

УДК 338:332.12

<https://doi.org/10.18799/26584956/2026/2/2042>

Шифр специальности ВАК: 5.2.6



Оперативная оценка уровня экономической безопасности энергетических объектов

О.В. Кондраков^{1✉}, И.В. Кондраков²

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,

Российская Федерация, г. Москва

² Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,

Российская Федерация, г. Тамбов

✉ kondrakov.ov@misis.ru

Аннотация. Обеспечение экономической безопасности промышленных объектов является актуальной задачей в современных условиях. Безопасность подразумевает устойчивую работу несмотря на воздействие внешних и внутренних факторов. Объектом исследования выступает топливно-энергетический комплекс. **Цель:** оперативная оценка уровня экономической безопасности. Для непрерывного наблюдения за промышленным объектом необходим мониторинг индикаторов состояния. В работе предлагается методика оценки уровня экономического риска в топливно-энергетическом комплексе. Состояние энергетики оценивается по значениям индикаторов, характеризующих состояния расчетов с контрагентами, инвестиционную активность, разные виды рентабельности, платежеспособность, ликвидность, экономии топливно-энергетических ресурсов, уровень производства, торговый оборот. Основную часть индикаторов составляют финансовые показатели, отражающие эффективность и прибыльность. Каждый индикатор с точки зрения экономической безопасности может иметь три уровня состояния: нормальный, предкризисный, кризисный. Для классификации применяется искусственная нейронная сеть. Если значение показателя находится на предкризисном или кризисном уровне, то необходимо принять соответствующее управленческое решение, способствующее безопасной работе энергетического объекта. **Методы:** экономико-статистический анализ, мониторинг индикаторов, классификация, аппроксимация, метод экспертных оценок и прогнозирование. На основе разработанной модели нейронной сети производится классификация значений индикаторов по уровням безопасности. Для каждого нового значения индикатора состояния экономического объекта нейронная сеть автоматически определяет класс опасности. Если индикатор попадает в зону кризисного или предкризисного уровня, то необходимо принимать управленческие решения по стабилизации ситуации. **Выводы:** предложенная методика позволит оперативно определять уровень экономической безопасности на любом промышленном объекте.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, экономический риск, экономическая безопасность, угрозы, индикаторы состояния, искусственная нейронная сеть

Конфликт интересов: отсутствует.

Вклад авторов: Кондраков О.В. – постановка задачи исследования, руководство исследованием, результаты и обсуждение результатов; Кондраков И.В. – обзор литературы, математические и статистические расчеты, обсуждение результатов.

Для цитирования: Кондраков О.В., Кондраков И.В. Оперативная оценка уровня экономической безопасности энергетических объектов. *Векторы благополучия: экономика и социум*, 2026, Т. 54, № 2, С. 33–46. <https://doi.org/10.18799/26584956/2026/2/2042>

UDC 338:332.12

<https://doi.org/10.18799/26584956/2026/2/2042>

Rapid assessment of the economic security level of energy facilities

O.V. Kondrakov^{1✉}, I.V. Kondrakov²

¹ National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

² Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation

✉kondrakov.ov@misis.ru

Abstract. Ensuring the economic security of industrial facilities is a pressing task in modern conditions. Security implies stable operation despite the impact of external and internal factors. **Object.** Fuel and energy complex. Aim. To provide an operational assessment of the level of economic security. To monitor an industrial facility in real-time, it is necessary to track the state indicators. **Methodology.** The paper proposes a methodology for the rapid assessment of the level of economic risk in the fuel and energy complex. The state of the energy sector is assessed by the values of an indicator set characterizing the state of settlements with counterparties, investment activity, various types of profitability, solvency, liquidity, savings in fuel and energy resources, production level, and trade turnover. The main part of the indicators are financial ones representing efficiency and profitability. Each indicator, from the perspective of economic security, can have three states: normal, pre-crisis, and crisis. An artificial neural network is used for their classification. If the value of the indicator is at the pre-crisis or crisis level, then it is necessary to make an appropriate management decision that contributes to the safe operation of the energy facility. The research methods included economic-statistical analysis, indicator monitoring, classification, approximation, expert evaluation, and forecasting. Based on the developed neural network model, the values of the indicators are classified according to safety levels. For each new value of an economic object state indicator, the neural network automatically determines the risk class. If an indicator falls into the crisis or pre-crisis zone, managerial decisions must be made to stabilize the situation. **Conclusions.** The proposed methodology enables the operational determination of the economic security level at any industrial facility.

Keywords: fuel and energy complex, economic risk, economic security, threats, state indicators, artificial neural network

Conflict of interest: none.

Authors' contributions: O.V. Kondrakov – statement of the research problem, management of the study, preparation of the results, and discussion of the results; I.V. Kondrakov – literature review, mathematical and statistical calculations, and discussion of the results.

For citation: Kondrakov O.V., Kondrakov I.V. Rapid assessment of the economic security level of energy facilities. *Journal of Wellbeing Technologies*, 2026, vol. 54, no. 2, pp. 33–46. <https://doi.org/10.18799/26584956/2026/2/2042>

Введение

Экономическая деятельность осуществляется в условиях протекания социально-экономических явлений и процессов, имеющих вероятностный характер. В момент принятия решений не всегда имеется возможность получать точную информацию о реально действующих на объект исследования внутренних и внешних возмущениях, которые обуславливают возникновение неопределенности как объективной формы экономической деятельности и формируют благоприятную среду для возникновения рисков. Источниками неопределенностей могут быть: дефицит информации, случайное событие (выход из строя оборудования, изменение спроса и предложения, срыв поставок сырья), человеческий фактор (конкуренция, нарушение

договорных обязательств, вандализм). Следует отметить, что источников неопределенности бывает множество. С точки зрения экономической науки неопределенность – это разница между действительным и ожидаемым результатом, количественным выражением которой является прибыль или убыток.

