_Financial_performance_evaluation_of_forest_village_cooperatives_A_multi-criteria_topsis_approach (accessed: 28.12.2024).
20. Lin Sh.-W., Lo H.-W., Gul M. An assessment model for national sustainable development based on the hybrid DEA and modified TOPSIS techniques // *Complex & Intelligent Systems*, 2023, no. 9, pp. 5449–5466. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01034-2> (accessed: 22.12.2024).
21. Madanchian M., Taherdoost H. A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making // *Sustainable Social Development*, 2023, vol. 1, issue 1. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4626727 (accessed: 22.12.2024).
22. Marzouka M., Sabbah M. AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain // *Cleaner Environmental Systems*, 2021, no. 2. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100034> (accessed: 20.12.2024).
23. Maydeu-Olivares A. On Thurstone's Model for Paired Comparisons and Ranking Data // *New Developments in Psychometrics*, Springer, 2003, pp. 519–526. Available at: https://www.researchgate.net/publication/236623596_On_Thurstone's_Model_for_Paired_Comparisons_and_Ranking_Data#fullTextFileContent (accessed: 18.11.2024).
24. Mumcu A., Gök M. Application of fuzzy AHP and TOPSIS methods for manager selection // *Aralık*, 2021, December, pp. 270-280. Available at: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1672363> (accessed: 18.11.2024).
25. Nascimento C.R. S.M.S., de Almeida-Filho A.T., Palha R.P. A TOPSIS-Based Decision Model to Establish Priorities for Sequencing the Design of Construction Projects in the Public Sector // *Hindawi. Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2023. Available at: <https://doi.org/10.1155/2023/1414294> (accessed: 10.11.2024).
26. Norouzi A., Namin H.G. A Hybrid Fuzzy TOPSIS – Best Worst Method for Risk Prioritization in Megaprojects // *Civil Engineering Journal*, 2019, vol. 5, no. 6, pp. 1257-1272. Available at: <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2019-03091330> (accessed: 18.11.2024).
27. Pangri P. Application of the Multi Criteria Decision Making Methods for Project Selection // *Universal Journal of Management*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 15–20. Available at: <https://www.hrpub.org/download/20141201/UJM3-12102910.pdf> (accessed: 18.11.2024).
28. Parida P.K., Sahoo S.K. Multiple Attributes Decision Making Approach by TOPSIS Technique // *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2013, vol.2, issue 11, pp. 907–912. Available at: <https://www.ijert.org/research/multiple-attributes-decision-making-approach-by-topsis-technique-IJERTV2IS110272.pdf> (accessed: 20.11.2024).
29. Piwowski M. et al. TOPSIS and VIKOR methods in study of sustainable development in the EU countries // *Procedia Computer Science*, 2018, no. 126, pp. 1683–1692. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.109> (accessed: 20.12.2024).
30. Rahim R. et al. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Method for Decision Support System in Top Management // *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, no. 7, pp. 290–293. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328132893_Technique_for_Order_of_Preference_by_Similarity_to_Ideal_Solution_TOPSIS_method_

for_decision_support_system_in_top_management (accessed: 20.11.2024).

31. Roszkowska E. Multi-criteria Decision Making Models by Applying the Topsis Method to Crisp and Interval Data // *Multiple Criteria Decision Making*, 2011, vol. 6, pp. 200-230. Available at: [https://mcdm.ue.katowice.pl/files/papers/mcdm11\(6\)_11.pdf](https://mcdm.ue.katowice.pl/files/papers/mcdm11(6)_11.pdf) (accessed: 20.11.2024).

32. Saaty R.W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used // *Mathematical modelling*, 1987, vol. 9, no. 3-5, pp. 161-176. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738> (accessed: 25.11.2024).

33. Saghaian S., Hejazi S.R. Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedure // *Proceedings of the international conference «Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation»*, Vienna, 2005, vol. 2, pp. 215-221. Available at: <https://doi.org/10.1109/cimca.2005.1631471> (accessed: 25.11.2024).

34. Shamsuzzoha A., Piya S., Shamsuzzaman M. Application of fuzzy TOPSIS framework for selecting complex project in a case company // *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 2021, vol. 14, no. 3, pp. 528-566. Available

at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jgoss-07-2020-0040/full/pdf> (accessed: 25.11.2024).

35. Stecyk A. The AHP-TOPSIS Model in the Analysis of the Counties Sustainable Development in the West Pomeranian Province in 2010 and 2017 // *Journal of Ecological Engineering*, 2019, vol. 20, iss. 7, pp. 233-244. Available at: <https://doi.org/10.12911/22998993/109870> (accessed: 25.11.2024).

