

**Социально-экономические аспекты информационного общества****ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ  
АНАЛИЗА РИСКА В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ****Черешкин Дмитрий Семенович***Доктор технических наук**Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Институт системного анализа**Москва, Российская Федерация**dchereshkin@yandex.ru***Ройзензон Григорий Владимирович***Кандидат технических наук**Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Институт системного анализа**МФТИ**МЭИ**Москва, Российская Федерация**rgv@isa.ru***Бритков Владимир Борисович***Кандидат физико-математических наук**Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Институт системного анализа**Москва, Российская Федерация**britkov@mail.ru***Аннотация**

*В работе проведен анализ методов искусственного интеллекта (ИИ) с точки зрения возможности их использования для задач анализа риска в социально-экономических системах (СЭС). Представлены основные определения понятий риска, искусственного интеллекта, свойств СЭС, характеристик задач стратегического выбора. Рассмотрены четыре основных подхода измерения риска – инженерный, модельный, экспертный и социологический. Предлагается увязать в рамках построения единой классификации свойства СЭС, методы ИИ, а также способы измерения риска.*

**Ключевые слова**

*социально-экономические системы, стратегические решения, кризисные ситуации, антикризисное управление, управление рисками, искусственный интеллект*

**Введение**

Кризисы и предшествующие им кризисные ситуации (КС) — неизменный спутник эволюции всех составляющих жизнедеятельности в социально-экономических системах (СЭС). Предвидение КС и принятие мер по предотвращению кризисов или смягчению их последствий были и остаются наиболее актуальными проблемами современности.

Одним из наиболее перспективных направлений решения этих проблем является разработка методологической базы и методического инструментария управления рисками возникновения КС в СЭС. Реализация управления рисками в системах управления СЭС возможна только при наличии надежного инструментария, прогнозирования и оценки рисков возможных негативных последствий стратегических решений, ведущих к возникновению КС.

Представленная статья направлена на создание методологической и методической базы решения проблемы оценки и управления рисками возникновения кризисных ситуаций в СЭС,

---

© Черешкин Д.С., Ройзензон Г.В., Бритков В.Б., 2020. Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях» Всемирная 4.0 (Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 4.0 International; CC BY-NC-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.ru>

действующих в условиях высокой степени неопределенности. Для решения поставленной задачи необходимо провести анализ и выявить общие свойства и закономерности функционирования СЭС различной природы как объектов управления, действующих в условиях предкризисных и кризисных ситуациях. Кроме того, важными направлениями исследований являются анализ причин возникновения КС в СЭС различной природы, а также классификация кризисных ситуаций в СЭС [49].

За последние более чем 100 лет предпринималось несколько попыток создания общей теории риска. Прежде всего, необходимо отметить пионерские работы А.А. Богданова по тектологии [5]. Важно отметить, что в работах А.А. Богданова в 20-е годы прошлого века не только была предложена одна из первых классификаций кризисов, но также фактически заложены основы теории систем и кибернетики – это особенно удивительно, т.к. в начале прошлого века вообще еще не было никаких концепций разработки вычислительной техники. Ценность работ А.А. Богданова по тектологии как раз и заключается в первой попытке объединить в рамках единой теории самые разные области человеческого знания: как естественно научного, так и гуманитарного. В соответствии с определением А.А. Богданова кризис – это смена организационной формы комплекса. Богданов разделяет кризисы на две основные категории (С и D). Первая категория (С) кризисов возникает из нарушения полных дезингрессий, т.е. разрыва тектологических границ, что приводит к образованию новых связей в рамках системы (комплекса). Вторая категория, напротив, возникает из образования полных дезингрессий, создания новых границ там, где их не было, т. е. из разрыва связей. Первая категория поэтому обозначается как «кризисы С», т. е. конъюгационные, соединительные; вторая категория – как «кризисы D», т. е. «дизъюнктивные», разделительные. Разработанная классификация позволила А.А. Богданову сформулировать еще одно определение кризиса. Кризис есть нарушение равновесия и в то же время процесс перехода к некоторому новому равновесию. Определенное развитие идей А.А. Богданова представлено в работе В.В. Артюхова [3]. В указанной работе рассматриваются три типа кризисов, а именно: m-кризисы, вызванные преобразованием «первичных» элементов, например, исчезновением одной из групп элементов; r-кризисы, вызванные перестройкой характерных для системы отношений; z-кризисы, вызванные изменением условий, ограничивающих эти отношения.

Для разработки современной общей теории риска представляется важным проанализировать различные подходы прогнозирования [45]. Методы прогнозирования можно разделить на две большие группы. Первую группу составляют формальные методы прогнозирования. К их числу можно отнести регрессионный анализ [10, 11], построение различных математических моделей [1, 9, 10, 43], методы анализа временных рядов [10, 14, 50] и ряд других. Например, метод группового учета аргументов (МГУА) реализует ряд алгоритмов постепенного усложнения модели по правилам многорядной селекции [15].

Ко второй группе относятся методы экспертного прогнозирования [8, 35], а именно: методы, основанные на использовании многокритериальной теории полезности (МАУТ), например, метод ПАТТЕРН [21], метод «Дельфи» [53], методы вербального анализа решений (ВАР) [20, 23], ДСМ-метод [24, 25, 41] и ряд других.