Экономическая безопасность отрасли – многоаспектная проблема, включающая несколько составляющих: финансовую, технико-технологическую, информационную, экологическую, политическую, правовую, интеллектуальную и кадровую. Безопасность представляет собой такое состояние системы, при котором невелика вероятность изменения её качественных и количественных характеристик.

Особую значимость для экономики имеет топливно-энергетический комплекс (ТЭК) как составной элемент системы экономической безопасности отрасли и страны.

Современная система энергоснабжения подвержена воздействию различных угроз. Деятельность ТЭК реализуется в постоянно меняющихся условиях протекания социально-экономических процессов. Даже в момент принятия решений не всегда известно о внешних и внутренних факторах, влияющих на функционирование ТЭК. В связи с чем актуальным является методический аппарат оперативного определения уровня опасности. Цель обеспечения экономической безопасности в энергетической сфере – повышение финансовой устойчивости предприятий ТЭК и максимальная эффективность использования всего потенциала энергетического сектора, что должно способствовать росту экономики и улучшению качества жизни в регионе.

К вопросу об экономической безопасности

Экономическая безопасность определяет состояние защищённости интересов общества, экономики и государства от различных внешних и внутренних угроз. В общей структуре экономической безопасности особая роль отводится ТЭК.

Понятие безопасности связано с категорией риска. В любом государстве концепция экономической безопасности представляет совокупность финансовой, энергетической, оборонной, оборонно-промышленной и продовольственной составляющих. Обеспечение энергетической безопасности – гарантия надёжного и своевременного снабжения потребителей топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР). Экономическая безопасность – это способность обеспечивать нормальные условия жизнедеятельности населения и устойчивое снабжение народного хозяйства ресурсами для стабильного и эффективного развития. Механизм реализации экономической безопасности энергетических объектов включает следующие инструменты: структурно-организационный, технологический, налоговый, нормативно-правовой, информационно-аналитический, денежно-кредитный, инвестиционный, управленческий, программный. С помощью указанных инструментов проводятся мероприятия, способствующие снижению уровня воздействия внешних и внутренних угроз.

В результате хозяйственной деятельности экономический риск воспринимается как совокупность неблагоприятных событий, наступающих в результате определенных процессов, явлений или принимаемых решений.

Развитие экономических систем имеет вероятностный характер, так как они подвержены влиянию различных случайных факторов. Учесть все возмущения, действующие на энергетическую сферу, не представляется возможным. Внешние и внутренние воздействия заставляют ТЭК переходить из одного состояния в другое, которое при этом может быть предкризисным или кризисным. Данный переход происходит мгновенно в виде скачка.

Экономический риск влечет за собой вероятность финансовых потерь, связанных с наступлением неблагоприятных событий, вызванных различными видами угроз. Многие угрозы взаимосвязаны, и появление одних угроз приводит к появлению других. Очевидным является тот факт, что риском необходимо управлять для получения положительных результатов, а для этого требуется контролировать ход экономико-хозяйственной деятельности ТЭК.

Необходимо рассматривать угрозы в сферах, способствующих их порождению. Угрозы можно классифицировать следующим образом:

- экономические угрозы, обусловленные финансово-экономическим состоянием энергетического комплекса и региона;
- техногенные угрозы, связанные с вероятностью возникновения отказов и аварий оборудования;
- социально-политические угрозы, зависящие от уровня жизни общества и политической ситуации как в стране, так и в мире;
- природные угрозы, возникающие из-за воздействия аномальных природных явлений (ураган, смерч, наводнение, сильные морозы или сильная жара);
- управленческие угрозы, связанные с несовершенным менеджментом.

В современных условиях экономическая безопасность предприятий ТЭК зависит от финансового и производственного потенциала, перспектив развития, степени совершенства законодательства, уровня налогообложения, инвестиционной привлекательности.

К показателям экономической безопасности следует отнести производительность, финансовую стабильность, платежеспособность, рентабельность, результаты экономической деятельности и эффективность накопленного капитала.

Уязвимость ТЭК обусловлена следующими факторами: высоким уровнем износа основных производственных фондов; большими потерями ресурсов в тепловых и электрических сетях; высокими удельными расходами производства; неэффективным использованием генерирующих мощностей. Дефицит инвестиций приводит к выбытию производственных мощностей и сокращает возможность воспроизводства основных производственных фондов. Низкая платежеспособность выражается низкими значениями коэффициента текущей ликвидности и коэффициента автономии.

Низкая эффективность производства проявляется в виде избыточных затрат и низких значений рентабельности и коэффициента обеспеченности собственными оборотными средствами. Финансовую неустойчивость энергетической сферы характеризуют отрицательное сальдо и рост кредиторской задолженности. Перечисленные проблемы препятствуют стабильному развитию ТЭК и не позволяют обеспечивать расширенный процесс производства.

Таким образом, целью исследования является разработка методики оперативной оценки уровня экономической безопасности энергетических объектов.

Научный обзор

Теоретико-методологические положения обеспечения энергетической безопасности рассмотрены во многих трудах [1, 2]. В основе данных публикаций представлены теоретические положения, методологические принципы и инструменты обеспечения энергетической безопасности. Определяются виды и формы энергетических угроз и рисков. Предлагаются мероприятия по нейтрализации угроз. [3]. Однако на ТЭК воздействуют непредсказуемые и труднопрогнозируемые факторы. В связи с чем необходима методика оценки риска вне зависимости от типа угроз.

Теоретические и практические аспекты влияния энергетики на экономическую безопасность регионов на данный момент широко изучены [4]. Предлагаются методики оценки состояния энергетической безопасности [5].

Часто используется в экономических исследованиях метод энтропийных весов. С помощью данного метода для каждого индикатора, энергетической безопасности определяется свой весовой коэффициент. Затем применяется функциональный анализ, позволяющий более подробно представить динамическую информацию о состоянии энергетики. С помощью фазовых диаграмм исследуются динамические характеристики энергетической безопасности [6].

