

© АНДРЕЕВ Д.А., 2025
УДК 614.2

Андреев Д. А.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПРИОРИТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: ФОКУС НА ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

ГБУ города Москвы «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы», 115088, Москва, Россия

MCDA (методы многокритериального анализа решений) позволяют проводить комплексную оценку технологий здравоохранения по разнородным критериям. В исследовании проанализированы основные методы MCDA и особенности их применения для приоритизации медицинских технологий. Материалы получены из базы PubMed и системы Google. Представлен обобщённый алгоритм MCDA, выделены часто используемые модели: метод взвешенной суммы, теория многокритериальной полезности, аналитический иерархический процесс (АHP). Рассмотрены программные инструменты поддержки MCDA. Особое внимание уделено перспективным гибридным методам (AHP-TOPSIS) и моделям для работы с неопределённостями (нечёткие АHP и TOPSIS). Эффективное внедрение MCDA требует развития медицинской информатики, однако ключевая роль принадлежит человеческому фактору — экспертам, определяющим стратегию анализа, качество исходных данных и интерпретацию результатов. Автоматизированные системы и искусственный интеллект нуждаются в обязательном контроле и валидации со стороны специалистов при использовании для управленческих решений в здравоохранении.

Ключевые слова: мультикритериальный анализ принятия решений; внедрение; оценка технологий здравоохранения; приоритизация; цифровые технологии; организация здравоохранения

Для цитирования: Андреев Д. А. Математические инструменты приоритизации технологий здравоохранения: фокус на внедрение моделей мультикритериального анализа принятия решений (MCDA). Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2025;33(специальный выпуск 2):1005—1010. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2025-33-s2-1005-1010>

Для корреспонденции: Андреев Дмитрий Анатольевич; e-mail: andreevda@zdrav.mos.ru

Финансирование. Данная статья подготовлена автором в рамках НИР «Разработка методологических подходов ценностно-ориентированного здравоохранения (ЦОЗ) в городе Москве» (№ по ЕГИСУ: № 123032100062—6).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Andreev D. A.

MATHEMATICAL TOOLS FOR PRIORITIZING HEALTH TECHNOLOGIES: FOCUS ON IMPLEMENTING MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS MODELS

Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management, 115088, Moscow, Russia

MCDA (Multicriteria Decision Analysis methods) allow for a comprehensive assessment of healthcare technologies based on diverse criteria. The study analyzes the main MCDA methods and the specifics of their application for prioritizing medical technologies. The materials are obtained from the PubMed database and the Google system. A generalized MCDA algorithm is presented, and frequently used models are highlighted: the weighted sum method (WSM), the theory of multicriteria utility (MAUT), and the analytical hierarchical process (AHP). The MCDA support software tools are considered. Special attention is paid to promising hybrid methods (AHP-TOPSIS) and models for dealing with uncertainties (fuzzy AHP and TOPSIS). Effective implementation of MCDA requires the development of medical informatics, but the key role belongs to the human factor — experts who determine the analysis strategy, the quality of the source data and the interpretation of the results. Automated systems and artificial intelligence need mandatory monitoring and validation by specialists when used for management decisions in healthcare.

Keywords: multi-criteria decision analysis; MCDA; health technology assessment; prioritization; implementation; digital technologies; management

For citation: Andreev D. A. Mathematical tools for prioritizing health technologies: focus on implementing multicriteria decision analysis (MCDA) models. *Problemi socialnoi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*. 2025;33(Special Issue 2):1005–1010 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2025-33-s2-1005-1010>

For correspondence: Dmitry A. Andreev, e-mail: andreevda@zdrav.mos.ru

Source of funding. The publication is prepared within the research and development project «Development of methodological approaches of value-based healthcare (VBH) in Moscow»; ID in the Unified State Information Recording System (EGISU): No. 123032100062—6.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received 31.03.2025
Accepted 15.07.2025

Введение

В мире происходит неуклонный рост числа различных технологий здравоохранения. Повсеместно системы здравоохранения сталкиваются с лимитированными ресурсами, и руководители полагают, что финансирование внедрения каждой из огром-

ного множества предлагаемых технологий может оказаться нецелесообразным. Для решения этой проблемы многие страны внедрили методологии приоритизации технологий здравоохранения [1]. Зачастую оценки сводятся к выполнению комплексного сравнительного экспресс-анализа эффективности затрат.

