МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ЦИФРОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРЕДИКТИВНОЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Амангельдыева Г.Т., ст. преподаватель

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана,

Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Нарастание сложности социально-экономических, экологических и инженерно-технических структур обусловливает необходимость выработки решений в условиях высокой дефицитности информации и нестабильности среды. В данной работе исследуется сочетание классического математического аппарата (теории вероятностей, нечетких множеств, байесовской статистики) и современных информационных технологий, включая искусственный интеллект, методы машинного обучения и цифровые двойники. Рассмотрены прикладные аспекты внедрения данных подходов в экономике, инженерии, медицине и экологии. Особый акцент сделан на интеграции математических моделей с интеллектуальными системами поддержки принятия решений.

Ключевые слова: неопределенность, оценка рисков, теория вероятностей, машинное обучение, искусственный интеллект, цифровой двойник, предиктивная аналитика.

Введение и базисный математический аппарат

Традиционные методы формализации факторов неопределенности базируются на вероятностном моделировании, теории нечеткой логики и байесовском подходе. Представленный инструментарий позволяет компенсировать недостаток исходных данных и конструировать аналитические модели для комплексной оценки возможных рисков [1][2].

Передовые технологии в риск-менеджменте

1. Прогностический потенциал машинного обучения

Инструменты машинного обучения (ML) применяются для обработки больших массивов данных и построения прогностических сценариев при наличии факторов неопределенности. В частности, алгоритмы регрессионного анализа, деревья решений и нейросетевые архитектуры обеспечивают расчет вероятности наступления событий при фрагментарности исходных сведений [3].

2. Адаптивные ИИ-системы динамического реагирования

Искусственный интеллект (AI) выступает основой для автоматизации процессов выбора решений, способных гибко подстраиваться под трансформирующиеся внешние условия. ИИ-системы учитывают множественные переменные, осуществляют коррекцию стратегий в режиме реального времени и демонстрируют высокую эффективность в нестабильной среде [4].

3. Сценарное симулирование на основе цифровых двойников

Феномен цифрового двойника представляет собой виртуальный аналог реального объекта или процесса. Эта технология позволяет проводить симуляцию поведения систем при различных вариантах развития событий, обеспечивая нивелирование рисков еще на этапе проектирования [5].

Интеграция фундаментальных математических методов с алгоритмами ИИ формирует основу современных архитектур управления рисками. Так, байесовские нейронные сети объединяют вероятностный расчет и самообучающиеся алгоритмы, что существенно повышает точность предиктивного анализа [6].

Отраслевой опыт и практическая имплементация

· **Финансовый сектор:** оценка инвестиционной уязвимости и автоматизация торговых операций с привлечением ML-моделей.

· **Инженерное дело:** прогнозирование отказов и сбоев технического оборудования с помощью цифровых копий объектов.

· **Здравоохранение:** диагностика заболеваний при неполном или нетипичном симптомокомплексе на базе экспертных ИИ-систем.

· **Экологический мониторинг:** расчет климатических рисков и адаптивное распределение природных ресурсов.

Синтез современных математических аппаратов и цифровых платформ позволяет принимать обоснованные решения даже в условиях критического дефицита информации. Алгоритмы ИИ, цифровые двойники и методы предиктивной аналитики формируют базис устойчивых систем риск-менеджмента.

Вычислительные ресурсы и облачная инфраструктура

Для обработки факторов неопределенности в реальном времени необходимы значительные вычислительные мощности и масштабируемые хранилища данных. Облачные сервисы (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud) обеспечивают:

· систематизацию и обработку распределенных массивов данных;

· исполнение аналитических и ML-моделей на вычислительных кластерах;

· проектирование гибких масштабируемых сервисов управления рисками для различных отраслей [7].

Особую значимость облачные архитектуры приобретают в системах непрерывного мониторинга, где потоковая информация (включая данные с IoT-датчиков) требует мгновенного анализа и отклика.