Методы прогнозирования с точки зрения временного горизонта подразделяются на три категории, а именно: краткосрочные (тактические задачи), среднесрочные и долгосрочные (стратегические задачи).

Для решения задач прогнозирования различных экономических кризисов перспективным подходом является использование модели циклов Кондратьева [12]. Математическая модель циклов Кондратьева построена на основе аксиоматики, связывающей экономический рост с инвестициями и эффективностью инноваций. В частности, использование такой модели весьма актуально для развивающихся экономик, т.к. определяет предпочтительный временной интервал, например, восходящая фаза цикла Кондратьева в период растущего глобального спроса на продукцию новых технологий для осуществления различных реформ. Применительно именно к экономическим задачам неплохо себя зарекомендовали методы антикризисного управления [40, 42, 48]. Под антикризисным управлением СЭС понимается комплекс управляющих воздействий различного вида, формы и значения (политические, экономические, организационные и т.д.), реализация которых позволит вывести СЭС из возможного КС с наименьшим ущербом.

Многие проблемы, актуальные для антикризисного управления СЭС, существенно пересекаются с вопросами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (emergency management) [16].

В современных условиях новые возможности для разработки теории риска связаны с применением методов искусственного интеллекта (далее ИИ) [28], что является важным развитием междисциплинарного тектологического подхода А.А. Богданова.

Представим основные определения для используемых терминов.

## 1 Основные определения

В общем случае под измерением риска понимают определение опасности от того или иного источника (вида деятельности) для индивидуума или группы [6, 19, 49].

Относительно определения научного направления ИИ дело обстоит несколько сложнее. Нужно признать, что какого-то одного устоявшегося и единодушно принятого научным сообществом определения к настоящему моменту не выработано. Разработано огромное количество различных определений ИИ, сравнение и анализ которых явно выходит за рамки представленной работы. По мнению авторов настоящей статьи, под ИИ понимается группа методов и подходов, которые ориентированы на решение слабоструктурированных задач [33].

Как и в случае определения научного направления ИИ, достаточно сложно сформулировать точное определение, что является социально-экономической системой (СЭС). Прежде всего, это связано с тем, что существует огромное количество определений понятия «системы» [37]. Поэтому конструктивным способом преодоления этой проблемы является попытка описать СЭС через некоторый набор свойств или признаков. Аналогичный подход был использован в работе [30] для определения большой системы, а также в работе [31] для построения многомерной классификации интеллектуальных модулей и в работе [17] для определения интеллектуального робота. Таким образом, если объект исследований полностью удовлетворяет определенным значениям по указанным признакам, он может рассматриваться как полноценная СЭС. Если удовлетворяет только частично, то можно говорить о том, что объект исследований является квази-СЭС (или частично является СЭС). Соответственно, если по большинству признаков получены неудовлетворительные оценки, то объект исследований не может рассматриваться как полноценная СЭС.

Рассмотрим подробнее признаки, которые можно использовать для описания СЭС.

Первым признаком является *уникальность* СЭС. В этом смысле достаточно красноречивыми примерами являются неудачные попытки переноса разработанной системы здравоохранения для одного региона на другой регион [37], различные экологические проблемы [37], транспортная инфраструктура [47] и ряд других [49].

Вторым важным признаком СЭС является наличие *сразу нескольких слабо формализуемых целей* [30]. Хорошим примером в этом контексте является город. Основной задачей развития города является обеспечение комфортных условий для работы, проживания и досуга для всех жителей. Для обеспечения этой основной задачи необходимо сформулировать как раз несколько подцелей, которые можно рассматривать как слабо формализуемые (например, транспортная доступность, уровень медицинского обслуживания и т.п.).

Третьим признаком, характеризующим СЭС, является существенная сложность для определения *оптимальности* (или даже возможно ее отсутствие). Для многих СЭС просто невозможно «проиграть» сразу несколько различных сценариев ее функционирования [30]. Примером могут служить различные крупные техногенные катастрофы (авария на Чернобыльской АЭС, Фукусима и др.). Как правило, после таких аварий основные ресурсы (организационные, финансовые, кадровые и т.п.) уходят на ликвидацию последствий, и возможности анализа сценариев, которые могли бы предотвратить катастрофическое развитие ситуации в ряде случаев весьма ограничены; тем более сложно говорить о возможности реализации альтернативных вариантов.

Четвертым неотъемлемым признаком СЭС является *динамичность*. В этом контексте основные проблемы связаны с трудностями построения точной математической модели СЭС, которая могла бы полноценно учитывать изменения ее состояния во времени [9, 30].

Пятым важным признаком, характеризующим СЭС, является *многокритериальность*. Типичным примером может служить задача многокритериальной оценки кредитного риска [2, 22] или оценка обеспечения норм безопасности на предприятии [49]. Для многокритериальных проблем особенно важно сделать акцент на задачах стратегического выбора, о которых подробнее будет сказано ниже.

Шестым признаком, который обязательно нужно принимать в расчет при описании СЭС, – это *наличие свободы воли, или учет человеческого фактора*. Тут уместно рассмотреть различные случаи транспортных аварий (ошибки пилотов, авиадиспетчеров, машинистов поездов и т.п.) [46].