36. Tamošaitienė J., Zavadskas E.K., Turskis Z. Multi-criteria risk assessment of a construction project // *Procedia Computer Science*, 2013, no. 17, pp. 129-133. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913001518> (accessed: 25.11.2024).

37. Tsukida K., Gupta M.R. How to Analyze Paired Comparison Data // *UWEE Technical Report, Number UWEETR-2011-0004*, 2011, 20 p. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA543806.pdf> (accessed: 18.11.2024).

38. Zhao D.-Y., Ma Y.-Y., Lin H.-L. Using the Entropy and TOPSIS Models to Evaluate Sustainable Development of Islands: A Case in China // *Sustainability*, 2022, no. 14 (3707). Available at: <https://doi.org/10.3390/su14063707> (accessed: 18.11.2024).

METHODOLOGY FOR PRIORITIZATION OF SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT PROJECTS

Sychova Natallia Vyacheslavovna, Cand. Sci. (Econ.)

Sukhoi State Technical University of Gomel, Prospect Octiabria, 48, Gomel, Republic of Belarus, 246029; e-mail: nata.tsvetkova@mail.ru

Purpose: tools and mechanisms for substantiating management decisions to determine the best projects for the development of spatial systems. Particular attention is paid to studying the possibilities of using multi-criteria decision-making methods in the system of managing rural development projects. *Discussion:* development of scientifically based methodological tools for mathematical support of decision-making to determine the priority of implementation of sustainable rural development projects. *Research design:* the main results were obtained using both general scientific research methods (monographic, analysis, synthesis, measurement, formalization, etc.) and specific scientific ones (mathematical modeling, standardization). The information base of the study was formed on the basis of publications devoted to solving management problems using multi-criteria decision-making methods, as well as guiding and regulatory documents of international organizations. *Results:* a methodology for prioritization of sustainable rural development projects, based on a modification of the TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) method and adapted to the specifics of project management of territorial development has been developed. The sequence of stages and corresponding calculation operations is substantiated, mathematical tools for their implementation are presented, recommendations for the effective use of the expert assessment method to take into account the significance of project criteria are formulated, a mechanism for ensuring comparability of assessment data for positive and negative criteria is considered. The methodology can be used for a comparative assessment of sustainable rural development projects and determining the priority of their investment.

Keywords: sustainable development, rural areas, development project management, TOPSIS, project prioritization, expert assessment method.

References

1. Dukanich L.V., Kuvshinova E.A. Mnogokriterial'naya otsenka predprinimatel'skoy aktivnosti regionov Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga [Multicriteria assessment of entrepreneurial activity of the regions of the Far Eastern Federal District]. *Nauchnyye issledovaniya ekonomicheskogo fakul'teta*, 2020, vol. 12, iss. 3, pp. 7–15. (In Russ.)
2. Lobkova E.V. Primneneniye metoda TOPSIS pri reshenii zadachi otsenki ustoychivosti razvitiya territoriy [Application

of the TOPSIS method in solving the problem of assessing the sustainability of territorial development]. *Ekonomicheskiye nauki*, 2019, no. 172, pp. 47–51. (In Russ.)

3. Malafeevsky T.A. Integratsiya protses-snogo podkhoda i metodiki TOPSIS dlya otsenki blagosostoyaniya regionov Rossii [Integration of the process approach and the TOPSIS methodology for assessing the well-being of Russian regions]. *Peterburgskiy ekonomicheskoy zhurnal*, 2022, no. 1–2, pp. 6–16. (In Russ.)

4. Mamedova M.G., Dzhabrailova Z.G. Informatsionnyye tekhnologii v oporganizatsionnykh i sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh [Information technologies in organizational and socio-economic systems]. *Informatsionnyye tekhnologii*, 2016, Vol. 22, no. 6, pp. 467–480. (In Russ.)

5. Nefedov A.S., Shakirov V.A. Mnogokriterial'naya otsenka al'ternativ na osnove metoda TOPSIS v usloviyakh neopredelennosti predpochteniy litsa, primayushchego resheniya [Multicriteria assessment of alternatives based on the TOPSIS method under conditions of uncertainty of decision maker preferences]. *Informatsionnyye tekhnologii. Problemy i resheniya*, 2019, no. 3(8), pp. 25–32. (In Russ.)

6. Ptuskin A.S., Levner E., Zhukova Yu.M. Mnogokriterial'naya model' opredeleniya nailuchshey dostupnoy tekhnologii pri nechetkikh iskhodnykh dannyykh [Multi-criteria model for determining the best available technology with fuzzy initial data]. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Mashinostroyeniye*, 2016, no. 6, pp. 105–127. (In Russ.)