В различных работах предлагается методологическая основа для измерения энергетической безопасности. Для сравнения значений индикаторов энергетической безопасности используется модель Fuzzy BWM-DEA-AR [7]. Показатели энергетической безопасности анализируются с помощью гибридной модели на основе нечеткого метода наилучшего-худшего, позволяющего определять весовые коэффициенты критериев безопасности простыми парными сравнениями и улучшать их согласованность. Для исследования динамики состояния энергетики используется индекс производительности Мальмквиста. Применение данной методологии требует большого количества данных для точности модели.

На данный момент существует множество исследований, связанных с определением угроз безопасности, расчетом пороговых значений индикаторов безопасности, системным анализом в энергетике [1, 6, 8]. Индикаторы группируются, классифицируются по различным признакам.

В научной литературе широкое применение получили методы количественной оценки риска. Их основной особенностью является, то, что они не учитывают меняющиеся условия динамичной среды. Однако на практике выявлено, что более эффективным инструментом вероятностной оценки риска считаются Байесовские сети [9]. Их отличительная особенность – возможность использования в рамках динамической среды, работа с несколькими состояниями переменных, а также определение условной зависимости между событиями.

На практике применяется прогнозирование рисков в финансовом менеджменте на основе нейронной сети в условиях цифровой экономики [10]. В исследованиях авторы предлагают оптимизированную нейронную систему для раннего предупреждения финансовых рисков, которая обеспечивает высокую точность прогнозирования (80 %).

Во многих трудах прогнозировали риски с использованием нейронных сетей. Уровень риска определяли с помощью вида распределения функции плотности вероятности. Нейронные сети применяли как инструмент для моделирования и прогнозирования уровня ресурсной обеспеченности экономической деятельности предприятия в контексте обозначения зон безопасности [11, 12].

Разработана самонастраивающаяся ИНС, которая позволяет определять риск и выполнять прогноз неблагоприятных инцидентов на основе дерева решений. Авторы Н.В. Корнеев, Ю.В. Корнеева, С.П. Юркевичус и Г.И. Бахтурин представили систему оценки рисков и прогнозирование инцидентов [13].

Авторы одной из работ классифицировали 44 фактора риска [14], которые были разделены на пять классов устойчивости (социальный, экологический, экономический, технический и институциональный). Для выявления наиболее значимых факторов риска проводится анализ Парето.

Вопросами формирования теории экономической безопасности занимаются в настоящее время многие ученые [15–18]. Авторы научных работ предлагают различные методы оценки уровня безопасности экономических объектов: индикативный, метод экспертных оценок, выявление трендов экономического роста [19–21].

Экономические аспекты категории риска рассматривал в своих трудах D. Helbing. В них определяется сущность риска, излагаются методологии анализа и снижения экономического риска. Значительное внимание уделяется методам и моделям управления в условиях риска [22].

Сфера анализа риска в энергетике слабо формализована. Недостаточно изучены вопросы обеспечения энергетической безопасности на уровне регионов во взаимосвязи с экономической безопасностью. Исследования носят фрагментарный характер, авторы обычно рассматривают один вид экономического риска. Для оценки риска применяют математические методы расчета количественных величин риска, описывают и классифицируют риски. В процессе проведенных исследований проблемы энергетической безопасности не учитываются меняющиеся социально-экономические условия регионов, что вызывает необходимость дальнейших разработок в этой области. В каждой работе описывается свой подход к выбору и оценке показателей экономической безопасности. Отличаются критерии, по которым определяется уровень риска. Следует отметить отсутствие экспресс-методик оценки безопасности энергетических объектов.

Методы исследования

Инструментарий исследования включает в себя методы анализа статической и динамической информации. Ставится задача классификации каждого значения индикатора экономической безопасности в энергетической сфере и соответствующего ему значения риска. Авторы опираются на гипотезу о том, что искусственная нейронная сеть, будучи обученной, способна определить уровень риска для принятия соответствующих мероприятий. В настоящее время в Конгрессе США анализ экономического риска рассматривается в качестве главного инструмента в процессе подготовки экономических решений.

В качестве методологической базы применялись статистические расчеты и аппарат искусственных нейронных сетей. В процессе проведения данного исследования использовались следующие методы: мониторинг экономических показателей, экономико-статистический анализ (сравнение, расчет средних арифметических величин и стандартного отклонения, определение отклонения от среднеарифметического, анализ табличного и графического отображения информации), методы классификации, аппроксимации, экспертных оценок и прогнозирования. В исследовании были задействованы прикладные программные продукты Microsoft Word, Excel и MATLAB, что позволило повысить достоверность расчетов. В условиях неопределенности основой управленческих решений выступает вероятностное видение процессов и явлений, а именно вероятностный прогноз изменения параметров, на основе которого формируется управленческое решение. Цель исследования – разработать методологию анализа и оценки риска для обеспечения экономической безопасности в энергетической сфере. Исследование проводилось на основе данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Тамбовской области [23].

Результаты исследования

Функционирование ТЭК подвержено воздействию множества внешних и внутренних угроз различной природы. Угрозами экономической безопасности являются события краткосрочного или долгосрочного характера, дестабилизирующие работу ТЭК, ограничивающие или нарушающие энергообеспечение, приводящие к убыткам или банкротству предприятий [2].

К экономическим угрозам следует отнести низкий уровень рентабельности, дефицит инвестиционных ресурсов, высокий уровень задолженности, низкую платежеспособность, финансовую нестабильность, неэффективное использование ТЭР.

Протекание экономических явлений и процессов фиксируется в переменных, именуемых индикаторами энергетической безопасности. При этом индикатор рассматривается как признак, на основе которого оценивается состояние ТЭК. Ключевыми индикаторами, определяющими экономическую деятельность, эффективность производства и характеризующие финансовую независимость, устойчивость и платежеспособность являются: размер кредиторской и дебиторской задолженности, коэффициент отношения кредиторской задолженности к дебиторской, уровень инвестиций в отрасль, объем произведенной продукции, сальдированный финансовый результат, удельный вес убыточных организаций, рентабельность активов, рентабельность проданных товаров, услуг, коэффициент текущей ликвидности, коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, коэффициент автономии, сумма убытка, индекс промышленного производства, оборот предприятий и организаций, электроёмкость производства ВРП, энергоёмкость производства валового регионального продукта (ВРП), соотношение стоимости ТЭР и среднедушевого дохода населения.