И, наконец, седьмым важным признаком, который характеризует СЭС, является *возможность интерпретации результата* [20, 32]. При решении задач анализа риска в СЭС, распознавания кризисных ситуаций и т.п. очень ценным является не только фиксация какого-то аномального состояния системы, но и выработка мер (сценариев), которые позволят предотвратить катастрофические последствия. Таким образом, можно говорить о том, какие свойства или характеристики СЭС можно изменить и как, для того чтобы избежать нежелательных последствий или их минимизировать. Поэтому разработка различных инструментов, которые позволят осуществить содержательный анализ риска в СЭС и выработать интерпретируемые сценарии, является весьма востребованным. Нужно также акцентировать внимание на то, что сценарные методы выбора стратегических решений в СЭС позволяют в ряде случаев учесть различного рода неопределенности [49].

## 2 Классификация методов

Рассмотрим классификацию различных методов, в том числе и ИИ, с точки зрения измерения риска [19].

Первый подход хорошо известен как инженерный [19]. В рамках данного подхода основные усилия направлены на сбор статистических данных о поломках, авариях, связанных с утечкой вредных веществ в окружающую среду [19]. Инженерный подход ориентирован на количественный расчет вероятности поломок, отказов и других нежелательных событий. Здесь можно упомянуть различные методы распознавания образов [7], метод опорных векторов [44], методы рандомизированного машинного обучения [29] и нейросетевой подход [44]. Перечисленные методы предназначены, прежде всего, для решения задачи классификации. Как уже было отмечено, важной характеристикой СЭС является ее уникальность. В этом контексте использование вероятностных подходов может быть сопряжено с определенными сложностями (фактически дефицит прецедентной информации). Для многих СЭС весьма существенным аспектом является возможность интерпретации результата, поэтому использование, например, нейросетевого подхода также не всегда позволяет получить приемлемое объяснение принятых решений.

Второй подход принято называть модельным. Данный подход предполагает моделирование процессов, которые могут спровоцировать различные нежелательные последствия (аварии и т.п.) [9, 27]. В рамках данного подхода проблема состоит в том, что построение модели СЭС может потребовать достаточно много времени. К моменту завершения построения модели сама СЭС может значительно трансформироваться, и процесс моделирования фактически придется начинать заново. Таким образом, модельный подход измерения риска тесно связан с таким свойством СЭС как динамичность. В рамках модельного подхода необходимо отметить работы по математической теории риска [39], мультимодельный подход [9, 52] и ряд других. В современных условиях методы ИИ, в частности, многоагентные системы [38] и коллективное поведение автоматов [36], активно применяются в моделировании, например, в проектировании при разработке «цифровых двойников», в робототехнике [17], при создании «умных предприятий» [38], «умных городов» и др. Совместное использование методов ИИ и имитационного моделирования [13, 16] также тесно связано с таким свойством СЭС как оптимальность (например, компромисс между стоимостью разработки изделия, сроками разработки, функциональностью и надежностью).

Третий подход к измерению риска известен как экспертный. Как уже было отмечено, при применении инженерного и модельного подходов достаточно часто возникают ситуации, когда наблюдается дефицит статистических данных или есть сомнения в их достоверности. Кроме того, при построении моделей в ряде случаев затруднительно выявить различные зависимости, так называемые слабоструктурированные задачи [54]. В такой ситуации фактически единственным источником сведений являются эксперты [19, 20]. В рамках данного подхода сложности состоят в субъективности суждений экспертов, а также в механизмах обработки как количественных, так и качественных экспертных оценок. Как уже было отмечено, важным свойством СЭС является многокритериальность. Соответственно использование различных многокритериальных подходов для экспертной оценки СЭС является важной областью приложения методов ИИ. Многокритериальные экспертные методы также можно подразделить с точки зрения измерений. Первую подгруппу составляют методы, основанные на количественных измерениях. К этой подгруппе можно отнести многокритериальную теорию полезности (MAUT) [18]. Методы MAUT



предназначены для решения задачи выбора наилучшей многокритериальной альтернативы, ранжирования альтернатив, а также для классификации. Вторую подгруппу образуют методы, основанные на качественных измерениях, результаты которых переводятся в количественный вид. Здесь уместно упомянуть метод анализа иерархий (АНР) [34], а также методы, основанные на использовании нечетких множеств (fuzzy sets) [26, 55]. Метод АНР предназначен для выбора наилучшей многокритериальной альтернативы или для ранжирования альтернатив. К третьей подгруппе многокритериальных экспертных методов можно отнести методы, основанные на количественных измерениях, но использующие несколько индикаторов при сравнении альтернатив (семейство методов Electre) [51]. Методы Electre, так же, как и МАУТ, охватывают решения полного спектра задач принятия решений (выбор наилучшей альтернативы, ранжирование и классификация). И, наконец, четвертую подгруппу образуют методы, основанные на качественных измерениях, без какого-либо перехода к количественным переменным (вербальный анализ решений (ВАР)) [20]. Методы ВАР также позволяют успешно решать все основные задачи принятия решений (выбор наилучшей альтернативы, ранжирование и классификация). Применение перечисленных многокритериальных методов для задач стратегического выбора является весьма актуальным. Задачи стратегического выбора характеризуются следующими особенностями [20]: (I) имеется сравнительно немного (около 10) вариантов решения проблемы, из которых следует выбрать один наилучший; (II) варианты оцениваются по многим критериям. Среди них могут быть как количественные, так и качественные критерии, при этом последние преобладают; (III) существует большая неопределенность в оценках вариантов по критериям, неустранимая на момент принятия решений; (IV) принимаемое решение относится к будущему, и его последствия имеют долгосрочный характер; (V) имеется лицо, принимающее решение (ЛПР), несущее основную ответственность за результат принятия решений; (VI) задачей ЛПР является выбор наилучшего варианта, соответствующего его целям. Еще одним важным аспектом использования экспертных методов для анализа риска в СЭС является учет важных свойств СЭС, а именно: человеческого фактора, многокритериальности, получения оптимальных (предпочтительных) решений, а также возможности интерпретации полученного результата (решений).