Тем не менее сравнительный анализ эффективности затрат в классическом виде является фундаментальным, но не единственным ключом к принятию решений о необходимости масштабирования технологии. Внедрение, например, мультикритериального анализа (MCDA) может помочь в установлении приоритетов при проведении оценки технологий здравоохранения (ОТЗ) путём рассмотрения множества разнообразных оценочных критериев. При выполнении MCDA анализируется широкий набор факторов и тем самым обеспечивается более справедливое решение по включению технологии в списки возмещения или стандарты [2, 3].

MCDA имеет математическую природу и не представляет собой единый монолитный метод, а объединяет множество гибких моделей. Первостепенное назначение MCDA — поиск наиболее целесообразных альтернатив. Популяризация и внедрение методик MCDA может дополнить наиболее известные и распространённые модели ОТЗ [4].

Цель данной работы — рассмотреть основные модели MCDA для здравоохранения и частоту их применения в практике приоритизации технологий здравоохранения.

Материалы и методы

Исследование выполнено по результатам поиска научной литературы, представленной в библиографической базе PubMed. Для обнаружения релевантных источников применяли ключевые слова: «multiple-criteria decision analysis (MCDA)», «models», «health technology assessment / evaluation / appraisal», «health technology prioritization» и др. Дополнительные и справочные сведения получали с использованием поисковой системы Google.

Результаты

Общий алгоритм MCDA для сравнения альтернативных технологий здравоохранения

Любой MCDA для ОТЗ состоит из 3 ключевых элементов: определение проблемы, выбор релевантных критериев и построение матрицы производительности [2, 5].

Упрощённый алгоритм MCDA включает в себя:

1. Формулировку цели (например, выбор оптимальной технологии для регионального здравоохранения) [6].
2. Идентификацию альтернативных технологий для сравнения [7].
3. Селекцию и структурирование релевантных критериев — как качественных, так и количественных [8]. Чаще всего используются показатели затрат (52% исследований) и безопасности (44%) [9]. Включают клинические индикаторы (тяжесть заболевания [3], эффективность), экономические, социальные (справедливость, доступность [10]) и пациентоориентированные критерии (предпочтения пациентов [11]), организационные аспекты (требования к инфраструктуре и др.) [12], «новые» кри-

Классификация моделей MCDA для здравоохранения в зависимости от фундаментального математического (логического) аппарата с примерами (адаптировано из [9] с дополнениями)

Аббревиатура	Название модели	Источник
I класс: модели измерения ценности¹		
WSM	Метод взвешенной суммы (weighted sum method)	[16]
SMART	Простая техника многокритериальной оценки (simple multi-attribute rating technique)	
MAUT	Теория многокритериальной полезности (multi-attribute utility theory)	
MAVT	Теория многокритериальной ценности (multi-attribute value theory)	[17]
ANP	Аналитический иерархический процесс (analytic hierarchy process)	
MACBETH	Измерение привлекательности с помощью категориального метода оценки (measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique)	[18]
DCE	Эксперимент с дискретным выбором (discrete choice experiment)	[19]
PAPRIKA	Метод потенциального попарного ранжирования всех возможных альтернатив (potentially all pairwise rankings of all possible alternatives)	[1]
II класс: модели в рамках теории отношений превосходства²		
PROMETHEE	Метод формирования рангов предпочтения для обогащения оценок (preference ranking organization method for enrichment evaluation)	[20]
ELECTRE	Исключение и выбор, отражающие реальность (от французского: élimination et choix traduisant la réalité)	
III класс: модели, основанные на целях, стремлениях или референтных уровнях: примеры — А, Б		
А) Модели на основе оценки опорных ситуаций:		
TOPSIS	Техника упорядочивания предпочтений по степени сходства с идеальным решением (technique for order preference by similarity to ideal solution)	[22]
VIKOR	Многокритериальная оптимизация и компромиссное решение (от сербского: vise-kriterijumska optimizacija i kompromisno resenje)	[23]
Б) Модели целевого программирования (goal programming models)		