При стабильном развитии предприятий ТЭК степень отклонения реальных значений экономических индикаторов от средних в сторону уменьшения служит оценкой степени риска. В некоторых случаях отклонение значений индикатора от среднего значения в сторону увеличения является сигналом к существованию риска. Это выполняется для таких индикаторов, как степень износа оборудования, величина кредиторской задолженности и т. д. Дисперсия и среднее

квадратическое отклонение определяют степень вариации реальных значений индикатора от средней величины динамического ряда. Чем больше отклонение, тем выше степень риска, чем меньше значение дисперсии, тем результат более предсказуем.

В условиях рыночной экономики и возрастающей динамики экономических явлений и процессов каждое изменение индикатора свидетельствует о действии каких-либо факторов. В большинстве случаев величина риска определяется приблизительно или вообще не находится, так как из-за большого количества случайных факторов не представляется возможным рассчитать количественно уровень риска. Часто экономический риск выявляют экспертным способом путём эмпирических сравнений.

Анализируя динамику поведения исследуемых индикаторов, вычислим для них пороговые значения трех уровней: нормальный, предкризисный и кризисный [24], табл. 1, 2.

Таблица 1. Классификация состояния индикаторов энергетической безопасности, стремящихся к максимуму

Table 1. Classification of energy security indicators striving for maximum values

Состояние энергетической безопасности предприятия State of an enterprise energy security	Значение индикаторов энергетической безопасности Importance of energy security indicators
Нормальное/Normal	$x > \bar{x}$
Предкризисное/Pre-crisis	$\bar{x} - 2\sigma \leq x \leq \bar{x}$
Кризисное/Crisis	$x < \bar{x} - 2\sigma$

Источник: составлено авторами/Source: compiled by the authors.

Таблица 2. Классификация состояния индикаторов энергетической безопасности, стремящихся к минимуму

Table 2. Classification of energy security indicators striving for minimum values

Состояние энергетической безопасности предприятия State of an enterprise energy security	Значение индикаторов энергетической безопасности Importance of energy security indicators
Нормальное/Normal	$x < \bar{x}$
Предкризисное/Pre-crisis	$\bar{x} \leq x \leq \bar{x} + 2\sigma$
Кризисное/Crisis	$x > \bar{x} + 2\sigma$

Источник: составлено авторами/Source: compiled by the authors.

Классификацию значений индикаторов по уровням производили на основе анализа и оценки фактических данных о состоянии ТЭК за несколько лет. Базой для формирования совокупности показателей явились статистические данные комитета государственной статистики и управления ТЭК Тамбовской области. Определение критериев безопасности проводили в следующей последовательности: составляется динамический ряд состояния индикатора, являющегося случайной величиной; рассчитываются среднеарифметические значения; определяются отклонения значений временного ряда от среднеарифметического; рассчитываются квадраты отклонения значений от среднеарифметического и полученные результаты суммируются; рассчитывается стандартное отклонение от среднеарифметического временного ряда (здесь вычисляется среднеарифметическая сумма квадратов отклонений значений индикаторов и извлекается из неё квадратный корень). Рассчитанные критерии каждого индикатора безопасности представлены в табл. 3.

Для оперативной оценки уровня риска воспользуемся искусственной нейронной сетью (ИНС).

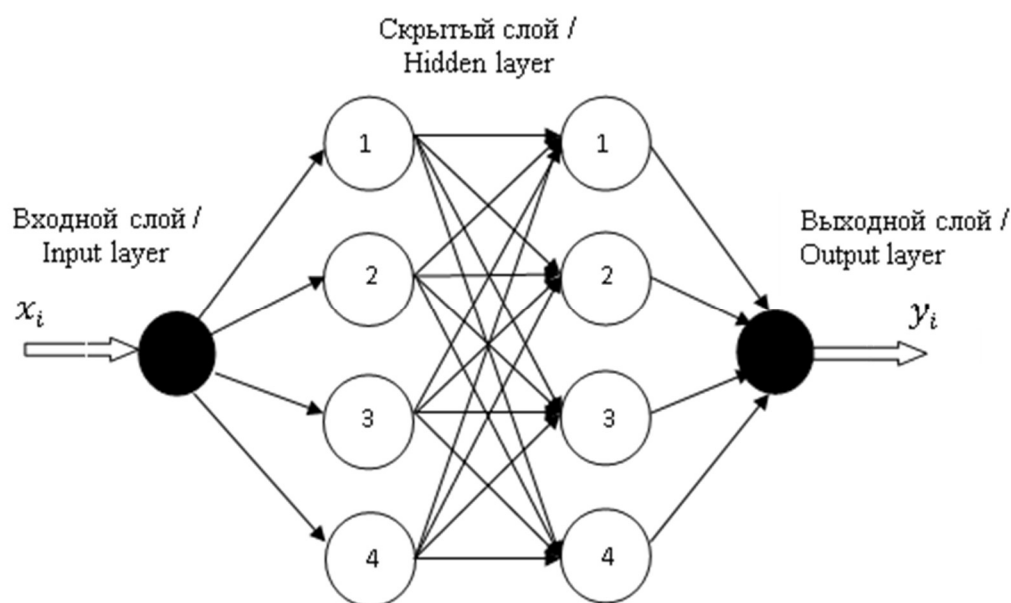
Таблица 3. Критерии безопасности для топливно-энергетического комплекса
Table 3. Safety criteria for the fuel and energy complex