Четвертый подход измерения риска известен как социологический [4, 19]. В рамках данного подхода предполагается измерить восприятие населением и его отдельными группами того или иного риска. Из методов ИИ, которые успешно применены в рамках социологического подхода измерения риска, следует отметить, прежде всего, ДСМ-метод [41] (система управления факторами риска безопасности полётов [25], анализ и предотвращение забастовок на предприятиях [24] и др.). ДСМ-метод предназначен для установления неизвестного свойства объекта на основе анализа множества структур типа объект-свойство (индуктивный метод порождения гипотез). Социологический подход измерения риска позволяет проанализировать такие свойства СЭС как: учет человеческого фактора, наличие сразу нескольких слабо формализуемых целей и многокритериальность.

Таким образом, основные свойства СЭС, четыре способа измерения риска (инженерный, модельный, экспертный и социологический), а также перечень конкретных задач [48] позволяют сформировать многомерный классификатор методов анализа риска (см. рис. 1).

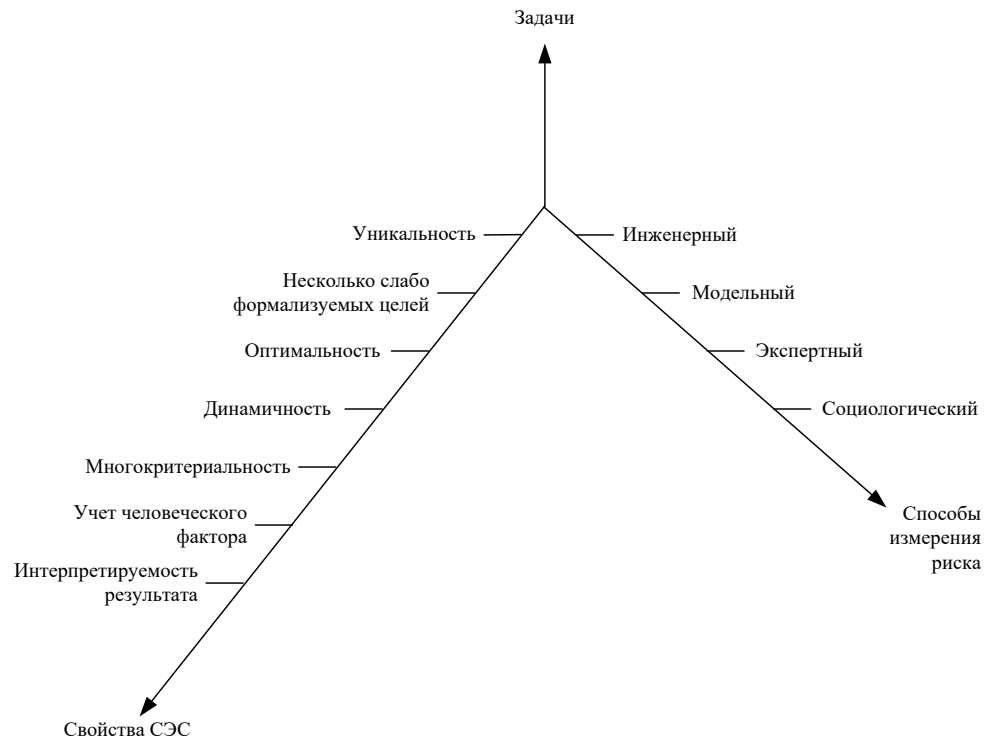


Рис. 1. Многомерный классификатор методов анализа риска

Перечислим подробнее некоторые задачи: (1) оценка проблемной ситуации и формулировка стратегических целей деятельности СЭС в сложившихся условиях на основе собранной информации; (2) определение множества возможных альтернатив достижения поставленных целей; построение цепочки причинно-следственных связей, отражающих динамику изменения состояния СЭС и ее элементов в процессе реализации каждого альтернативного решения; прогноз негативных последствий каждого альтернативного стратегического решения; (3) распознавание ситуации возможного возникновения КС в результате негативного развития событий в СЭС при реализации каждого стратегического решения и оценка риска возникновения КС при реализации каждого альтернативного стратегического решения; (4) оценка для каждого стратегического решения возможностей предотвращения или снижения риска возникновения КС и необходимых для этого ресурсов; выбор приемлемой альтернативы решения на основе минимизации рисков возникновения КС; (5) обеспечение высокого уровня информационной безопасности всех составляющих СЭС.