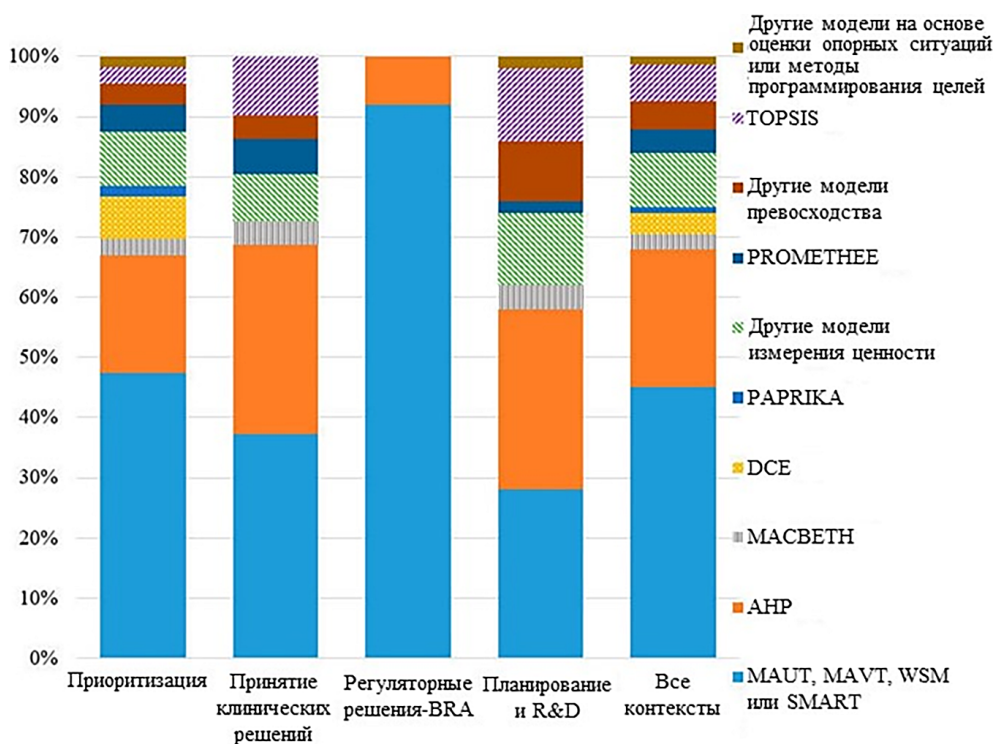
Примечание. ¹Основаны на теории ценности и включают процесс присвоения элементам решения количественных значений для построения структуры предпочтений. ²Модели сравнения альтернатив попарно для выявления предпочтений, где определяется превосходство по индикаторам с учётом пороговых факторов предпочтения, неопределённости и конфликтности критериев [22].

терии ценности: неудовлетворённая медицинская потребность, снижение неопределённости [13].

4. Оценку альтернатив по критериям (формирование матрицы производительности) с возможной нормализацией данных [7].
5. Взвешивание критериев (субъективное, объективное или комплексное) [6, 14].
6. Агрегацию результатов для итогового ранжирования [9].
7. Анализ чувствительности модели [12].
8. Определение оптимального решения на основе ранжирования и анализа чувствительности [6, 12].

Распространённые модели MCDA в практике ОТЗ

Имеются разные классы методик MCDA. По одной из классификаций процессные модели MCDA



Частота встречаемости методов MCDA в исследованиях, посвящённых вопросам здравоохранения (2023 г.).

Адаптировано из [9], лицензия: CC BY, <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

для поддержки работы агентств по ОТЗ могут быть отнесены к 3 категориям [2]:

1. Качественный (частичный) MCDA — базовый подход с качественной оценкой альтернатив по заданным критериям без количественной агрегации, основанный на обсуждении и делиберативном процессе [2].
2. Количественный (полный) MCDA включает количественную оценку, взвешивание и математическую агрегацию показателей для расчёта значений ценности альтернатив [15].
3. MCDA с правилами принятия решений («структурированная делиберация») — комбинирует количественные методы с алгоритмами принятия решений, учитывая дополнительные факторы. Применяется в сложных случаях, например, в системах ОТЗ Нидерландов и Великобритании [2].

Общепринятая методологическая классификация моделей MCDA (таблица). Применяются также гибридные методы.

Согласно обзору P. Gongora-Salazar и соавт., при применении MCDA-методов в здравоохранении наблюдаются чёткие паттерны выбора (рисунок). Наиболее распространёнными оказались модели измерения ценности, которые использовались в 86% проанализированных исследований. Среди них преобладали линейные аддитивные модели, такие как MAUT и метод взвешенной суммы, а также AHP [4, 9]. Менее распространёнными, но всё же значимыми подходами были PROMETHEE (10% исследований), модели, основанные на целях и рефе-

рентных уровнях, преимущественно TOPSIS (7%) [9].

