

[https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28\(4\)-77-88](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28(4)-77-88)

EDN: VCOJTV



## РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА

© Качалов Р.М., Мороз В.Н., 2025

*Качалов Роман Михайлович*, доктор экономических наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия;

ORCID: 0000-0001-5866-3390, eLibrary SPIN: 6705-5207, [kachalov1ya@yandex.ru](mailto:kachalov1ya@yandex.ru)

*Мороз Вадим Николаевич*, кандидат экономических наук, Российский университет кооперации (Калининградский филиал), Калининград, Россия;

ORCID: 0000-0002-6785-0822, eLibrary SPIN: 7934-6343, [morozvadim@rambler.ru](mailto:morozvadim@rambler.ru)

Статья поступила: 01.06.2025, принята к печати: 26.09.2025

### *Оригинальная статья*

**Аннотация.** В данной статье выбор стратегии предприятия рассматривается с позиции оценки различных рисков, связанных с реализацией каждого потенциального варианта стратегии. Эти риски отражают факторы экономического риска (ФЭР), представленные в концепции моделирования процессов управления экономическим риском, разработанной учеными Центрального экономико-математического института Российской академии наук (ЦЭМИ РАН). В работе предложен подход к выбору стратегии предприятия, основанный на анализе каждой альтернативы по многим критериям, каждый из которых отражает фактор экономического риска определенной подсистемы при помощи комбинации двух многокритериальных методов принятия решения: серого реляционного анализа и метода TODIM с установлением значимости каждого из этих критериев, определяемой весовыми коэффициентами. При этом предложен также новый метод расчета весовых коэффициентов, основанный на решении задачи коммивояжера, для нахождения кратчайшего пути между значениями каждого критерия, посредством оценки расстояний между ними, определяемых их разностями. Такое определение весов оцениваемых критериев отвечает принципу их установления, лежащему в основе существующих методов объективного определения веса, основанному на определении неоднородности их значений; однако это позволит более точно определить эту неоднородность. Практическая реализация предложенного подхода позволит предприятиям проводить более адекватный выбор стратегии за счет детальной многокритериальной оценки каждой альтернативы с позиции различных факторов экономического риска, проводимой при помощи комбинации двух многокритериальных методов принятия решения, а также более точного определения значимости каждого критерия, отражающего фактор экономического риска, в процессе принятия решения.

**Ключевые слова:** выбор стратегии предприятия, мера отклонения от заданной цели, факторы экономического риска, многокритериальное принятие решения, вес критерия, задача коммивояжера, серый реляционный анализ, метод TODIM, комбинация методов.

**Классификация JEL:** L10, C61, D81.

**Конфликт интересов:** Качалов Р.М. входит в состав редакционной коллегии журнала «Экономическая наука современной России», однако его мнение не влияло на решение о публикации данной работы. Материал прошел установленную журналом процедуру рецензирования. Дополнительных конфликтов интересов не выявлено.

**Для цитирования:** Качалов Р.М., Мороз В.Н. (2025). Разработка стратегии предприятия на основе оценки факторов экономического риска // Экономическая наука современной России. Т. 28. № 4. С. 77–88. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28\(4\)-77-88](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28(4)-77-88). EDN: VCOJTV

[https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28\(4\)-77-88](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28(4)-77-88)

EDN: VCOJTV



## DEVELOPMENT OF ENTERPRISE STRATEGY BASED ON EVALUATION OF ECONOMIC RISK FACTORS

© Kachalov R.M., Moroz V.N., 2025

*Roman M. Kachalov*, Dr. Sci. (Economics), Professor, Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0001-5866-3390, eLibrary SPIN: 6705-5207, [kachalov1ya@yandex.ru](mailto:kachalov1ya@yandex.ru)

*Vadim N. Moroz*, Cand. Sci. (Economic), Russian University of Cooperation Kaliningrad Branch, Kaliningrad, Russia;

ORCID: 0000-0002-6785-0822, eLibrary SPIN: 7934-6343, [morozvadim@rambler.ru](mailto:morozvadim@rambler.ru)

Received: 06/01/2025, Accepted: 09/26/2025

### *Original article*

**Abstract.** In this article the choice of an enterprise strategy is considered from the perspective of assessing the various risks associated with the implementation of each potential strategy option. These risks are reflected by the economic risk factors (ERF) presented in the concept of modeling economic risk management processes developed by scientists from the Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences (CEMI RAS). The paper proposes an approach to choosing an enterprise strategy based on the analysis of each alternative according to many criteria, each of which reflects the economic risk factor of a certain subsystem using a combination of two multi-criteria decision-making methods: gray relation analysis and the TODIM method with the establishment of the significance of each of these criteria, determined by weighting coefficients. At the same time, a new method for calculating weight coefficients based on solving the travelling salesman problem is also proposed to find the shortest path between the values of each criterion by estimating the distances between them determined by their differences. Such a determination of the weights of the evaluated criteria corresponds to the principle of their establishment, which underlies the existing methods of objective determination of weight, based on the determination of the heterogeneity of their values, however, it will allow to more accurately determine this heterogeneity. The practical implementation of the proposed approach will allow enterprises to make a more adequate choice of strategy through a detailed multi-criteria assessment of each alternative from the perspective of various economic risk factors, carried out using a combination of two multi-criteria decision-making methods, as well as a more accurate determination of the significance of each criterion reflecting the economic risk factor in the decision-making process.

**Keywords:** selection of enterprise strategy, measure of deviation from the given goal, economic risk factors, multi-criteria decision making, criterion weight, travelling salesman problem, grey relational analysis, TODIM method, combination of methods.

**Classification JEL:** L10, C61, D81.

**Conflict of interest:** Roman M. Kachalov is a member of the editorial board of the journal “Economics of Contemporary Russia”, however, his opinion did not influence the decision to publish this work. The material underwent the journal’s established peerreview procedure. No additional conflicts of interest were identified.