## Заключение

Основной целью представленной работы является анализ методов ИИ с точки зрения возможности их использования для задач анализа риска в СЭС. Представлены основные определения: что понимается под риском, ИИ, свойствами СЭС, характеристиками задач стратегического выбора. Рассмотрены четыре основных подхода измерения риска – инженерный, модельный, экспертный и социологический. Предложена схема построения единой классификации на основании анализа свойств СЭС, методов ИИ, а также способов измерения риска.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 16-29-12901, 19-07-00522).

## Литература

1. Акаев А. А., Коротаев А. В., Малинецкий Г. Г. Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики. — М.: Либроком, 2014. — 352 с.
2. Анализ математических моделей Базель II / Ф. Т. Алескеров, И. К. Андриевская, Г. И. Пеникас, В. М. Солодков. — М.: Физматлит, 2010. — 288 с.
3. Артюхов В. В. Общая теория систем: самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. — М.: Либроком, 2009. — 224 с.

4. Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — 384 с.
5. Богданов А. А. Тектология: Всеобщая организационная наука. — М.: URSS, 2019. — 680 с.
6. Бритков В. Б., Ройзензон Г. В. Анализ риска в социально-экономических системах // VIII Всероссийская научная конференция «Теория и практика системной динамики» (ТПСД-2019). Материалы конференции / Под ред. А. Г. Олейника. — Апатиты: КНЦ РАН, 2019. — С. 26–34. — DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.390.0.
7. Вапник В. Н., Червоненкис А. Л. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). — М.: Наука, 1974. — 416 с.
8. Гвишиани Д. М., Лисичкин В. А. Прогностика. — М.: Знание, 1968. — 93 с.
9. Геловани В. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В. СССР и Россия в глобальной системе (1985–2030): Результаты глобального моделирования. — М.: URSS, 2017. — 320 с.
10. Грешилилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. — М.: Радио и связь, 1997. — 112 с.
11. Дрейпер Н., Смит Р. Прикладной регрессионный анализ. — 2-е изд. — М.: Финансы и статистика, 1986. — Т. 1. — 366 с.
12. Дубовский С. В. Прогнозирование кризисов в циклах Кондратьева // Проблемы теории и практики управления. — 2016. — № 6. — С. 93–96.
13. Емельянов В. В., Ясиновский С. И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. — М.: АНВИК, 1998. — 432 с.
14. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: Издательство института математики, 1999. — 270 с.
15. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. — Киев: Техніка, 1975. — 312 с.
16. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В. А. Геловани, А. А. Башлыков, В. Б. Бритков, Е. Д. Вязилов. — М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 304 с.
17. Карпов В. Э., Павловский В. Е., Ройзензон Г. В. Многокритериальный подход к определению интеллектуального робота // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2016). Труды конференции. — Т. 3. — Смоленск: Универсум, 2016. — С. 312–319.
18. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
19. Ларичев О. И. Проблемы принятия решений с учетом факторов риска и безопасности // Вестник АН СССР. — 1987. — Т. 57, № 11. — С. 38–45.
20. Ларичев О. И. Вербальный анализ решений. — М.: Наука, 2006. — 181 с.
21. Лопухин М. М. ПАТТЕРН – метод планирования и прогнозирования научных работ. — М.: Советское радио, 1971. — 160 с.
22. Метод многокритериальной классификации ЦИКЛ и его применение для анализа кредитного риска / А. А. Асанов, О. И. Ларичев, Г. В. Ройзензон и др. // Экономика и математические методы. — 2001. — Т. 37, № 2. — С. 14–21.
23. Методологические аспекты прогнозирования развития науки в отраслях народного хозяйства / О. И. Ларичев, В. С. Малов, Е. М. Мошкович, О. П. Кудинов // Управление и научно-технический прогресс. — 1983. — № 6. — С. 30–36.
24. Михеенкова М. А. О принципах формализованного качественного анализа социологических данных // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2009. — № 4. — С. 40–56.
25. Муллагалиев А. Ф. О возможности применения ДСМ-метода в системе управления факторами риска безопасности полётов // Проблемы безопасности полётов. — 2016. — № 8. — С. 29–35.
26. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин, А. Ф. Блишун и др.; Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Наука, 1986. — 312 с.
27. Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях. — М.: Наука, 1979. — 296 с.
28. Осипов Г. С. Методы искусственного интеллекта. — М.: Физматлит, 2011. — 296 с.
29. Попков Ю. С. Машинное обучение и рандомизированное машинное обучение: сходство и различие // Восьмая международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» (САИТ-2019). Труды конференции. — М.: ФИЦ ИУ РАН, 2019. — С. 10–25.

30. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. — М.: Наука, 1986. — 288 с.
31. Рабочая группа по унификации программных интерфейсов интеллектуальных модулей. — 2002. — Режим доступа: <http://www.raai.org/resurs/resurs.shtml?arcim>.
32. Ройзензон Г. В. Синергетический эффект в принятии решений // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник / Под ред. Ю. С. Попкова, В. Н. Садовского, В. И. Тищенко. — № 36. 2011-2012. М.: УРСС, 2012. — С. 248-272.
33. Ройзензон Г. В. Проблемы формализации понятия этики в искусственном интеллекте // Шестнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2018). Труды конференции. В 2-х томах. — Т. 2. — М.: РКП, 2018. — С. 245-252.
34. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Под ред. А. В. Андрейчикова, О. Н. Андрейчиковой. — М.: URSS, 2019. — 360 с.
35. Сидельников Ю. В. Системный анализ экспертного прогнозирования. — М.: МАИ, 2007. — 453 с.
36. Стефанюк В. Л. Локальная организация интеллектуальных систем. Модели и приложения. — М.: Физматлит, 2004. — 328 с.
37. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ. — М.: КноРус, 2017. — 224 с.
38. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. — М.: Эдиториал УРСС, 2002. — 352 с.
39. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В. А. Владимиров, Ю. Л. Воробьев, С. С. Салов и др. — М.: Наука, 2000. — 431 с.
40. Файншмидт Е. А., Юрьева Т. В. Зарубежная практика антикризисного управления. — М.: Евразийский открытый институт, 2010. — 143 с.
41. Финн В. К. Интеллектуальные системы и общество: Сборник статей. — М.: КомКнига, 2006. — 352 с.
42. Фомин Я. А. Диагностика кризисного состояния предприятия: Учебное пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 349 с.
43. Форрестер Д. Мировая динамика. — М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. — 379 с.
44. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2019. — 1104 с.
45. Цыгичко В. Н. Прогнозирование социально-экономических процессов. — 3-е изд. — М.: URSS, 2017. — 240 с.
46. Цыгичко В. Н., Смолян Г. Л., Солнцева Г. Н. Человеческий фактор как угроза безопасности критически важных объектов // Science of Europe. — 2016. — Т. 2, № 1. — С. 60-65.
47. Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С. Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. — Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2014. — 224 с.
48. Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С. Антикризисное управление социально-экономической системой в условиях цифровой экономики // Информационное общество. — 2019. — № 4 — (в печати).
49. Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С., Смолян Г. Л. Безопасность критических инфраструктур. — М.: URSS, 2019. — 200 с.
50. Ярушкина Н. Г., Афанасьева Т. В., Перфильева И. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов. — М.: Инфра-М, 2015. — 160 с.
51. Figueira J., Mousseau V., Roy B. ELECTRE methods // Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys / Ed. by J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott. — International Series in Operations Research & Management Science. Boston: Springer, 2005. — Pp. 609-637.
52. Gelovani V. A., Britkov V. B., Yurchenko V. V. An interactive modeling system for analysis of alternative decisions // Decision Support Systems: Issues and Challenges / Ed. by G. Fick, R. H. Spague. — IASA proceedings series. Oxford: Pergamon Press, 1980. — Pp. 149-151.
53. Gordon T., Helmer O. Report on a Long Range Forecasting Study. No. Paper P-2982. — Santa Monica, California: RAND Corporation, 1964. — 76 pp. — <https://www.rand.org/pubs/papers/P2982.html>.
54. Simon H., Newell A. Heuristic problem solving: the next advance in operations research // Operations Research. — 1958. — Vol. 6, no. 1. — Pp. 1-10.
55. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. — 1965. — Vol. 8, no. 3. — Pp. 338-353.



# APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR RISK ANALYSIS IN THE SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

**Chereshkin Dmitriy Semyonovich**

*Doctor of technical sciences*

*Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences, Institute for System Analysis*

*Moscow, Russian Federation*

*dchereshkin@yandex.ru*

**Royzenzon Grigoriy Vladimirovich**

*Candidate of technical sciences*

*Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences, Institute for System Analysis*

*MIPT, researcher*

*MPEI, researcher*

*Moscow, Russian Federation*

*rgv@isa.ru*

**Britkov Vladimir Borisovich**

*Candidate of physical and mathematical sciences*

*Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences, Institute for System Analysis*

*Moscow, Russian Federation*

*britkov@mail.ru*

## Abstract

*The paper analyzes the methods of artificial intelligence (AI) in terms of the possibility of their use for the tasks of risk analysis in socio-economic systems (SES). The basic definitions are presented (what is meant by risk, AI, SES properties, characteristics of strategic choice tasks). Four main approaches to measuring risk are considered (engineering, model, expert and sociological). It is proposed to link, within the framework of a unified classification, the properties of SES, AI methods, as well as methods for measuring risk.*

## Keywords

*socio-economic systems, strategic decisions, crisis situations, crisis management, risk management, artificial intelligence*