Аналогичные тенденции выбора методов наблюдались и при решении задач приоритизации в здравоохранении. В большинстве случаев приоритизация касалась определения очередности внедрения медицинских вмешательств (по охвату, возмещению затрат или финансированию), ранжирования нозологий для целей возмещения и распределения ресурсов [9].

Исследования показывают, что методы прямого оценивания предпочтительны для построения матрицы производительности альтернатив: прямые шкалы (например, Лайкерта) использовались в 30% случаев, система распределения баллов — в 5%. AHP (26%) и функция ценности (13%) занимают 2-е и 3-е места по частоте применения. Шкалирование оказалось наиболее популярным методом (38%) при приоритизации в здравоохранении [9]. На этапе взвешивания критериев чаще всего применялись AHP и прямое ранжирование.

I. Khan и соавт. установили, что в здравоохранении наиболее востребованы гибридные методы. Среди отдельных методов лидируют AHP, TOPSIS и MAUT, за ними следуют целевое программирование, процедура EVIDEM, доказательное рассуждение и DCE [24].

Частые методы проведения MCDA характеризуются нижеперечисленными свойствами.

WSM — один из самых используемых в сфере здравоохранения простых методов агрегирования

весовых коэффициентов и уровней производительности:

$$S(a) = \sum_{i=1}^n w_i s_i(a),$$

где $S(a)$ — совокупный балл; w — относительный вес критерия; $s_i(a)$ — балл производительности для альтернативы A по критерию i [25].

MAVT и MAUT представляют собой аналитические подходы для многокритериальных решений, где MAVT работает в условиях определённости, а MAUT учитывает неопределённость. Оба метода количественно выражают предпочтения через функции ценности/полезности [26, 27].

АНР — декомпозиция задачи на иерархии критериев с парными сравнениями, эффективен для оценки медоборудования и приоритизации технологий [22, 28].

PROMETHEE — метод парных сравнений с функциями предпочтения, обрабатывающий качественные и количественные данные [20].

TOPSIS — ранжирует альтернативы по близости к идеальному решению, популярен благодаря наглядности [29].

VIKOR — специализирован для сложных сценариев, учитывает компромиссы и групповую полезность [23].

В последние годы отмечается развитие специализированных адаптаций MCDA: Фреймворк CATCH для педиатрии, адаптирующий MCDA к детскому здравоохранению [11], интеграцию TOPSIS, VIKOR и PROMETHEE в сетевой метаанализ [20]. Организационные структуры (EVIDEM [4], BR, AVF) применяют для рабочих процессов MCDA.

Поддержка внедрения MCDA с помощью ИТ-решений

Рынок предлагает множество специализированных программных решений для MCDA, включая продукты с открытым исходным кодом. Однако, как отмечают А. Moreno-Calderón и соавт., большинство инструментов для приоритизации в здравоохранении поддерживают только одну методику MCDA [31]. Часть решений, такие как Prioritisation Framework, STAR и EVIDEM, интегрированы в MS Excel. Подробный анализ программных продуктов для MCDA представлен в исследованиях [23, 31—33].

Обсуждение

MCDA объединяет эффективные математические подходы, успешно применяемые для приоритизации медицинских технологий. Современное развитие метода связано с прогрессом в области искусственного интеллекта и цифровых аналитических систем, позволяющих обрабатывать мультимодальные данные в реальном времени, создавать интерактивные дашборды, строить сложные прогнозные модели.

Эти технологии повышают точность оценок и снижают неопределённость в ОТЗ. Однако ключе-

вая роль остаётся за экспертами, которые определяют стратегию анализа, обеспечивают качество исходных данных, осуществляют контроль и валидацию результатов.