**For reference:** Kachalov R.M., Moroz V.N. (2025). Development of enterprise strategy based on evaluation of economic risk factors. *Economics of Contemporary Russia*. 2025;28(4):77–88. (In Russ.) [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28\(4\)-77-88](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2025-28(4)-77-88). EDN: VCOJTV

## ВВЕДЕНИЕ

Стратегия является основой деятельности предприятия. Она определяет характер, особенности и вектор его развития. Стратегия представляет собой базовый план, определяющий цели и направления деятельности организации, а также систему взаимосвязанных мер, направленных на его реализацию. Стратегия закладывает базис для принятия управленческих решений, касающихся как выполнения миссии организации, так и достижения ее долгосрочных и краткосрочных целей и решения текущих задач. Поэтому адекватный выбор стратегии предприятия является определяющим фактором его успешного функционирования.

В современных условиях, характеризующихся усилением конкуренции, экономической нестабильностью и неопределенностью внешней среды организаций, выбор стратегии предприятия сопряжен с различными рисками, что требует разносторонней и многоаспектной их оценки при принятии решения, связанного с таким выбором. Это обуславливает целесообразность применения многокритериальных методов принятия решения при выборе стратегии предприятия. Однако для таких решений в условиях неопределенности и риска необходим грамотный отбор критериев, способных отразить различные факторы экономического риска.

Выбор стратегии предприятия осуществляется на основе анализа ключевых факторов, характеризующих его деятельность и/или оказывающих на нее прямое либо косвенное воздействие. При этом число таких факторов часто является значительным, и каждый из них способен быть источником риска для предприятия. Многокритериальный анализ, проводимый при помощи современных многокритериальных методов принятия решения, позволит в процессе выбора стратегии оценить каждый возможный вариант (альтернативу) с позиции различных аспектов и оценить связанный с его выбором риск с различных сторон. Выбор стратегии на основе такого анализа позволит проводить стратегию, обеспечивающую как устойчивое функционирование предприятия, так и его экономический рост. Кроме того, современные многокритериальные методы решений предполагают оценку значимости каждого критерия в процессе принятия решения, определяемой его весовым коэффициентом, что в контексте выбора стратегии создаст возможность для определения не только собственно наиболее предпочтительного варианта, но также характера и направления реализации стратегии. Таким образом можно заключить, что выбор стратегии предприятия на основе проведе-

ния многокритериального анализа позволит дать ответ на три основных вопроса, возникающих при формировании стратегии (Царикаев, 2011): какие направления хозяйственной деятельности необходимо развивать, каковы потребности в капиталовложениях и наличных ресурсах и какова возможная отдача по выбранным направлениям, которые, в свою очередь, соответствуют основным вопросам экономики: «Что производить?», «Как производить?» и «Для кого производить?». Поскольку выбор стратегии относится к области принятия экономических решений, авторы считают наиболее релевантным подход, ориентированный на нахождение ответа на такие вопросы.

Целью настоящего исследования является разработка и апробация нового подхода к принятию решения для выбора стратегии предприятия в условиях неопределенности и риска. Для достижения данной цели решаются следующие задачи: теоретический и методологический анализ понятий «риск» и «фактор экономического риска», анализ многокритериальных методов принятия решения, представленных в современной отечественной и зарубежной литературе, разработка нового метода определения весов оцениваемых критериев, базирующегося на решении задачи коммивояжера и апробация предложенного подхода.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

Выбор стратегии предприятия в условиях неопределенности и риска требует детального анализа факторов экономического риска, что обуславливает целесообразность применения многокритериальных методов принятия решения. Однако для грамотного и адекватного принятия такого решения при помощи многокритериальных методов необходим правильный подбор критериев, отражающих факторы экономического риска и охватывающих различные аспекты деятельности предприятия. Наиболее релевантным этой цели подходом авторам представляется подход, предложенный в коллективной монографии «Концептуальное моделирование процессов управления экономическим риском на основе нечеткой логики», опубликованной под редакцией Р.М. Качалова (Качалов и др., 2017). Данный подход, опираясь на системную экономическую теорию, разработанную Г.Б. Клейнером (Клейнер, 2013), предлагает рассматривать предприятие как социально-экономическую систему, включающую четыре подсистемы: подсистему объектного типа, подсистему проектного

типа, подсистему процессного типа и подсистему средового типа с последующей характеристикой факторов экономического риска (ФЭР), присущих подсистемам. В настоящей работе предлагается в процессе принятия решения для выбора стратегии предприятия провести многокритериальный анализ, включающий критерии, отражающие ФЭР каждой из представленных подсистем.

Выбор конкретных многокритериальных методов принятия решений в условиях неопределенности и риска, в том числе касающихся выработки оптимального плана закупок, требует четкого понимания сущности риска. В ряде работ (Качалов, 2012; Качалов и др., 2017) риск и, в частности, экономический, предпринимательский риск рассматривается как мера либо возможность отклонения от заданной цели или некоторого идеала. В работе (Качалов, 2012) экономический риск понимается как возможность – при данной ситуации принятия решения – отклонения от цели хозяйственной деятельности предприятия. В работе (Качалов и др., 2017) понятие «риск» характеризуется как обобщающая категория, отражающая меру реального отклонения от заданной цели экономической деятельности предприятия и объем обусловленных этим отклонением неблагоприятных последствий.

Исходя из понимания риска как возможности отклонения от заданной цели, можно утверждать, что в роли критерия, отражающего ФЭР, может выступать любой экономический показатель, в отношении которого может быть задано целевое или референтное значение, с которым сопоставляются текущие значения и который при этом относится к одной из подсистем. Мера отклонения от референтного значения может рассматриваться в данном случае как мера риска по этому критерию. На основе характеристики подсистем и примеров ФЭР, представленных в работе (Качалов и др., 2017), а также критериев выбора стратегии предприятия, предлагаемых в современной отечественной и зарубежной литературе (Бережной, Цвиринько, Шарунова, 2005; Wang, Gan, 2015; Akgönül, Özcan, Eren, 2021), автором были выделены восемь критериев выбора стратегии, каждый из которых отражает ФЭР определенной подсистемы: стоимость компании и ожидаемый коэффициент годности основных средств, относящихся к ФЭР подсистемы объектного типа, поскольку эти критерии характеризуют предприятие как объект; добавленная стоимость, чистая прибыль и производительность труда, отражающие ФЭР подсистемы процессного типа; ожидаемое значение эффекта коммерциализации инноваций, с которым связаны ФЭР подсистемы проектного типа, ввиду того что основной формой инновационной

деятельности на предприятии является реализация проектов. В качестве примеров ФЭР подсистемы средового типа в работе (Качалов и др., 2017) приводятся факторы внешней среды.