Индикатор Indicator	Уровни состояния/State levels		
	Нормальный Normal	Предкризисный Pre-crisis	Кризисный Crisis
Уровень дебиторской задолженности (тыс. руб.) Level of accounts receivable (thousand rubles)	$x < 2786,42$	$2786,42 \leq x < 4633,92$	$x \geq 4633,92$
Уровень кредиторской задолженности (тыс. руб.) Accounts payable level (thousand rubles)	$x < 2877,62$	$2877,62 \leq x < 4525,96$	$x \geq 4525,96$
Отношение кредиторской задолженности к дебиторской Accounts payable to accounts receivable ratio	$0,95 \leq x \leq 1,05$	$1,05 < x \leq 2$	$x > 2$
Уровень инвестиций в отрасли (тыс. руб.) Level of investment in the industry (thousand rubles)	$x > 5905,45$	$5905,45 \leq x \leq 5584,06$	$x < 5584,06$
Индекс цен производителей Producer Price Index	$x < 111,7$	$111,7 \leq x \leq 118,1$	$x > 118,1$
Объем произведенной продукции (млн руб.) Volume of manufactured products (million rubles)	$x > 10195,17$	$5875,97 \leq x \leq 10195,17$	$x < 5875,97$
Сальдированный финансовый результат (млн руб.) Balanced financial result (million rubles)	$x > 274$	$120 \leq x \leq 274$	$x < 120$
Удельный вес убыточных организаций Proportion of unprofitable organizations	$x < 42,7$	$42,7 \leq x < 50$	$x \geq 50$
Сумма убытка (млн руб.) Amount of loss (million rubles)	$x < 118,5$	$118,5 \leq x \leq 254,5$	$x > 254,5$
Рентабельность активов Profitability of assets	$x \geq 4,1$	$1,3 < x < 4,1$	$x \leq 1,3$
Рентабельность проданной продукции Profitability of products sold	$x \geq 3,6$	$1,2 < x < 3,6$	$x \leq 1,2$
Коэффициент текущей ликвидности Current liquidity ratio	$x \geq 0,92$	$1,56 < x < 0,92$	$x \leq 1,56$
Коэффициент автономии Autonomy ratio	$x > 0,48$	$0,2 \leq x < 0,48$	$x \leq 0,2$
Индекс промышленного производства Industrial Production Index	$x > 98$	$85,5 \leq x < 98$	$x \leq 85,5$
Отгружено продукции собственного производства (млн руб.) Shipped products of our own production (million rubles)	$x > 10195,17$	$5875,97 \leq x \leq 10195,17$	$x < 5875,97$
Электроёмкость производства, ВПП (кВт·ч/тыс. руб.) Electricity intensity of production, GRP (kW·h/thousand rubles)	21 – 24	$24 < x < 30$	$x \geq 30$
Энергоёмкость производства ВПП (кг усл. топл./тыс. руб.) Energy intensity of GRP production (kg of conventional fuel/thousand rubles)	21 – 24	$24 < x < 30$	$x \geq 30$
Уровень износа оборудования (%) Equipment wear level (%)	$x < 39,3$	$39,3 \leq x \leq 64,64$	$x > 64,64$

Источник: составлено авторами/Source: compiled by the authors.

Выбираем ИНС прямого распространения, где отсутствует передача информации между нейронами одного слоя. Передача информации идет только нейронам следующего слоя. Каждый нейрон произвольного слоя связан со всеми аксонами нейронов предыдущего слоя или, в случае первого слоя, со всеми входами нейронной сети, а его собственные выходы являются входами последующего.

Архитектура сети: вход и выход – один нейрон, в скрытом слое – два слоя по четыре нейрона (рис. 1). Обучаем сеть методом обратного распространения ошибки, который задает поправки весов и модифицирует их. В процессе обучения нейронная сеть выявляет сложные зависимости между входными и выходными данными. Проводится аппроксимация условного математического ожидания выходных значений от входных.



Источник: составлено авторами/Source: compiled by the authors.

Рис. 1. Архитектура искусственной нейронной сети
Fig. 1. Artificial neural network architecture

Одной из наиболее распространенных и удобных для применения в ИНС является логистическая активационная функция:

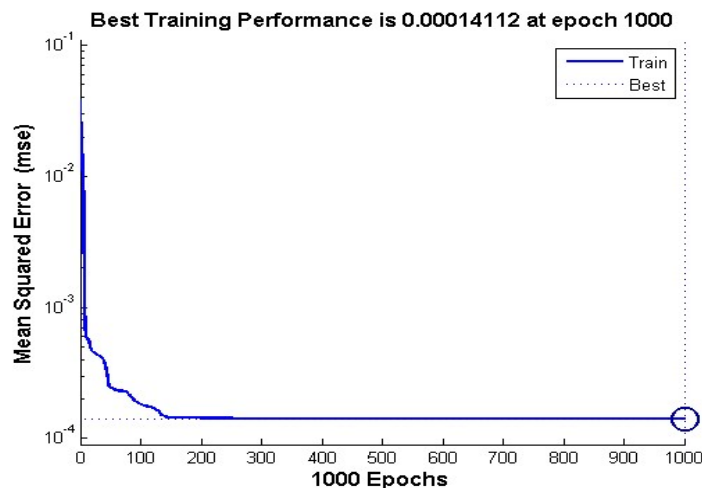
$$f(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}.$$

Выходные значения функции находятся в диапазоне от 0 до 1. Логистическая функция – дифференцируемая и непрерывная, что делает её удобной при обучении нейронной сети. Логистическая функция сглаживает большие сигналы и усиливает слабые. Особая роль нелинейной функции активации заключается в том, что она «фильтрует» воспринимаемые нейроном сигналы по типу биологических систем, что делает ее реалистичной во многих конкретных ситуациях.

Эмпирические данные делили на две части: одна использовалась для обучения, другая – для проверки работоспособности сети. Обучение сети было приостановлено, когда ошибка обучения перестала изменяться. На 130 итераций ошибка обучения составила 10^{-4} . На рис. 2 представлена зависимость среднеквадратического отклонения от количества циклов обучения.