Заключение

В экономике здоровья для приоритизации технологий широко применяются методы измерения ценности: WSM, MAUT и АНР. Для построения матрицы производительности чаще всего используется шкалирование, хотя АНР и функции ценности также популярны [9]. Наблюдается интерес к применению гибридных технологий MCDA (пример: АНР-TOPSIS [34]), а также моделей для обработки неопределённости и неточности при принятии решений (например, нечёткие [fuzzy] АНР и TOPSIS) [35]. Результативность дальнейшего практического внедрения MCDA для ОТЗ сопряжена с прогрессом в области медицинской информатики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khanal S., Nghiem S., Miller M. et al. Development of a prioritization framework to aid healthcare funding decision making in health technology assessment in Australia: application of multicriteria decision analysis // *Value in Health*. 2024. Vol. 27. P. 1585—1593. DOI: 10.1016/j.jval.2024.07.003
2. Baltussen R., Marsh K., Thokala P. et al. Multicriteria decision analysis to support health technology assessment agencies: benefits, limitations, and the way forward // *Value in Health*. 2019. Vol. 22. P. 1283—1288. DOI: 10.1016/j.jval.2019.06.014
3. Baran-Kooiker A., Czech M., Kooiker C. Multi-criteria decision analysis (MCDA) models in health technology assessment of orphan drugs — a systematic literature review. Next steps in methodology development? // *Front. Public Health*. 2018. Vol. 6. P. 287. DOI: 10.3389/fpubh.2018.00287
4. Marsh K. D., Sculpher M., Caro J. J., Tervonen T. The use of MCDA in HTA: great potential, but more effort needed // *Value in Health*. 2018. Vol. 21. P. 394—397. DOI: 10.1016/j.jval.2017.10.001
5. Niewada M., Zawodnik A. Multiple criteria decision analysis (MCDA) for health care decision making — overview of guidelines // *J. Health Policy & Outcomes Res*. 2019. Vol. 1. DOI: 10.7365/JH-POR.2018.2.4
6. Angelis A., Linch M., Montibeller G. et al. Multiple criteria decision analysis for HTA across four EU member states: piloting the advance value framework // *Social Science & Medicine*. 2020. Vol. 246. P. 112595. DOI: 10.1016/j.socscimed.2019.112595
7. Campolina A. G., Estevez-Diz M. D. P., Abe J. M., de Soárez P. C. Multiple criteria decision analysis (MCDA) for evaluating cancer treatments in hospital-based health technology assessment: the parsimonious value framework // *PLOS One*. 2022. Vol. 17. P. e0268584. DOI: 10.1371/journal.pone.0268584
8. Roy A., Kar B. A multicriteria decision analysis framework to measure equitable healthcare access during COVID-19 // *J. Transport & Health*. 2022. Vol. 24. P. 101331. DOI: 10.1016/j.jth.2022.101331
9. Gongora-Salazar P., Rocks S., Fahr P. et al. The use of multicriteria decision analysis to support decision making in healthcare: an updated systematic literature review // *Value in Health*. 2023. Vol. 26. P. 780—790. DOI: 10.1016/j.jval.2022.11.007
10. Takhar P., Geirnaert M., Gavura S. et al. Application of Multi-criteria decision analysis (MCDA) to prioritize real-world evidence studies for health technology management: outcomes and lessons learned by the Canadian Real-World Evidence for Value of Cancer Drugs (CanREValue) collaboration // *Curr. Oncol*. 2024. Vol. 31. P. 1876—1898. DOI: 10.3390/curroncol31040141
11. Gauvreau C. L., Schreyer L., Gibson P. J. et al. Development of a value assessment framework for pediatric health technologies using multicriteria decision analysis: expanding the value lens for funding decision making // *Value in Health*. 2024. Vol. 27. P. 879—888. DOI: 10.1016/j.jval.2024.03.012
12. Ruggeri M., Cadeddu C., Roazzi P. et al. Multi-criteria-decision-analysis (MCDA) for the horizon scanning of health innova-