В то же время при выделении факторов внешней среды в качестве оцениваемых критериев необходимо делать акцент на тех факторах, которые предприятие может улучшить. Наиболее управляемой частью внешней среды является клиентская среда, так как привлечение клиентов и спрос на продукцию предприятия с их стороны зависят от качества производимой продукции и мер привлечения клиентов, т.е. от факторов, которые могут быть улучшены предприятием в рамках реализации стратегии, поэтому в качестве критериев, отражающих ФЭР подсистемы средового типа, автором выделены критерии, касающиеся клиентской среды, – доля рынка и пожизненная ценность клиента (lifetime value, LTV).

Различные факторы экономического риска, касающиеся выбора стратегии предприятия, относятся к различным подсистемам и требуют применения многокритериальных методов принятия решения при осуществлении такого выбора. В то же время применение данных методов должно соответствовать пониманию риска как меры отклонения от заданной цели или целевых результатов.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как было отмечено в разделе «Теоретические аспекты разработки стратегии предприятия в условиях неопределенности и риска», выбор стратегии предприятия необходимо проводить на основе многокритериального анализа. При этом среди самих многокритериальных методов принятия решения следует выбирать те, которые позволят оценить риск по различным критериям как меру отклонения от заданной цели. Одним из наиболее распространенных таких методов является серый реляционный анализ.

Данный метод основан на оценке расстояния альтернативы от идеального решения по совокупности оцениваемых критериев, что отвечает пониманию риска как меры отклонения от желаемой цели, однако, в отличие от последних, не требует соблюдения дополнительных условий при его применении, что облегчает его использование при принятии решений в условиях риска. Серый реляционный анализ был разработан китайским ученым Ц.Л. Дэн в 1982 г. (Deng, 1982) и основан на теории серых систем, которая подразделяет системы на три типа, в зависимости от степени неопределенности информации: белые системы, в которых

информация известна, черные системы, в которых информация неизвестна и серые системы, где информация известна не полностью. Ориентация серого реляционного анализа на серые системы, характеризующиеся неполнотой информации, является дополнительным аргументом в пользу применения этого метода для принятия решений в условиях риска, поскольку это отвечает сущности ситуации риска как ситуации частичной неопределенности. В основе серого реляционного анализа лежит оценка сходства между базовыми (целевыми, референтными) и сравниваемыми значениями. Базовое или целевое значение представляет собой наилучшее значение по каждому конкретному критерию, что классифицируется как идеальное решение в контексте многокритериального анализа. В рамках серого реляционного анализа для каждой альтернативы и по каждому конкретному критерию рассчитывается серый реляционный коэффициент, который отражает соотношение между идеальным и фактическим результатом (Хаймович и др., 2018), затем определяется интегрированная реляционная оценка.

Вместе с тем, при принятии решений в условиях риска также целесообразно проводить попарное сравнение альтернатив по каждому оцениваемому критерию с использованием соответствующих многокритериальных методов. Одним из наиболее релевантных в данном отношении методов является метод TODIM. Данный метод был разработан Л.Ф.А.М. Гомешом и М.П.П. Лима в 1991 г. (Gomes, Lima, 1991) на основе теории перспектив. Основная идея метода TODIM состоит в попарном сравнении альтернатив по каждому оцениваемому критерию (Sharaf, Khalil, 2021) с последующим определением степени доминирования каждой альтернативы над другими альтернативами на основе получения обобщенного значения (overall value) с учетом отношения к риску лица, принимающего решение (Wang L., Wang Y.-M., Martínez, 2020), которое задается специальным коэффициентом, называемым коэффициентом сглаживания потерь.

Авторами предлагается с целью наиболее точного определения предпочтительной альтернативы и адекватного принятия решения в условиях риска при выборе стратегии предприятия интегрировать серый реляционный анализ и метод TODIM путем попарного сравнения стратегий на основе значений серого реляционного коэффициента по каждому критерию, что даст возможность сравнить альтернативы по степени риска и более точно определить стратегию с наименьшим риском.

Применение любого многокритериального метода принятия решения требует определения весовых коэффициентов, характеризующих значимость

критериев в процессе принятия решения. В рамках настоящей работы для этой цели был использован метод, предложенный автором (Мороз, 2023): метод, базирующийся на решении задачи коммивояжера. Данная задача решается на основе оценки расстояний между значениями каждого критерия, определяемых как разности между его значениями для различных альтернатив. Анализ таких временных методов объективного определения веса критерия при многокритериальном принятии решений, представленных в современной отечественной и зарубежной литературе, как метод энтропии, CRITIC, IDOCRIW, MEREC и метод LOPCOW, позволяет заключить, что в основе такого определения веса лежит неоднородность значений оцениваемого критерия, т.е. их различие среди разных альтернатив. Вместе с тем эти методы обладают следующим недостатком в области определения неоднородности значений критериев: при их применении разность между значениями конкретного критерия для разных пар альтернатив различается. Нахождение кратчайшего пути между значениями каждого критерия при помощи решения задачи коммивояжера даст возможность более точно и адекватно определить неоднородность его значений и, как следствие, вес, характеризующий значимость критерия в процессе принятия решения.