7. Terentyev V.B., Terentyeva A.V. Modernizatsiya metoda ideal'noy tochki [Modernization of the ideal point method]. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2017, Vol. 24, no. 4, pp. 213–220. (In Russ.)

8. Khalitskaya K. Vybor tekhnologiy s pomoshch'yu metoda TOPSIS [Selection of technologies using the TOPSIS method]. *FORSAYT*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 85–96. (In Russ.)

9. Yurkov A.V., Babaeva J.R. ESG-reytingi: neparametricheskiye metody postroyeniya [ESG ratings: nonparametric methods of construction]. *Upravlencheskoye konsul'tirovaniye*, 2024, no. 2, pp. 92–107. (In Russ.)

10. Baylan E.B. A Novel Project Risk Assessment Method Development via AHP-TOPSIS Hybrid Algorithm. *Emerging Science Journal*, 2020, vol. 4, no.5, pp. 390–410. Available at: <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2020-01239> (accessed: 22.04.2025). (In Eng.)

11. Chakraborty S. TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decision Analytics Journal*, 2022, no.2. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2021.100021> (accessed: 02.04.2025). (In Eng.)

12. Fahimi K., Jafari Shahrestani A., Zamaninejad A.R., Kaboli F. Pro-posing a Performance Assessment Model for the Tehran Municipality Using TOPSIS and AHP. *Journal of applied research on industrial engineering*, 2024, no. 11 (2), pp. 298–317. Available at: <https://doi.org/10.22105/jarie.2024.407131.1554>. (accessed: 02.04.2025). (In Eng.)

13. Ferova I.S., Lobkova E.V., Tanenkova E.N., Kozlova S.A. Tools for assessing sustainable development of territories taking into account cluster effects. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 2019, no. 12 (4), pp. 600–626. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tools-for-assessing-sustainable-development-of-territories-taking-into-account-cluster-effects> (accessed: 21.04.2025). (In Eng.)

14. Gaspars-Wieloch H. Scenario planning as a new application area for TOPSIS. *Operations Research and Decisions*, 2023, vol. 33, no. 2, pp. 23–34. Available at: <https://bibliotekanauki.pl/articles/27315335.pdf> (accessed: 21.04.2025). (In Eng.)

15. Husin S., Fachrurrazi F., Rizalihadi M., Mubarak M. Implementing Fuzzy TOPSIS on Project Risk Variable Ranking. *Hindawi. Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, 10 p. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/9283409> (accessed: 21.04.2025). (In Eng.)

16. Hwang C.L., Yoon K. Methods for Multiple Attribute Decision Making. Multiple Attribute Decision Making. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag, 1981, pp. 58–191.

Available at: <https://eprints.nottingham.ac.uk/id/eprint/71820> (accessed: 21.12.2024). (In Eng.)

17. Jabbarzadeh A. Application of the AHP and TOPSIS in project management. *Journal of Project Management*, 2018, no. 3, pp. 125-130. Available at: https://www.growing-science.com/jpm/Vol3/jpm_2018_1.pdf (accessed: 28.12.2024). (In Eng.)

18. Jaber H. et al. A Framework to Evaluate Project Complexity Using the Fuzzy TOPSIS Method. *Sustainability*, 2021, no. 13. Available at: <https://doi.org/10.3390/su13063020> (accessed: 28.12.2024). (In Eng.)

19. Korkmaz M., Gurer D. Financial performance evaluation of forest village cooperatives: A multi-criteria TOPSIS approach. *Cerne*, 2018, no. 24, pp. 280-287. Available at: https://www.researchgate.net/publication/329693301_Financial_performance_evaluation_of_forest_village_cooperatives_A_multi-criteria_topsis_approach (accessed: 28.12.2024). (In Eng.)

20. Lin Sh.-W., Lo H.-W., Gul M. An assessment model for national sustainable development based on the hybrid DEA and modified TOPSIS techniques. *Complex & Intelligent Systems*, 2023, no. 9, pp. 5449-5466. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01034-2> (accessed: 22.12.2024). (In Eng.)

21. Madanchian M., Taherdoost H. A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*, 2023, vol. 1, no. 1. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4626727 (accessed: 22.12.2024). (In Eng.)

22. Marzouka M., Sabbah M. AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner Environmental Systems*, 2021, no. 2. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100034> (accessed: 20.12.2024). (In Eng.)

23. Maydeu-Olivares A. On Thurstone's Model for Paired Comparisons and Ranking Data. *New Developments in Psychometrics*, Springer, 2003, pp. 519-526. Available at: <https://www.researchgate.net/publica->

[tion/236623596_On_Thurstone's_Model_for_Paired_Comparisons_and_Ranking_Data#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/236623596_On_Thurstone's_Model_for_Paired_Comparisons_and_Ranking_Data#fullTextFileContent) (accessed: 18.11.2024). (In Eng.)