- tions an application to COVID 19 emergency // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020. Vol. 17. P. 7823. DOI: 10.3390/ijerph17217823
13. Zelei T., Mendola N. D., Elezbawy B. et al. Criteria and scoring functions used in Multi-criteria decision analysis and value frameworks for the assessment of rare disease therapies: a systematic literature review // *PharmacoEconomics — Open*. 2021. Vol. 5. P. 605—612. DOI: 10.1007/s41669-021-00271-w
14. Sun C., Li S., Deng Y. Determining weights in multi-criteria decision making based on negation of probability distribution under uncertain environment // *Mathematics*. 2020. Vol. 8. P. 191. DOI: 10.3390/math8020191
15. Hansen P., Devlin N. Multi-criteria decision analysis (MCDA) in healthcare decision-making // *Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance*. Oxford; 2019. DOI: 10.1093/acrefore/9780190625979.013.98
16. Belton V., Stewart T. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Springer Science & Business Media; 2012.
17. Saaty T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process // *Management Science*. 1986. Vol. 32. P. 841—855. DOI: 10.1287/mnsc.32.7.841
18. Bana E., Costa C. A., Vansnick J.-C. The MACBETH approach: basic ideas, software, and an application // Meskens N., Roubens M. (eds.) *Advances in Decision Analysis. Mathematical Modelling: Theory and Applications*. Springer, Dordrecht; 1999. Vol. 4. P. 131—157. DOI: 10.1007/978-94-017-0647-6_9
19. Reed Johnson F., Lancsar E., Marshall D. et al. Constructing experimental designs for discrete-choice experiments: report of the ISPOR conjoint analysis experimental design good research practices task force // *Value in Health*. 2013. Vol. 16. P. 3—13. DOI: 10.1016/j.jval.2012.08.2223
20. Bellos I. Multicriteria decision-making methods for optimal treatment selection in network meta-analysis // *Medical Decision Making*. 2023. Vol. 43. P. 78—90. DOI: 10.1177/0272989X221126678
21. Thokala P., Duenas A. Multiple criteria decision analysis for health technology assessment // *Value in Health*. 2012. Vol. 15. P. 1172—1181. DOI: 10.1016/j.jval.2012.06.015
22. Chaube S., Pant S., Kumar A. et al. An overview of multi-criteria decision analysis and the applications of AHP and TOPSIS methods // *Int. J. Math. Eng. Manag. Sci.* 2024. Vol. 9. P. 581—615. DOI: 10.33889/IJMEMS.2024.9.3.030
23. Global Six Sigma USA. Multi-criteria decision analysis (MCDA). All You Need to Know 2024. URL: <https://www.6sigma.us/six-sigma-in-focus/multi-criteria-decision-analysis-mcda/> (дата обращения: 28.04.2025).
24. Khan I., Pintelon L., Martin H. The application of multicriteria decision analysis methods in health care: a literature review // *Medical Decision Making*. 2022. Vol. 42. P. 262—274. DOI: 10.1177/0272989X211019040
25. Beny K., Dubromel A., du Sartz de Vigneulles B. et al. Multiple criteria decision analysis for therapeutic innovations in a hemophilia care center: a pilot study of the organizational impact of innovation in hemophilia care management // *PLOS One*. 2022. Vol. 17. P. e0273775. DOI: 10.1371/journal.pone.0273775
26. Schneider P. P., van Hout B., Heisen M. et al. The Online elicitation of personal utility functions (OPUF) tool: a new method for valuing health states // *Wellcome Open Research*. 2022. Vol. 7. P. 14. DOI: 10.12688/wellcomeopenres.17518.1
27. Angelis A., Kanavos P. Value-based assessment of new medical technologies: towards a robust methodological framework for the application of multiple criteria decision analysis in the context of health technology assessment // *PharmacoEconomics*. 2016. Vol. 34. P. 435—446. DOI: 10.1007/s40273-015-0370-z
28. Yang C., Wang Y., Hu X. et al. Improving hospital based medical procurement decisions with health technology assessment and multi-criteria decision analysis // *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*. 2021. Vol. 58. DOI: 10.1177/00469580211022911
29. Hezer S., Gelmez E., Özceylan E. Comparative analysis of TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods for the COVID-19 regional safety assessment // *J. Infect. Public Health*. 2021. Vol. 14. P. 775—786. DOI: 10.1016/j.jiph.2021.03.003
30. Su P., Zhi K., Xu H. et al. The application of multi-criteria decision analysis in evaluating the value of drug-oriented intervention: a literature review // *Front. Pharmacol.* 2024. Vol. 15. P. 1245825. DOI: 10.3389/fphar.2024.1245825
31. Moreno-Calderón A., Tong T. S., Thokala P. Multi-criteria decision analysis software in healthcare priority setting: a systematic review // *PharmacoEconomics*. 2020. Vol. 38. P. 269—283. DOI: 10.1007/s40273-019-00863-9
32. Babashahi S. Using multi-criteria decision analysis (MCDA) to support health research funding decision-making. Otago; 2020.
33. Hummel J. M., Bridges J. F. P., IJzerman M. J. Group decision making with the analytic hierarchy process in benefit-risk assessment: a tutorial // *The Patient-Patient-Centered Outcomes Research*. 2014. Vol. 7. P. 129—140. DOI: 10.1007/s40271-014-0050-7
34. Mobinizadeh M., Raeissi P., Nasiripour A. A. et al. A model for priority setting of health technology assessment: the experience of AHP-TOPSIS combination approach // *Daru*. 2016. Vol. 24. P. 10. DOI: 10.1186/s40199-016-0148-7
35. Hongxia W., Juanjuan G., Han W. et al. An integration of hybrid MCDA framework to the statistical analysis of computer-based health monitoring applications // *Front. Public Health*. 2024. Vol. 11. P. 1341871. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1341871