Вместе с тем эффективность определения весов оцениваемых критериев при помощи решения задачи коммивояжера, направленной на нахождение кратчайшего расстояния между значениями каждого критерия, зависит от способа ее решения. Основным преимуществом данного метода определения весов критериев является более точное определение неоднородности значений каждого конкретного критерия, при помощи нахождения наиболее короткого расстояния между ними, что поможет более адекватно определить степень различия этих значений. Однако такое преимущество может быть реализовано лишь в том случае, если расстояния между значениями критериев действительно являются кратчайшими либо близкими к кратчайшим, в противном случае предложенный метод будет обладать тем же недостатком, что и иные существующие методы объективного определения веса критерия. Поэтому не рекомендуется при решении задачи коммивояжера для определения весов оцениваемых критериев использование жадного алгоритма и иных эвристических методов, направленных на нахождение локального оптимума, так как ориентация на кратчайшие расстояния между отдельными значениями может впоследствии привести к существенному удлинению расстояния.

В этой связи автор предлагает использовать следующие методы решения задачи ком-

мировоязера, в зависимости от числа альтернатив, которые в данном случае выполняют роль пунктов объезда:

1. При числе альтернатив до 10 возможно решение задачи коммивояжера как линейной оптимизационной задачи, направленной на оптимизацию целевой функции

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $c_{ij}$  – расстояния между значениями критерия для каждой пары альтернатив;  $x_{ij}$  – бинарные переменные, используемые при поиске кратчайшего маршрута для указания посещаемых пунктов, в условиях ограничений:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad i=1, \dots, m, \quad i \neq j; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad j=1, \dots, m, \quad j \neq i; \quad (3)$$

$$u_i - u_j + (m-1)x_{ij} \leq m-2, \quad i, j=2, \dots, m, \quad i \neq j, \quad (4)$$

где  $u_i$  и  $u_j$  – дополнительные переменные, обеспечивающие связность маршрута, в данном случае – расстояния между значениями критерия.

2. При числе альтернатив свыше 10 следует использовать генетические алгоритмы. Наиболее доступными для предприятий генетическими алгоритмами являются эволюционный поиск решения и алгоритм роя частиц.

Предложенный подход к выбору стратегии предприятия позволит принимать стратегию на основе оценки различных факторов экономического риска, связанных с реализацией каждой конкретной стратегии, с учетом значимости каждого из этих факторов в процессе принятия решения, определяемой весовыми коэффициентами, которые в свою очередь будут установлены объективно и максимально точно. Это позволит осуществлять выбор и реализацию стратегии предприятия с минимальным риском, что имеет большое значение в условиях турбулентности внешней среды организации. Из этого можно заключить, что применение данного подхода способно внести вклад в стратегическое развитие современных предприятий.

## АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

Алгоритм применения предложенного подхода к выбору стратегии предприятия, основанно-

му на анализе критериев, отражающих факторы экономического риска всех подсистем, состоит из трех этапов.

**Этап 1.** Определение веса оцениваемого критерия на основе определения кратчайшего пути между значениями каждого критерия среди различных альтернатив.

1.1. Построение матрицы решений в виде таблицы, содержащей значения критериев, отражающих факторы экономического риска, для каждой системы, в роли которой выступает предприятие.

1.2. Нормализация матрицы решений:

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{r_{ik}}{\sum_{i=1}^n r_{ik}}, \quad (5)$$

где  $r_{ik}$  – значения матрицы решений для каждой альтернативы  $i$  по критерию  $k$ .

1.3. Определение расстояний между значениями каждого критерия  $k$  среди различных альтернатив путем вычисления разностей между ними и составления матрицы расстояний.

1.4. Решение задачи коммивояжера для каждого критерия как задачи, направленной на минимизацию расстояния между его значениями среди различных альтернатив, в соответствии с формулами (2)–(5).

1.5. Суммирование значений целевой функции  $Z$  для каждого критерия.

1.6. Расчет весов оцениваемых критериев по формуле:

$$W_k = \frac{Z_k}{\sum Z_k}, \quad k=1, \dots, n, \quad (6)$$

где  $k$  – номер оцениваемого критерия.

**Этап 2.** Оценка альтернатив – предполагаемых стратегий предприятия – на основе совокупности критериев, отражающих факторы экономического риска всех подсистем.

2.1. Нормализация значений матрицы решений в соответствии с правилами серого реляционного анализа. Серый реляционный анализ предполагает различный подход к нормализации значений матрицы решений для критериев, которые требуют максимизации, и для критериев, требующих минимизации. В рамках настоящей работы все используемые критерии являются максимизируемыми, поэтому используется только формула нормализации для максимизируемых критериев:

$$x_i^*(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}, \quad (7)$$

где  $x_i^0(k)$  – значение исходных данных по критерию  $k$  для альтернативы  $i$ ;  $\min x_i^0(k)$  – минимальное значение  $x_i^0(k)$ ;  $\max x_i^0$  – максимальное значение  $x_i^0(k)$ .

2.2. Определение референтных нормализованных значений для каждого критерия  $x_0^*(k)$ , с которыми сопоставляются другие значения.

2.3. Расчет разности между референтным нормализованным значением и сравниваемым нормализованным значением каждого отдельного критерия  $\Delta_{0,i}(k)$ :

$$\Delta_{0,i}(k) = x_0^*(k) - x_i^*(k). \quad (8)$$

2.4. Расчет значений серого реляционного коэффициента (grey relational coefficient)  $\xi_i(k)$  для каждого оцениваемого критерия, который характеризует близость альтернативы к идеальной альтернативе по критерию  $k$ . Данный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta \min + \rho \Delta \max}{\Delta_{0,i}(k) + \rho \Delta \max}, \quad (9)$$

где  $\Delta \min = \min_{j \in i} \min_{\forall k} x_0^*(k) - x_j^*(k); \quad (10)$

$$\Delta \max = \max_{j \in i} \max_{\forall k} x_0^*(k) - x_j^*(k). \quad (11)$$

Иными словами,  $\Delta \min$  представляет собой минимальное, а  $\Delta \max$  – максимальное значение  $\Delta_{0,i}(k)$  среди всех критериев и всех альтернатив. Коэффициент  $\rho$  представляет собой отличительный коэффициент (distinguished coefficient), который отражает контраст между базисом и анализируемым объектом, т.е. между текущим значением критерия и идеальным решением. Значение коэффициента  $\rho$ , как правило, принимается равным 0,5, что отражает умеренное влияние различий и стабильность (Sarraf, Neyad, 2020). Данное значение принимается также в настоящей работе.