24. Mumcu A., Gök M. Application of fuzzy AHP and TOPSIS methods for manager selection. *Aralık*, 2021, December, pp. 270-280. Available at: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1672363>. (accessed: 18.11.2024). (In Eng.)

25. Nascimento C.R. S.M.S., de Almeida-Filho A.T., Palha R.P. A TOPSIS-Based Decision Model to Establish Priorities for Sequencing the Design of Construction Projects in the Public Sector. *Hindawi. Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2023. Available at: <https://doi.org/10.1155/2023/1414294> (accessed: 10.11.2024). (In Eng.)

26. Norouzi A., Namin H.G. A Hybrid Fuzzy TOPSIS – Best Worst Method for Risk Prioritization in Megaprojects. *Civil Engineering Journal*, 2019, vol.5, no.6, pp. 1257-1272. Available at: <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2019-03091330> (accessed: 18.11.2024). (In Eng.)

27. Pangsri P. Application of the Multi Criteria Decision Making Methods for Project Selection. *Universal Journal of Management*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 15-20. Available at: <https://www.hrpub.org/download/20141201/UJM3-12102910.pdf> (accessed: 18.11.2024). (In Eng.)

28. Parida P.K., Sahoo S.K. Multiple Attributes Decision Making Approach by TOPSIS Technique. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2013, vol. 2, no. 11, pp. 907-912. Available at: <https://www.ijert.org/research/multiple-attributes-decision-making-approach-by-topsis-technique-IJERTV2IS110272.pdf> (accessed: 20.11.2024). (In Eng.)

29. Piwowarski M. et al. TOPSIS and VIKOR methods in study of sustainable development in the EU countries. *Procedia Computer Science*, 2018, no. 126, pp. 1683-1692. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.109> (accessed: 20.12.2024). (In Eng.)

30. Rahim R. et al. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Method for Decision Support System in Top Management. *International Journal of Engineering &*

- Technology*, 2018, no. 7, pp. 290–293. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328132893_Technique_for_Order_of_Preference_by_Similarity_to_Ideal_Solution_TOPSIS_method_for_decision_support_system_in_top_management (accessed: 20.11.2024). (In Eng.)
31. Roszkowska E. Multi-criteria Decision Making Models by Applying the Topsis Method to Crisp and Interval Data. *Multiple Criteria Decision Making*, 2011, vol. 6, pp. 200–230. Available at: [https://mcdm.ue.katowice.pl/files/papers/mcdm11\(6\)_11.pdf](https://mcdm.ue.katowice.pl/files/papers/mcdm11(6)_11.pdf) (accessed: 20.11.2024). (In Eng.)
32. Saaty R.W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, 1987, vol. 9, no. 3-5, pp. 161–176. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738> (accessed: 25.11.2024). (In Eng.)
33. Saghaian S., Hejazi S.R. Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedure. *Proceedings of the international conference «Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation»*, Vienna, 2005, vol. 2, pp. 215–221. Available at: <https://doi.org/10.1109/cimca.2005.1631471> (accessed: 25.11.2024). (In Eng.)
34. Shamsuzzoha A., Piya S., Shamsuzzaman M. Application of fuzzy TOPSIS framework for selecting complex project in a case company. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 2021, vol.14, no.3, pp. 528–566. Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jgoss-07-2020-0040/full/pdf> (accessed: 25.11.2024). (In Eng.)
35. Stecyk A. The AHP-TOPSIS Model in the Analysis of the Counties Sustainable Development in the West Pomeranian Province in 2010 and 2017. *Journal of Ecological Engineering*, 2019, vol. 20, no. 7, pp. 233–244. Available at: <https://doi.org/10.12911/22998993/109870> (accessed: 25.11.2024). (In Eng.)
36. Tamošaitienė J., Zavadskas E.K., Turskis Z. Multi-criteria risk assessment of a construction project. *Procedia Computer Science*, 2013, no. 17, pp. 129–133. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913001518> (accessed: 25.11.2024). (In Eng.)
37. Tsukida K., Gupta M.R. How to Analyze Paired Comparison Data. *UWEE Technical Report, Number UWEETR-2011-0004*, 2011, 20 p. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA543806.pdf> (accessed: 18.11.2024). (In Eng.)
38. Zhao D.-Y., Ma Y.-Y., Lin H.-L. Using the Entropy and TOPSIS Models to Evaluate Sustainable Development of Islands: A Case in China. *Sustainability*, 2022, no. 14 (3707). Available at: <https://doi.org/10.3390/su14063707> (accessed: 18.11.2024). (In Eng.)