## References

1. Akayev A. A., Korotayev A. V., Malinetskiy G. G. Prognoz i modelirovaniye krizisov i mirovoy dinamiki. — M.: Librokom, 2014. — 352 s.
2. Analiz matematicheskikh modeley Bazel' II / F. T. Aleskerov, I. K. Andriyevskaya, G. I. Penikas, V. M. Solodkov. — M.: Fizmatlit, 2010. — 288 s.
3. Artyukhov V. V. Obshchaya teoriya sistem: samoorganizatsiya, ustoychivost', raznoobraziye, krizisy. — M.: Librokom, 2009. — 224 s.
4. Bek U. Obshchestvo riska. Na puti k drugomu modernu. — M.: Progress-Traditsiya, 2000. — 384 s.
5. Bogdanov A. A. Tektologiya: Vseobshchaya organizatsionnaya nauka. — M.: URSS, 2019. — 680 s.
6. Britkov V. B., Royzenzon G. V. Analiz riska v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh // VIII Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya «Teoriya i praktika sistemnoy dinamiki» (TPSD-2019). Materialy konferentsii / Pod red. A. G. Oleynika. — Apatity: KNTS RAN, 2019. — S. 26–34. — DOI: 10.25702/KSC.978.5.91137.390.0.
7. Vapnik V. N., Chervonenkis A. L. Teoriya raspoznavaniya obrazov (statisticheskiye problemy obucheniya). — M.: Nauka, 1974. — 416 s.
8. Gvishiani D. M., Lisichkin V. A. Prognostika. — M.: Znaniye, 1968. — 93 s.

9. Gelovani V. A., Britkov V. B., Dubovskiy S. V. SSSR i Rossiya v global'noy sisteme (1985-2030): Rezul'taty global'nogo modelirovaniya. — M.: URSS, 2017. — 320 s.
10. Greshilov A. A., Stakun V. A., Stakun A. A. Matematicheskiye metody postroyeniya prognozov. — M.: Radio i svyaz', 1997. — 112 s.
11. Dreyper N., Smit R. Prikladnoy regressionnyy analiz. — 2-ye izd. — M.: Finansy i statistika, 1986. — T. 1. — 366 s.
12. Dubovskiy S. V. Prognozirovaniye krizisov v tsiklakh Kondrat'yeva // Problemy teorii i praktiki upravleniya. — 2016. — № 6. — S. 93–96.
13. Yemel'yanov V. V., Yasinovskiy S. I. Vvedeniye v intellektual'noye imitatsionnoye modelirovaniye slozhnykh diskretnykh sistem i protsessov. YAzyk RDO. — M.: ANVIK, 1998. — 432 s.
14. Zagoruyko N. G. Prikladnyye metody analiza dannykh i znaniy. — Novosibirsk: Izdatel'stvo instituta matematiki, 1999. — 270 s.
15. Ivakhnenko A. G. Dolgosrochnoye prognozirovaniye i upravleniye slozhnyimi sistemami. — Kiyev: Tekhnika, 1975. — 312 s.
16. Intellektual'nyye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy v neshtatnykh situatsiyakh s ispol'zovaniyem informatsii o sostoyanii prirodnoy sredy / V. A. Gelovani, A. A. Bashlykov, V. B. Britkov, Ye. D. Vyazilov. — M.: Editorial URSS, 2001. — 304 s.
17. Karpov V. E., Pavlovskiy V. Ye., Royzenzon G. V. Mnogokriterial'nyy podkhod k opredeleniyu intellektual'nogo robota // Pyatnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem (KII-2016). Trudy konferentsii. — T. 3. — Smolensk: Universum, 2016. — S. 312–319.
18. Kini R. L., Rayfa KH. Prinyatiye resheniy pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya. — M.: Radio i svyaz', 1981. — 560 s.
19. Larichev O. I. Problemy prinyatiya resheniy s uchetom faktorov riska i bezopasnosti // Vestnik AN SSSR. — 1987. — T. 57, № 11. — S. 38–45.
20. Larichev O. I. Verbal'nyy analiz resheniy. — M.: Nauka, 2006. — 181 s.
21. Lopukhin M. M. PATTERN – metod planirovaniya i prognozirovaniya nauchnykh rabot. — M.: Sovetskoye radio, 1971. — 160 s.
22. Metod mnogokriterial'noy klassifikatsii TSIKL i yego primeneniye dlya analiza kreditnogo riska / A. A. Asanov, O. I. Larichev, G. V. Royzenzon i dr. // Ekonomika i matematicheskiye metody. — 2001. — T. 37, № 2. — S. 14–21.
23. Metodologicheskiye aspekty prognozirovaniya razvitiya nauki v otraslyakh narodnogo khozyaystva / O. I. Larichev, V. S. Malov, Ye. M. Moshkovich, O. P. Kudinov // Upravleniye i nauchno-tekhnicheskyy progress. — 1983. — № 6. — S. 30–36.
24. Mikheyenkova M. A. O printsipakh formalizovannogo kachestvennogo analiza sotsiologicheskikh dannykh // Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy. — 2009. — № 4. — S. 40–56.
25. Mullagaliyev A. F. O vozmozhnosti primeneniya DSM-metoda v sisteme upravleniya faktorami riska bezopasnosti polotov // Problemy bezopasnosti polotov. — 2016. — № 8. — S. 29–35.
26. Nechetkiye mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta / A. N. Averkin, I. Z. Batyrshin, A. F. Blishun i dr.; Pod red. D. A. Pospelova. — M.: Nauka, 1986. — 312 s.
27. Orlov A. I. Ustoychivost' v sotsial'no-ekonomicheskikh modelyakh. — M.: Nauka, 1979. — 296 s.
28. Osipov G. S. Metody iskusstvennogo intellekta. — M.: Fizmatlit, 2011. — 296 s.
29. Popkov YU. S. Mashinnoye obucheniye i randomizirovannoye mashinnoye obucheniye: skhodstvo i razlicheye // Vos'maya mezhdunarodnaya konferentsiya «Sistemnyy analiz i informatsionnyye tekhnologii» (SAIT-2019). Trudy konferentsii. — M.: FITS IU RAN, 2019. — S. 10–25.
30. Pospelov D. A. Situatsionnoye upravleniye. Teoriya i praktika. — M.: Nauka, 1986. — 288 s.
31. Rabochaya gruppa po unifikatsii programmnykh interfeysov intellektual'nykh moduley. — 2002. — Rezhim dostupa: <http://www.raai.org/resurs/resurs.shtml?arcim>.
32. Royzenzon G. V. Sinergeticheskiy effekt v prinyatii resheniy // Sistemnyye issledovaniya. Metodologicheskiye problemy. Yezhegodnik / Pod red. YU. S. Popkova, V. N. Sadovskogo, V. I. Tishchenko. — № 36. 2011-2012. M.: URSS, 2012. — S. 248–272.
33. Royzenzon G. V. Problemy formalizatsii ponyatiya etiki v iskusstvennom intellekte // Shestnadtsataya natsio
34. Saati T. L. Prinyatiye resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskiye seti / Pod red. A. V. Andreychikova, O. N. Andreychikovoy. — M.: URSS, 2019. — 360 s.
35. Sidel'nikov YU. V. Sistemnyy analiz ekspertnogo prognozirovaniya. — M.: MAI, 2007. — 453 s.