**Этап 3.** Выбор наиболее предпочтительной стратегии предприятия при помощи метода TODIM.

3.1. Определение относительных весов критериев, отражающих факторы экономического риска систем, в роли которых выступает предприятие, в соответствии с формулой:

$$\tilde{w}_k = \frac{w_k}{\max w_k}. \quad (12)$$

3.2. Расчет доминирования каждой альтернативы над каждой другой альтернативой по каждому отдельному критерию  $k$  в соответствии с формулой:

$$\phi_k(A_i, A_{i'}) = \begin{cases} -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{\left(\sum_{j=1}^m \tilde{w}_k\right) |\xi_i(k) - \xi_{i'}(k)|}{\tilde{w}_k}}, & \text{если } \xi_i(k) - \xi_{i'}(k) < 0; \\ 0, & \text{если } \xi_i(k) - \xi_{i'}(k) = 0; \\ \sqrt{\frac{\tilde{w}_k (\xi_i(k) - \xi_{i'}(k))}{\sum_{j=1}^m \tilde{w}_k}}, & \text{если } \xi_i(k) - \xi_{i'}(k) > 0, \end{cases} \quad (13)$$

где  $\xi_i(k)$  – серый реляционный коэффициент, рассчитываемый в рамках серого реляционного анализа;  $i$  – номер альтернативы (стратегии предприятия);  $i'$  – номер альтернативы (стратегии предприятия), с которой сравнивается альтернатива  $i$ ;  $|\xi_i(k) - \xi_{i'}(k)|$  – модуль числа, получаемого при вычитании  $\xi_{i'}(k)$  из  $\xi_i(k)$ ;  $\theta$  – коэффициент сглаживания потерь (attenuation factor of losses), который задается лицом, принимающим решение, в зависимости от его отношения к риску. Если устанавливается значение  $\theta > 1$ , то лицо, принимающее решение, стремится к выбору альтернативы с получением максимальной выгоды, даже если по отдельным критериям будут иметь место ощутимые потери; если  $\theta < 1$ , то лицо, принимающее решение, выбирает альтернативу с наименьшими потерями по всем оцениваемым критериям; если  $\theta = 1$ , то лицо, принимающее решение, занимает нейтральную позицию, т.е. значимость риска и значимость выигрыша являются для него равнозначными (Wang, Wang, Martínez, 2020).

3.3. Расчет степени доминирования (dominance degree) каждой альтернативы – стратегии предприятия – над всеми иными альтернативами в соответствии с формулой:

$$\delta_i = \sum_{k=1}^m \phi_k(A_i, A_{i'}). \quad (14)$$

3.4. Расчет обобщенной степени доминирования (overall dominance degree)  $\zeta_i$  в отношении каждой стратегии  $\zeta_i$  по формуле:

$$\zeta_i = \frac{\delta_i - \min \delta_i}{\max \delta_i - \min \delta_i}. \quad (15)$$

3.5. Определение наиболее предпочтительной стратегии, в соответствии с условием  $\max \zeta_i$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

С целью апробации предложенного алгоритма выбора стратегии предприятия на основе анализа

критериев, отражающих факторы экономического риска каждой из систем, в роли которых выступает предприятие – стоимость компании ( $C_1$ ), тыс. руб.; ожидаемый коэффициент годности основных средств после завершения мероприятий, связанных с реализацией стратегии ( $C_2$ ), %; добавленная стоимость ( $C_3$ ), тыс. руб.; чистая прибыль ( $C_4$ ), тыс. руб.; производительность труда ( $C_5$ ), тыс. руб.; пожизненная ценность клиента (lifetime value, LTV) ( $C_6$ ), тыс. руб.; ожидаемое значение эффекта коммерциализации инноваций ( $C_7$ ); доля рынка ( $C_8$ ), % – автором были проведены вычисления на условном примере. Критерии в рамках настоящей работы обозначаются как  $C_k$ ,  $k = 1, \dots, n$ , в соответствии с обозначением, принятым в современной отечественной и зарубежной литературе, посвященной проблемам многокритериального принятия решений. Предположим, что предприятие располагает данными по восьми критериям, которые представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 были нормализованы в соответствии с формулой (6). Затем были рассчитаны расстояния между значениями критериев среди различных альтернатив и определен кратчайший путь между нормализованными значениями для каждого конкретного критерия путем решения задачи коммивояжера. На основе полученных значений кратчайшего пути для всех критериев с использо-

ванием формулы (7) были рассчитаны значения веса каждого критерия:  $W_1 = 0,1233$ ;  $W_2 = 0,07314$ ;  $W_3 = 0,0841$ ;  $W_4 = 0,0936$ ;  $W_5 = 0,0901$ ;  $W_6 = 0,1534$ ;  $W_7 = 0,1902$ ;  $W_8 = 0,1924$ .

Решение задачи коммивояжера проводилось в программе MS Excel как решение линейной задачи на условиях, представленных формулами (2)–(5). После определения весов оцениваемых критериев были проведены вычисления в соответствии с серым реляционным анализом на основе формул (8)–(12). Итогом этих вычислений стало установление значений серого реляционного коэффициента  $\xi_i(k)$  для каждой альтернативы по каждому отдельному критерию, которые представлены в табл. 2.

На основе полученных значений серого реляционного коэффициента  $\xi_i(k)$  была определена наиболее предпочтительная стратегия предприятия при помощи метода TODIM. В качестве значения  $\theta$  было принято значение, равное 1. Результаты представлены в табл. 3.

Таким образом, по результатам проведенного анализа предприятию следует выбрать стратегию 3.