Поступила 31.03.2025
Принята в печать 15.07.2025

REFERENCES

1. Khanal S., Nghiem S., Miller M. et al. Development of a prioritization framework to aid healthcare funding decision making in health technology assessment in Australia: application of multicriteria decision analysis. *Value in Health*. 2024;27:1585—1593. DOI: 10.1016/j.jval.2024.07.003
2. Baltussen R., Marsh K., Thokala P. et al. Multicriteria decision analysis to support health technology assessment agencies: benefits, limitations, and the way forward. *Value in Health*. 2019;22:1283—1288. DOI: 10.1016/j.jval.2019.06.014
3. Baran-Kooiker A., Czech M., Kooiker C. Multi-criteria decision analysis (MCDA) models in health technology assessment of orphan drugs — a systematic literature review. Next steps in methodology development? *Front. Public Health*. 2018;6:287. DOI: 10.3389/fpubh.2018.00287
4. Marsh K. D., Sculpher M., Caro J. J., Tervonen T. The use of MCDA in HTA: great potential, but more effort needed. *Value in Health*. 2018;21:394—397. DOI: 10.1016/j.jval.2017.10.001
5. Niewada M., Zawodnik A. Multiple criteria decision analysis (MCDA) for health care decision making — overview of guidelines. *J. Health Policy & Outcomes Res*. 2019;1. DOI: 10.7365/JH-POR.2018.2.4
6. Angelis A., Linch M., Montibeller G. et al. Multiple criteria decision analysis for HTA across four EU member states: piloting the advance value framework. *Social Science & Medicine*. 2020;246:112595. DOI: 10.1016/j.socscimed.2019.112595
7. Campolina A. G., Estevez-Diz M. D.P., Abe J. M., de Soárez P. C. Multiple criteria decision analysis (MCDA) for evaluating cancer treatments in hospital-based health technology assessment: the paraconsistent value framework. *PLOS One*. 2022;17:e0268584. DOI: 10.1371/journal.pone.0268584
8. Roy A., Kar B. A multicriteria decision analysis framework to measure equitable healthcare access during COVID-19. *J. Transport & Health*. 2022;24:101331. DOI: 10.1016/j.jth.2022.101331
9. Gongora-Salazar P., Rocks S., Fahr P. et al. The use of multicriteria decision analysis to support decision making in healthcare: an updated systematic literature review. *Value in Health*. 2023;26:780—790. DOI: 10.1016/j.jval.2022.11.007
10. Takhar P., Geirnaert M., Gavura S. et al. Application of Multi-criteria decision analysis (MCDA) to prioritize real-world evidence studies for health technology management: outcomes and lessons learned by the Canadian Real-World Evidence for Value of Cancer Drugs (CanREValue) collaboration. *Curr. Oncol.* 2024;31:1876—1898. DOI: 10.3390/curroncol31040141
11. Gauvreau C. L., Schreyer L., Gibson P. J. et al. Development of a value assessment framework for pediatric health technologies using multicriteria decision analysis: expanding the value lens for funding decision making. *Value in Health*. 2024;27:879—888. DOI: 10.1016/j.jval.2024.03.012
12. Ruggeri M., Cadeddu C., Roazzi P. et al. Multi-criteria-decision-analysis (MCDA) for the horizon scanning of health innovations an application to COVID 19 emergency. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17:7823. DOI: 10.3390/ijerph17217823
13. Zelei T., Mendola N. D., Elezbawy B. et al. Criteria and scoring functions used in Multi-criteria decision analysis and value frameworks for the assessment of rare disease therapies: a systematic literature review. *PharmacoEconomics — Open*. 2021;5:605—612. DOI: 10.1007/s41669-021-00271-w
14. Sun C., Li S., Deng Y. Determining weights in multi-criteria decision making based on negation of probability distribution under