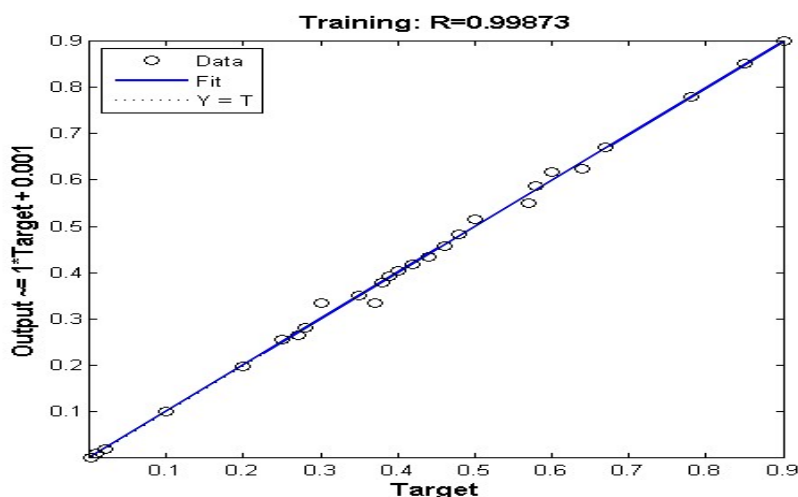
На рис. 3 показана обобщающая способность искусственной нейронной сети, являющаяся её важным свойством. Она характеризует возможность выдавать правильные результаты для значений, не заданных в обучающей выборке. Результаты диаграммы показывают пригодность сети для обобщения и практического использования в контексте идентификации риска.

Обучение нейронной сети было проведено в математическом пакете MATLAB. Из рис. 3 видно, что качество модели очень хорошее, так как коэффициент детерминации очень высок.



Источник: составлено авторами/Source: compiled by the authors.

Рис. 2. Ошибка обучения сети
Fig. 2. Network training error



Источник: составлено авторами/Source: compiled by the authors.

Рис. 3. Обобщающая способность нейронной сети
Fig. 3. Generalization ability of the neural network

Применяя ИНС, получаем прогноз уровня риска по значению индикатора экономической безопасности со средней ошибкой 0,01. На вход подаем значение индикатора, а на выходе получаем уровень риска. Обученная нейронная сеть оперативно определяет уровень риска по значению индикатора.

Преимущество применения нейронной сети состоит в том, что она способствует точному построению почти любого отношения «вход–выход» и её можно использовать там, где нельзя построить полную теоретическую модель и где присутствуют нелинейные системы.

Обсуждение

Предложенный метод оценки позволяет систематизировать и структурировать показатели индикаторов экономической безопасности в энергетике по трем уровням: нормальный, предкризисный и кризисный.

Теоретическая значимость заключается в расширении использования искусственной нейронной сети при классификации переменных состояния экономического объекта управления и классификации различных состояний индикаторов энергетики.

Практическая значимость заключается в том, что оперативная идентификация кризисных ситуаций позволяет получать информацию, необходимую для принятия решения в области обеспечения экономической безопасности в энергетической сфере.

Заключение

Экономический рост влечет за собой увеличение спроса на энергетические ресурсы. Соответствовать требованиям рыночной экономики может топливно-энергетический комплекс, который является финансово устойчивым, динамически развивающимся, экономически эффективным, оснащенным передовыми технологиями и квалифицированными кадрами, имеющий способность противостоять различным видам угроз. Устойчивость и стабильность развития предполагает создание условий и гарантий по сдерживанию факторов, дестабилизирующих работу ТЭК. В результате образуется благоприятная среда для инноваций и инвестиций в модернизацию производства.

В соответствии с концепцией и стратегией экономической безопасности состояние ТЭК должно отвечать определенным критериям и пороговым значениям индикаторов безопасности, обеспечивающим надежное энергоснабжение потребителей. ТЭК должен обладать устойчивостью против воздействий внешних и внутренних угроз. Критериальная оценка энергетической безопасности производится на основе диагностики показателей состояния ТЭК.

Вероятностная природа окружающей среды, в которой функционирует ТЭК, наличие элементов неопределенности, многовариантность порождают экономические риски. Причинами риска могут быть недостаточность и ограниченность материальных, финансовых и трудовых ресурсов, наличие конкурентов, изменяющиеся внешние условия, несовершенство управления. Многообразие угроз безопасности создает необходимость разработки методов оценки уровня риска. Чем оперативнее осуществляется оценка риска, тем быстрее можно принимать управленческое решение по противодействию угрозам и минимизации их последствий.

В работе рассмотрена экспресс-методика определения уровня риска. Проведена классификация индикаторов энергетической безопасности по трем уровням риска: нормальный, предкризисный, кризисный. Классификация проводилась с использованием статистических расчетов и искусственной нейронной сети. Цель методики заключается в идентификации угроз на ранней стадии их возникновения и принятие соответствующих оперативных мероприятий для нивелирования риска. Умение своевременно определить риск для его предотвращения или снижения до приемлемого уровня позволяет идентифицировать и нейтрализовать угрозы. Статистический метод оценивает риск, исходя из анализа экономических показателей деятельности ТЭК. Ошибка результатов прогноза составила 10^{-4} . Методический подход к оценке экономического риска в энергетической сфере значительно упрощает процедуру обеспечения экономической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воропай Н.И., Сендеров С.М. *Энергетическая безопасность: сущность, основные проблемы, методы и результаты исследований*. М.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2011. 90 с.
2. *Энергетическая безопасность России*. В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник. Новосибирск: Наука, 1998. 302 с.
3. Jasiūnas J., Lund P.D., Mikkola J. Energy system resilience – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, № 150, 111476. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111476>. EDN: ASXLSC.
4. Татаркин А.И. *Классификация состояний безопасности региональных экономических и энергетических систем*. Екатеринбург, Институт экономики УрО РАН, 2003. 94 с. EDN: QQEGCF.
5. Татаркин А.И., Куклин А.А., Мызин А.Л. *Энергетика и экономическая безопасность регионов России*. М.: РАН Институт народнохозяйственного прогнозирования, 2001. 38 с.