С целью оценки достоверности полученных авторами результатов был проведен сравнительный анализ результатов применения различных многокритериальных методов принятия решения на основе анализа чувствительности. Анализ

**Таблица 1.** Данные по критериям выбора стратегии с учетом факторов экономического риска (матрица решений)

Альтернативы (стратегии)	Критерии							
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$
Стратегия 1 (A1)	703 850,17	79,1	5715,71	830,53	3,56	687	0,47	30,3
Стратегия 2 (A2)	543 735,57	64,8	4530,53	657,35	2,02	635	0,32	33,1
Стратегия 3 (A3)	875 350,15	73,1	5970,37	875,31	3,93	797	0,64	39,4
Стратегия 4 (A4)	781 257,48	71,4	5453,54	701,57	3,25	711	0,36	31,2
Стратегия 5 (A5)	803 535,21	67,7	6138,31	795,84	4,05	974	0,54	40,7
Стратегия 6 (A6)	578 354,71	69,8	5157,33	740,75	3,11	435	0,43	29,3
Стратегия 7 (A7)	787 351,35	91,7	5314,48	771,38	3,32	858	0,4	42,8
Стратегия 8 (A8)	523 075,77	67,3	4785,38	618,14	2,67	453	0,3	35,7

Составлено авторами.

**Таблица 2.** Значения серого реляционного коэффициента

Альтернативы	Критерии							
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$
A1	0,5067	0,5163	0,6554	0,7417	0,6744	0,4843	0,3507	0,5
A2	0,3468	0,3333	0,3333	0,3711	0,3333	0,4429	0,4103	0,3469
A3	1	0,4197	0,8272	1	0,8943	0,6036	0,665	1
A4	0,6518	0,3985	0,54	0,4253	0,5592	0,5061	0,3679	0,3779
A5	0,7104	0,3596	1	0,618	1	1	0,7627	0,6296
A6	0,3723	0,3805	0,4504	0,4887	0,5192	0,3333	0,3333	0,4474
A7	0,6668	1	0,4939	0,553	0,5817	0,6991	1	0,4146
A8	0,3333	0,3554	0,3727	0,3333	0,4238	0,3409	0,4874	0,3333

Составлено авторами.

**Таблица 3.** Результаты определения наиболее предпочтительной стратегии при помощи метода TODIM

Альтернативы	Параметры, характеризующие предпочтительность альтернатив в рамках метода TODIM		
	$\delta(i)$	$\zeta(i)$	Ранжирование альтернатив по параметру $\zeta(i)$
A1	-25,2433	0,633	4
A2	-66,9559	0	8
A3	-1,0621	1	1
A4	-37,9514	0,4402	5
A5	-4,80268	0,9432	2
A6	-51,4271	0,2357	6
A7	-16,5571	0,7649	3
A8	-64,7715	0,0332	7

Составлено авторами.

чувствительности в современной отечественной и зарубежной литературе проводится при помощи корреляционного анализа между количественными результатами применения предлагаемого метода и результатами применения других методов, а также посредством графического анализа. Анализ чувствительности проводился авторами для методов определения веса критерия и для методов собственно принятия решения. Результаты анализа чувствительности для методов установления веса критерия представлены в табл. 4.

Значения коэффициента корреляции, представленные в табл. 4, показывают, что наибольшая корреляция у предложенного метода с методами, непосредственно связанными с оценкой неоднородности значений критерия, – методом энтропии, разброса значений и MEREC, а наименьшая и отрицательная корреляция – со статистическими методами. Из этого можно заключить, что предложенный авторами метод определения весов оцениваемых критериев на основе решения задачи коммивояжера дает результаты, согласованные с другими методами определения объективного веса критерия, в основе которых лежит неоднородность значений критериев, но способен эту неоднородность более точно определить за счет нахождения кратчайшего расстояния между ними.

Также авторами был проведен анализ чувствительности предложенного в работе комбинированного многокритериального метода принятия решения в отношении многокритериальных методов принятия решения, дающих, собственно, оценку и ранжирование альтернатив. Для анализа были использованы наиболее представленные в современной отечественной и зарубежной литературе многокритериальные методы принятия решения. Результаты данного анализа чувствительности показаны в табл. 5.

**Таблица 4.** Сопоставление предложенного метода определения веса критерия с существующими методами

Метод	Значение коэффициента корреляции с предложенным в работе методом
Метод энтропии	0,988560466
Метод IDOCRIW	0,04276024
Метод MEREC	0,754699395
Метод CRITIC	-0,116990888
Метод LOPCOW	-0,046654451
Метод разброса значений	0,977356226

Составлено авторами.

**Таблица 5.** Сопоставление предложенного комбинированного многокритериального метода принятия решения с существующими методами

Метод	Коэффициент корреляции с предложенным в работе комбинированным методом
Серый реляционный анализ	0,943447081
TODIM	0,996230756
TOPSIS	0,899798588
VIKOR	0,924817493
SAW	0,968241824
WASPAS	0,965018342
MAIRCA	0,986364819
MABAC	0,986364819
ARAS	0,957880557
CoCoSo	0,994445694
MARCOS	0,968241824

Составлено авторами.

Данные табл. 5 показывают, что наиболее плотная корреляция результатов, полученных в рамках использования предложенного метода, имеет место с методом TODIM, основанным на попарном сравнении альтернатив, а также с методами, основанными на функции полезности, – SAW, WASPAS, CoCoSo и MARCOS. Из методов, основанных на оценке расстояния от наилучшей (идеальной) альтернативы, авторы в контексте настоящей работы рассматривают в качестве меры риска. Наиболее плотной корреляцией с предложенным методом характеризуются метод MAIRCA и серый реляционный анализ. При этом плотная корреляция результатов, полученных при применении предложенного метода, наблюдается с результатами, полученными при использовании всех представленных методов, что говорит об их высокой согласованности. Графический анализ, представленный на рис. 1, указывает на значительное сходство результатов, ввиду совпадения линий, отражающих различные методы. Только линия, связанная с методом CoCoSo, расположена в ином пространстве по сравнению с другими методами,