- uncertain environment. *Mathematics*. 2020;8:191. DOI: 10.3390/math8020191
15. Hansen P., Devlin N. Multi-criteria decision analysis (MCDA) in healthcare decision-making. Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance. Oxford; 2019. DOI: 10.1093/acrefore/9780190625979.013.98
 16. Belton V., Stewart T. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Springer Science & Business Media; 2012.
 17. Saaty T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*. 1986;32:841—855. DOI: 10.1287/mnsc.32.7.841
 18. Bana E., Costa C. A., Vansnick J.-C. The MACBETH approach: basic ideas, software, and an application. In: Meskens N., Roubens M. (eds.) *Advances in Decision Analysis. Mathematical Modelling: Theory and Applications*. Springer, Dordrecht; 1999;4:131—157. DOI: 10.1007/978-94-017-0647-6_9
 19. Reed Johnson F., Lancsar E., Marshall D. et al. Constructing experimental designs for discrete-choice experiments: report of the ISPOR conjoint analysis experimental design good research practices task force. *Value in Health*. 2013;16:3—13. DOI: 10.1016/j.jval.2012.08.2223
 20. Bellos I. Multicriteria decision-making methods for optimal treatment selection in network meta-analysis. *Medical Decision Making*. 2023;43:78—90. DOI: 10.1177/0272989X221126678
 21. Thokala P., Duenas A. Multiple criteria decision analysis for health technology assessment. *Value in Health*. 2012;15:1172—1181. DOI: 10.1016/j.jval.2012.06.015
 22. Chaube S., Pant S., Kumar A. et al. An overview of multi-criteria decision analysis and the applications of AHP and TOPSIS methods. *Int. J. Math. Eng. Manag. Sci.* 2024;9:581—615. DOI: 10.33889/IJMEMS.2024.9.3.030
 23. Global Six Sigma USA. Multi-criteria decision analysis (MCDA). All You Need to Know 2024. URL: <https://www.6sigma.us/six-sigma-in-focus/multi-criteria-decision-analysis-mcda/> (дата обращения: 28.04.2025).
 24. Khan I., Pintelon L., Martin H. The application of multicriteria decision analysis methods in health care: a literature review. *Medical Decision Making*. 2022;42:262—274. DOI: 10.1177/0272989X211019040
 25. Beny K., Dubromel A., du Sartz de Vigneulles B. et al. Multiple criteria decision analysis for therapeutic innovations in a hemophilia care center: a pilot study of the organizational impact of innovation in hemophilia care management. *PLOS One*. 2022;17:e0273775. DOI: 10.1371/journal.pone.0273775
 26. Schneider P. P., van Hout B., Heisen M. et al. The Online elicitation of personal utility functions (OPUF) tool: a new method for valuing health states. *Wellcome Open Research*. 2022;7:14. DOI: 10.12688/wellcomeopenres.17518.1
 27. Angelis A., Kanavos P. Value-based assessment of new medical technologies: towards a robust methodological framework for the application of multiple criteria decision analysis in the context of health technology assessment. *PharmacoEconomics*. 2016;34:435—446. DOI: 10.1007/s40273-015-0370-z
 28. Yang C., Wang Y., Hu X. et al. Improving hospital based medical procurement decisions with health technology assessment and multi-criteria decision analysis. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*. 2021;58. DOI: 10.1177/00469580211022911
 29. Hezer S., Gelmez E., Özceylan E. Comparative analysis of TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods for the COVID-19 regional safety assessment. *J. Infect. Public Health*. 2021;14:775—786. DOI: 10.1016/j.jiph.2021.03.003
 30. Su P., Zhi K., Xu H. et al. The application of multi-criteria decision analysis in evaluating the value of drug-oriented intervention: a literature review. *Front. Pharmacol.* 2024;15:1245825. DOI: 10.3389/fphar.2024.1245825
 31. Moreno-Calderón A., Tong T. S., Thokala P. Multi-criteria decision analysis software in healthcare priority setting: a systematic review. *PharmacoEconomics*. 2020;38:269—283. DOI: 10.1007/s40273-019-00863-9
 32. Babashahi S. Using multi-criteria decision analysis (MCDA) to support health research funding decision-making. Otago; 2020.
 33. Hummel J. M., Bridges J. F. P., IJzerman M. J. Group decision making with the analytic hierarchy process in benefit-risk assessment: a tutorial. *The Patient-Patient-Centered Outcomes Research*. 2014;7:129—140. DOI: 10.1007/s40271-014-0050-7
 34. Mobinizadeh M., Raeissi P., Nasiripour A. A. et al. A model for priority setting of health technology assessment: the experience of AHP-TOPSIS combination approach. *Daru*. 2016;24:10. DOI: 10.1186/s40199-016-0148-7
 35. Hongxia W., Juanjuan G., Han W. et al. An integration of hybrid MCDA framework to the statistical analysis of computer-based health monitoring applications. *Front. Public Health*. 2024;11:1341871. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1341871