6. Gong X., Wang Y., Lin B. Assessing dynamic China's energy security: based on functional data analysis. *Energy*, 2021, Vol. 217, 119324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119324>. EDN: VIDGNK.
7. Huang B., Zhang L., Ma L., Bai W., Ren J. Multi-criteria decision analysis of China's energy security from 2008 to 2017 based on Fuzzy BWM-DEA-AR model and Malmquist Productivity Index. *Energy*, 2021, Vol. 228, 120481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120481>. EDN: ZHRWQ.
8. De Pascale A., Arbolino R., Szopik-Depczyńska K., Limosani M., Ioppolo G. A systematic review for measuring circular economy: the 61 indicators. *Journal of cleaner production*, 2021, Vol. 281, 124942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124942>. EDN: MOALCE.
9. George P.G., Renjith V.R. Evolution of safety and security risk assessment methodologies towards the use of Bayesian Networks in process industries. *Process Safety and Environmental Protection*, 2021, Vol. 149, P. 758–775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.03.031>. EDN: FMCQV.
10. Li X., Wang J., Yang C. Risk prediction in financial management of listed companies based on optimized BP neural network under digital economy. *Neural Computing and Applications*, 2023, vol. 35, pp. 2045–2058. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07377-0>. EDN: IOQQMH.
11. Protasiewicz J., Szczepaniak P.S. Neural models of demands for electricity-prediction and risk assessment. *Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review)*, 2012, Vol. 88, № 6, P. 272–279.
12. Kharazishvili Y., Kwilinski A. Methodology for determining the limit values of national security indicators using artificial intelligence methods. *Virtual Economics*, 2022, Vol. 5, № 4, P. 7–26. DOI: [https://doi.org/10.34021/ve.2022.05.04\(1\)](https://doi.org/10.34021/ve.2022.05.04(1)). EDN: XBISCW.
13. Korneev N.V., Korneeva J.V., Yurkevichyus S.P., Bakhturin G.I. An approach to risk assessment and threat prediction for complex object security based on a predicative self-configuring neural system. *Symmetry*, 2022, Vol. 14, № 1, 102. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym14010102>. EDN: XBEKQR.
14. Moktadir M.A., Dwivedi A., Khan N.S., Paul S.K., Khan S.A., Ahmed S., Sultana R. Analysis of risk factors in sustainable supply chain management in an emerging economy of leather industry. *Journal of Cleaner Production*, 2021, Vol. 283, 124641. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124641>. EDN: UTOOAK.
15. Антонов И.С., Кривякин К.С., Макаров Н.Н. Оценка и прогнозирование уровня экономической безопасности предприятия. *Экономика и предпринимательство*, 2022, № 2 (139), С. 985–991. DOI: 10.34925/EIP.2022.139.2.190. EDN: CBUZCP.
16. Анисимова Е.П., Палагина О.А. Современная оценка уровня экономической безопасности предприятия. *Ученые заметки ТОГУ*, 2022, Т. 13, № 1, С. 125–132. EDN: OTDWAC.
17. Листопад М.Е., Третьякова С.Н. Показатели оценки уровня экономической безопасности и финансовой устойчивости малых предприятий АПК. *Естественно-гуманитарные исследования*, 2024, № 6 (56), С. 458–462. EDN: BUNDPN.
18. Мальсагов И.Х. Оценка уровня финансово-экономической безопасности предприятия. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 2025, Т. 2, № 1 (154), С. 53–62. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.02.006. EDN: DXQWUF.
19. Измоденова К.С., Хромцова Л.С. Методические подходы к оценке уровня экономической безопасности предприятий энергетической отрасли с учетом концепции бережливого производства. *Экономическая безопасность*, 2024, Т. 7, № 5, С. 1155–1176. DOI: 10.18334/ecsec.7.5.121023. EDN: KLQLWP.
20. Воронцов Я.Н. Методика оценки уровня экономической безопасности предприятий золотодобывающей промышленности. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 2024, Т. 14, № 9 (150), С. 42–50. DOI: 10.36871/ek.up.pr2024.09.14.006. EDN: JCZBAQ.
21. Харитонов П.А. Методы оценки уровня экономической безопасности социально-экономических систем: сравнительный анализ. *Индустриальная экономика*, 2022, Т. 5, № 1, С. 495–499. EDN: TCQJHQ.
22. Helbing D. Systemic risks in society and economics. Helbing D. *Social self-organization: agent-based simulations and experiments to study emergent social behavior*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2012. P. 261–284. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24004-1_14.
23. Регионы России. Социально-экономические показатели. Под ред. А.И. Горобцова. М.: Росстат, 2024. 1081 с.
24. Кондраков О.В. Оценка индикаторов экономической безопасности в энергетической сфере. *Известия юго-западного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*, 2015, № 2 (15), С. 43–51. EDN: UHJBR.