36. Stefanyuk V. L. Lokal'naya organizatsiya intellektual'nykh sistem. Modeli i prilozheniya. — M.: Fizmatlit, 2004. — 328 s.
37. Tarasenko F. P. Prikladnyy sistemnyy analiz. — M.: KnoRus, 2017. — 224 s.
38. Tarasov V. B. Ot mnogoagentnykh sistem k intellektual'nym organizatsiyam: filosofiya, psikhologiya, informatika. — M.: Editorial URSS, 2002. — 352 s.
39. Upravleniye riskom: Risk. Ustoychivoye razvitiye. Sinergetika / V. A. Vladimirov, YU. L. Vorob'yev, S. S. Salov i dr. — M.: Nauka, 2000. — 431 s.
40. Faynshmidt Ye. A., Yur'yeva T. V. Zarubezhnaya praktika antikrizisnogo upravleniya. — M.: Yevraziyskiy otkrytyy institut, 2010. — 143 s.
41. Finn V. K. Intellektual'nyye sistemy i obshchestvo: Sbornik statey. — M.: KomKniga, 2006. — 352 s.
42. Fomin YA. A. Diagnostika krizisnogo sostoyaniya predpriyatiya: Uchebnoye posobiye dlya vuzov. — M.: YUNITI-DANA, 2003. — 349 s.
43. Forrester D. Mirovaya dinamika. — M.: ООО «Izdatel'stvo AST», 2003. — 379 s.
44. Khaykin S. Neyronnyye seti: polnyy kurs. — 2-ye izd. — M.: «Vil'yamc», 2019. — 1104 s.
45. Tsygichko V. N. Prognozirovaniye sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov. — 3-ye izd. — M.: URSS, 2017. — 240 s.
46. Tsygichko V. N., Smolyan G. L., Solntseva G. N. Chelovecheskiy faktor kak ugroza bezopasnosti kriticheski vazhnykh ob'yektov // Science of Europe. — 2016. — T. 2, № 1. — S. 60–65.
47. Tsygichko V. N., Chereshkin D. S. Bezopasnost' kriticheski vazhnykh ob'yektov transportnogo kompleksa. — Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2014. — 224 s.
48. Tsygichko V. N., Chereshkin D. S. Antikrizisnoye upravleniye sotsial'no-ekonomicheskoy sistemoy v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki // Informatsionnoye obshchestvo. — 2019. — № 4 — (v pechati).
49. Tsygichko V. N., Chereshkin D. S., Smolyan G. L. Bezopasnost' kriticheskikh infrastruktur. — M.: URSS, 2019. — 200 s.
50. Yarushkina N. G., Afanas'yeva T. V., Perfil'yeva I. G. Intellektual'nyy analiz vremennykh ryadov. — M.: Infra-M, 2015. — 160 s.
51. Figueira J., Mousseau V., Roy B. ELECTRE methods // Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys / Ed. by J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott. — International Series in Operations Research & Management Science. Boston: Springer, 2005. — Pp. 609–637.
52. Gelovani V. A., Britkov V. B., Yurchenko V. V. An interactive modeling system for analysis of alternative decisions // Decision Support Systems: Issues and Challenges / Ed. by G. Fick, R. H. Spague. — IIASA proceedings series. Oxford: Pergamon Press, 1980. — Pp. 149–151.
53. Gordon T., Helmer O. Report on a Long Range Forecasting Study. No. Paper P-2982. — Santa Monica, California: RAND Corporation, 1964. — 76 pp. — <https://www.rand.org/pubs/papers/P2982.html>.
54. Simon H., Newell A. Heuristic problem solving: the next advance in operations research // Operations Research. — 1958. — Vol. 6, no. 1. — Pp. 1–10.
55. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. — 1965. — Vol. 8, no. 3. — Pp. 338–353.