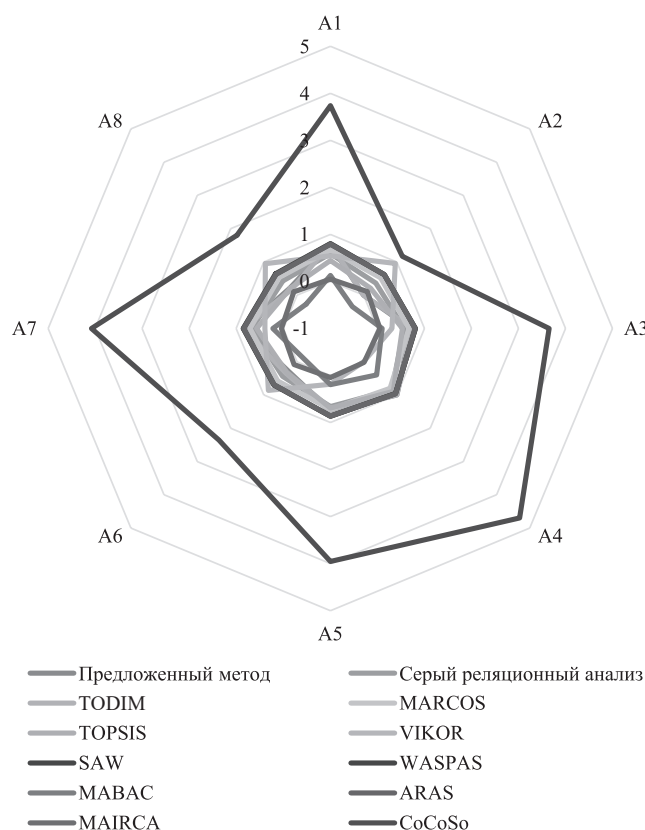


Рис. 1. Графический анализ результатов ранжирования альтернатив различными методами

однако это обусловлено тем, что у большинства методов значения ранжируемого показателя находятся в диапазоне от 0 до 1, тогда как у метода CoCoSo они превышают единицу.

На основе результатов анализа чувствительности можно сделать вывод, что предложенный комбинированный метод находится в русле основных многокритериальных методов принятия решения. Он в наибольшей степени соответствует попарной оценке альтернатив с учетом отношения к риску лица, принимающего решение, однако уточняет и конкретизирует эту оценку за счет добавления оценки расстояния каждой альтернативы от наилучшего (идеального) решения. Таким образом, применение данного метода позволит в рамках выбора стратегии предприятия оценивать предпочтительности альтернатив и риска, связанного с выбором и реализацией каждой из них, с позиции различных аспектов, – не только за счет оценки их по различным критериям, но и благодаря проведению собственно многокритериального анализа с различных сторон.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе исследования, проведенного на условном примере, можно заключить, что предло-

женный алгоритм выбора стратегии предприятия позволит детально и всесторонне оценить риски предприятия, связанные с выбором каждой стратегии, и выбрать стратегию, соответствующую ситуации баланса предпочтений по различным критериям. Установление веса каждого оцениваемого критерия при помощи решения задачи коммивояжера будет способствовать более точной оценке значимости критериев в русле подхода, лежащего в основе всех современных методов объективного определения веса критерия, ориентированного на анализ неоднородности значений каждого критерия. Оценка каждой предполагаемой стратегии с позиции близости к идеальному решению по каждому оцениваемому критерию даст возможность определить риск, связанный с выбором конкретной стратегии, по всем критериям. Попарное сравнение альтернатив, основанное на результатах количественной оценки близости к идеальному решению каждой из них, осуществляемое в рамках метода TODIM, позволит провести детальное сопоставление их по степени риска, связанного с каждым критерием, с учетом весов критериев, одновременно принимая во внимание отношение к риску лица, принимающего решение, что обеспечит как точность и широкий охват, так и гибкость анализа и, как следствие, – адекватность выбора стратегии. Различные значения показателя сглаживания потерь  $\theta$  в рамках метода TODIM дают одинаковое ранжирование альтернатив, но приводят к разным различиям между значениями  $\delta_i$ . Это может быть использовано как для обеспечения более четкого ранжирования альтернатив и определения наиболее предпочтительной из них, так и для установления запасного варианта на случай возникновения форс-мажорных ситуаций, связанных с реализацией выбранной альтернативы, в данном случае – стратегии предприятия.

Предложенный подход к выбору стратегии предприятия на основе оценки факторов экономического риска является гибким и способным совершенствоваться в дальнейшем. В частности, при его применении в крупных компаниях задача коммивояжера может быть детализирована. Заслуживает внимания подход к решению задачи коммивояжера, предложенный венгерскими учеными Г. Ковач и Б. Визвари (Kovács, Vizvári, 2021), которые разработали математическую модель оптимизации грузоперевозок в районы, пострадавшие от стихийного бедствия, в рамках которой решается задача коммивояжера одновременно для грузовых автомобилей, осуществляющих перевозку беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в определенные пункты, которые впоследствии непосредственно доставляют необходимый груз в различные участки района бедствия, и для са-

мих БПЛА, задачу коммивояжера, направленную на минимизацию одновременно двух маршрутов. Применительно к выбору стратегии предприятия, подобную задачу коммивояжера, можно применять для определения весов оцениваемых критериев при выборе стратегии крупного предприятия с дивизиональной (филиальной) организационной структурой, в рамках которой необходима разработка