Информация об авторах

Кондраков Олег Викторович, доктор экономических наук, профессор кафедры промышленного менеджмента института экономики и управления Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», Российская Федерация, 119049, г. Москва, Ленинский пр-кт, 4, стр. 1; kondrakov.ov@misis.ru

Кондраков Игорь Викторович, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления, сервиса и туризма Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, Российская Федерация, 392036, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33; kondrakov_iv@mail.ru

Поступила в редакцию: 19.08.2025

Поступила после рецензирования: 21.11.2026

Принята к публикации: 27.06.2026

REFERENCES

1. Voropai N.I., Senderov S.M. *Energy security: essence, main problems, research methods, and results*. Moscow, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences Publ., 2011. 90 p. (In Russ.)
2. Bushuev V.V., Voropai N.I., Mastepanov A.M., Shafranik Yu.K. *Energy Security of Russia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1998. 302 p. (In Russ.)
3. Jasiūnas J., Lund P.D., Mikkola J. Energy system resilience – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, no. 150, 111476. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111476>. EDN: ASXLSC.
4. Tatarkin A.I. *Classification of security states of regional economic and energy systems*. Ekaterinburg, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2003. 94 p. (In Russ.) EDN: QQEGCF.
5. Tatarkin A.I., Kuklin A.A., Myzin A.L. *Energy and economic security of Russian regions*. Moscow, RAS Institute of Economic Forecasting Publ., 2001. 38 p. (In Russ.)
6. Gong X., Wang Y., Lin B. Assessing dynamic China's energy security: based on functional data analysis. *Energy*, 2021, vol. 217, 119324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119324>. EDN: VIDGNK.
7. Huang B., Zhang L., Ma L., Bai W., Ren J. Multi-criteria decision analysis of China's energy security from 2008 to 2017 based on Fuzzy BWM-DEA-AR model and Malmquist Productivity Index. *Energy*, 2021, vol. 228, 120481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120481>. EDN: ZHRWIQ.
8. De Pascale A., Arbolino R., Szopik-Depczyńska K., Limosani M., Ioppolo G. A systematic review for measuring circular economy: the 61 indicators. *Journal of cleaner production*, 2021, vol. 281, 124942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124942>. EDN: MOALCE.
9. George P.G., Renjith V.R. Evolution of Safety and security risk assessment methodologies towards the use of Bayesian Networks in process industries. *Process Safety and Environmental Protection*, 2021, vol. 149, pp. 758–775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.03.031>. EDN: FMCFQV.
10. Li X., Wang J., Yang C. Risk prediction in financial management of listed companies based on optimized BP neural network under digital economy. *Neural Computing and Applications*, 2023, vol. 35, pp. 2045–2058. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07377-0>. EDN: IOQQMH.
11. Protasiewicz J., Szczepaniak P.S. Neural models of demands for electricity-prediction and risk assessment. *Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review)*, 2012, vol. 88, no. 6, pp. 272–279.
12. Kharazishvili Y., Kwilinski A. Methodology for determining the limit values of national security indicators using artificial intelligence methods. *Virtual Economics*, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 7–26. DOI: [https://doi.org/10.34021/ve.2022.05.04\(1\)](https://doi.org/10.34021/ve.2022.05.04(1)). EDN: XBISCW.
13. Korneev N.V., Korneeva J.V., Yurkevichyus S.P., Bakhturin G.I. An approach to risk assessment and threat prediction for complex object security based on a predicative self-configuring neural system. *Symmetry*, 2022, vol. 14, no. 1, 102. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym14010102>. EDN: XBEKQR.
14. Moktadir M.A., Dwivedi A., Khan N.S., Paul S.K., Khan S.A., Ahmed S., Sultana R. Analysis of risk factors in sustainable supply chain management in an emerging economy of leather industry. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 283, 124641. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124641>. EDN: UTOOAK.
15. Antonov I.S., Krivyakin K.S., Makarov N.N. Assessment and forecasting of the level of economic security of the enterprise. *Economics and Entrepreneurship*, 2022, no. 2 (139), pp. 985–991. (In Russ.) DOI: 10.34925/EIP.2022.139.2.190. EDN: CBUZCP.
16. Anisimova E.P., Palagina O.A. Modern assessment of the level of economic security of the enterprise. *Scientists Notes PNU*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 125–132. (In Russ.) EDN: OTDWAC.
17. Listopad M.E., Tretyakova S.N. Indicators for assessing the level of economic security and financial stability of small agricultural enterprises. *Natural–Humanitarian Studies*, 2024, no. 6 (56), pp. 458–462. (In Russ.) EDN: BUNDPN.
18. Malsagov I.Kh. Assessment of the level of financial and economic security of the enterprise. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 2025, vol. 2, no. 1 (154), pp. 53–62. (In Russ.) DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.02.006. EDN: DXQWUF.
19. Izmodenova K.S., Khromtsova L.S. Methodological approaches to assessing the level of economic security of energy companies, taking into account the concept of lean manufacturing. *Economic Security*, 2024, vol. 7, no. 5, pp. 1155–1176. (In Russ.) DOI: 10.18334/ecsec.7.5.121023. EDN: KLQLWP.
20. Vorontsov Ya.N. Methodology for assessing the level of economic security of gold mining enterprises. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 2024, vol. 14, no. 9 (150), pp. 42–50. (In Russ.) DOI: 10.36871/ek.up.pr2024.09.14.006. EDN: JCZBAQ.
21. Kharitonov P.A. Methods for assessing the level of economic security of socioeconomic systems: comparative analysis. *Industrial Economics*, 2022, vol. 5, no. 1, pp. 495–499. (In Russ.) EDN: TCQJHQ.

-
22. Helbing D. Systemic risks in society and economics. Helbing D. *Social self-organization: Agent-based simulations and experiments to study emergent social behavior*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2012. pp. 261–284. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-24004-1_14.
23. *Regions of Russia. Socio-economic indicators*. Ed. by A.I. Gorobtsova. Moscow, Rosstat Publ., 2024. 1081 p. (In Russ.)
24. Kondrakov O.V. Evaluation of economic safety indicators in the energy sector. *Proceedings of the southwest state university. Series: economics, sociology and management*, 2015, no. 2 (15), pp. 43–51. (In Russ.) EDN: UHJBR.

Information about the Authors

Oleg V. Kondrakov, Dr. Sci. (Econ.), Professor, National University of Science and Technology “MISIS,” 4, bld. 1, Leninsky avenue, Moscow, 119049, Russian Federation; kondrakov.ov@misis.ru

Igor V. Kondrakov, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, 33, Internatsionalnaya street, Tambov, 392036, Russian Federation; kondrakov_iv@mail.ru

Received: 19.08.2025

Revised: 21.11.2026

Accepted: 27.06.2026