стратегий отдельных филиалов, каждая из которых должна быть подчинена стратегии предприятия в целом. Кроме того, такой подход к определению весов оцениваемых критериев на основе решения задачи коммивояжера может быть применен при выборе стратегии проектного менеджмента в ситуации реализации мегапроектов. Данное направление является основой для будущих исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бережной В.И., Цвиричко И.А., Шарунова Е.В. (2005). Управление информационными потоками организации. Ставрополь: СевКавГТУ.
- Качалов Р.М. (2012). Управление экономическим риском. Теоретические основы и приложения. СПб.: Нестор-История.
- Качалов Р.М., Кобылко А.А., Слепцова Ю.А. и др. (2017). Концептуальное моделирование процессов управления экономическим риском на основе теории нечеткой логики: коллективная монография / под ред. Р.М. Качалова. М.: ЦЭМИ РАН.
- Клейнер Г. (2013). Системная экономика как платформа развития современной экономической теории // Вопросы экономики. № 6. С. 4–28. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-6-4-28
- Мороз В.Н. (2023). Многокритериальный выбор стратегии развития предприятия // Стратегическое планирование и развитие предприятий: Материалы XXIV Всероссийского симпозиума / под общ. ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера М.: ЦЭМИ РАН. С. 169–177. DOI: 10.34706/978-5-8211-0814-2-s1-32
- Хаймович А.И., Санчугов В.И., Степаненко И.С., Смелов В.Г. (2018). Оптимизация селективного лазерного сплавления методом оценки множественных параметров качества в двигателестроении // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 20. № 6 (86). С. 41–46.
- Царикаев А.Ю. (2011). Теоретические и методические вопросы выбора стратегии развития промышленного предприятия. М.: МАКС пресс.
- Akgönül R.I., Özcan E.C., Eren T. (2021). Maintenance Strategy Selection with Multi Criteria Decision Making Methods for Medical Company. *International Journal of Engineering Research and Development*, vol. 13, no. 2, pp. 448–461. DOI: 10.29137/umagd.865866
- Deng J.L. (1982). Control problems of grey system. *Systems and Control Letters*, vol. 1, no. 5, pp. 288–294. DOI: 10.1016/S0167-6911(82)80025-X
- Gomes L.F.A.M., Lima M.M.P.P. (1991). TODIM: Basic and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of Computing and Decision Science*, vol. 16, no. 3–4, pp. 113–127.
- Kovács G., Vizvári B. (2021). Transportation of relief items after disaster by a truck-drone tandem. *Alkalmazott Matematikai Lapok*, no. 38, pp. 27–38. DOI: 10.37070/AML.2021.38.1.03
- Sarraf F., Neyad S.H. (2020). Improving performance evaluation based on balanced scorecard with grey relational analysis and data envelopment analysis approaches: Case study in water and wastewater companies. *Evaluation and Program Planning*, vol. 79, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.evalprogplan.2019.101762
- Sharaf, I.M., Khalil, E.A.-H.A. (2021). A spherical fuzzy TODIM approach for green occupational health and safety equipment supplier selection. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 16., № 1, pp. 1–13. DOI: 10.1080/17509653.2020.1788467
- Wang H., Gan W. (2015). Multi-criteria decision-making approach of innovation strategy selection for product family. *Computer Engineering and Applications*, vol. 51, no. 7, pp. 24–29.
- Wang L., Wang Y.-M., Martínez L. (2020). Fuzzy TODIM method based on alpha-level sets. *Expert Systems with Applications*, vol. 140, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.eswa.2019.112899

## REFERENCES

- Berezhnoy V.I., Tsvirinko I.A., Sharunova E.V. (2005). *Management of information flows of the organization*. Stavropol: North Caucasian STU (in Russ.)
- Kachalov R.M. (2012). *Economic risk management. Theoretical foundations and applications*. St. Petersburg: Nestor-History (in Russ.)
- Kachalov R.M., Kobylko A.A., Sleptsova Y.A. et al. (2017). *Conceptual Modeling of Risk Management Processes Based on the Fuzzy Logic Theory*: Collective monograph. Ed. by R.M. Kachalov. Moscow: CEMI RAS (in Russ.)
- Kleiner G. (2013). System Economics as a Platform for Development of Modern Economic Theory. *Voprosy Ekonomiki*, no. 6, pp. 4–28 (in Russ.) DOI: 10.32609/0042-8736-2013-6-4-28
- Moroz V.N. (2023). Multi-criteria selection of development strategy of enterprise. *Strategic planning and evolution of enterprises*: Proceedings of XXIV Russian Symposium. By ed. corresponding member of RAS G.B. Kleiner. Moscow: CEMI RAS. P. 169–177 (in Russ.) DOI: 10.34706/978-5-8211-0814-2-s1-32

- Khaimovich A.I., Sanchugov V.I., Stepanenko I.S., Smelov V.G. (2018). Optimization of selective laser melting by evaluation method of multiple quality characteristics. *Academic Journal «Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»*, vol. 20, no. 6(86), pp. 41–46 (in Russ.)
- Tsarikaev A.Yu. (2011). *Theoretical and methodological issues of choosing an industrial enterprise development strategy*. Moscow: MAKS press. (in Russian)]
- Akgönül R.I., Özcan E.C., Eren T. (2021). Maintenance Strategy Selection with Multi Criteria Decision Making Methods for Medical Company. *International Journal of Engineering Research and Development*, vol. 13, no. 2, pp. 448–461. DOI: 10.29137/umagd.865866
- Deng J.L. (1982). Control problems of grey system. *Systems and Control Letters*, vol. 1, no. 5, pp. 288–294. DOI: 10.1016/S0167-6911(82)80025-X
- Gomes L.F.A.M., Lima M.M.P.P. (1991). TODIM: Basic and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of Computing and Decision Science*, vol. 16, no. 3–4, pp. 113–127.
- Kovács G., Vizvári B. (2021). Transportation of relief items after disaster by a truck-drone tandem. *Alkalmazott Matematikai Lapok*, no. 38, pp. 27–38. DOI: 10.37070/AML.2021.38.1.03
- Sarraf F., Neyad S.H. (2020). Improving performance evaluation based on balanced scorecard with grey relational analysis and data envelopment analysis approaches: Case study in water and wastewater companies. *Evaluation and Program Planning*, vol. 79, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.evalprogplan.2019.101762
- Sharaf, I.M., Khalil, E.A.-H.A. (2021). A spherical fuzzy TODIM approach for green occupational health and safety equipment supplier selection. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 16., № 1, pp. 1–13. DOI: 10.1080/17509653.2020.1788467
- Wang H., Gan W. (2015). Multi-criteria decision-making approach of innovation strategy selection for product family. *Computer Engineering and Applications*, vol. 51, no. 7, pp. 24–29.
- Wang L., Wang Y.-M., Martínez L. (2020). Fuzzy TODIM method based on alpha-level sets. *Expert Systems with Applications*, vol. 140, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.eswa.2019.112899