Устойчивые (робастные) подходы и теория игр

Робастные методы применяются в случаях, когда входные показатели задаются интервально или с высокой степенью погрешности. Данная методология охватывает:

- интервальный анализ;
- стохастическое программирование;
- моделирование наихудших сценариев (worst-case analysis).

Теория игр находит широкое применение при выработке оптимальных поведенческих стратегий участников в условиях асимметрии информации, что критически важно для кибербезопасности, управления логистическими цепочками и геополитического анализа [8].

Этические и регуляторные аспекты применения ИИ

Интенсивная цифровизация процессов принятия решений актуализирует комплекс социально-этических проблем:

- обеспечение прозрачности и интерпретируемости алгоритмов;
- исключение системной дискриминации при обучении моделей на смещенных выборках;

· распределение ответственности за решения, принятые автономизированными системами (особенно в медицине, финансах и беспилотном транспорте).

Международные институты (включая OECD, UNESCO, EC) формируют нормативно-этическую базу для использования систем ИИ в условиях неопределенности [9].

Перспективные векторы исследований

Современная научная agenda сосредоточена на следующих направлениях:

· развитие концепции объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI, XAI) для контроля логики принятия решений алгоритмами;

· внедрение мультиагентных систем для решения задач коллективного риск-менеджмента;

· проектирование гибридных систем, сочетающих академические экспертные знания и машинное обучение;

· масштабирование применения цифровых двойников в промышленности, медицине и логистике для оптимизации процессов в реальном времени.

Междисциплинарность и образовательные тренды

Решение задач анализа рисков требует междисциплинарной интеграции. Все более востребованным становится комплексный подход, объединяющий:

- **математику** — для формализации и построения строгих моделей;
- **информатику** — для алгоритмизации и обработки данных;
- **когнитивные науки и психологию** — для исследования человеческого фактора и восприятия рисков;
- **экономику и социологию** — для моделирования поведения субъектов в условиях неопределенности [10].

Сложность современных условий требует модернизации высшего образования и запуска программ, включающих:

- моделирование неопределенности;
- прикладную статистику и теорвер;
- методы машинного обучения и ИИ;

· правовое регулирование и этику ИИ.

Ведущие мировые университеты активно внедряют дисциплины формата *«Data Science for Decision-Making under Uncertainty»*
и
«Ethical AI in Risk Systems»
, формируя компетенции специалистов нового поколения.

Примеры практических кейсов

1. **Предотвращение природных катастроф:** платформы предиктивного анализа на базе космического мониторинга и ИИ (например,
Google AI for Disaster Response
) помогают прогнозировать паводки, засухи и лесные пожары в реальном времени [11].

2. **Управление кризисами в здравоохранении:** во время пандемии COVID-19 вероятностные модели и математические аппараты (байесовские сети, SEIR-модели) применялись ВОЗ и правительствами для расчета нагрузок на медицинскую инфраструктуру [12].

3. **Промышленный сектор:** компании Siemens, General Electric и Bosch активно используют цифровые двойники для предотвращения аварий оборудования и минимизации технологических простоев.

Критерии эффективности риск-ориентированных систем

Чтобы аналитическая система была эффективной, она должна отвечать ряду ключевых критериев:

1. **Адаптивность** — умение быстро перестраивать алгоритмы при поступлении новых данных.

2. **Прозрачность** — возможность интерпретации и объяснения логики принятого решения.

3. **Этичность** — соблюдение принципов справедливости и отсутствие предвзятости.

4. **Интегрируемость** — бесшовная совместимость с существующей ИТ-инфраструктурой.

5. **Валидируемость** — проверка и подтверждение точности моделей на исторических и симуляционных выборках.

Заключение

Эпоха больших данных и глобальных вызовов требует внедрения качественных инструментов работы с неопределенностью. Математические и цифровые методы формируют ядро интеллектуальных платформ, способных адаптироваться и вырабатывать оптимальные решения в условиях неполноты сведений. При этом ключевым условием устойчивого развития остается баланс между технологическим совершенствованием систем и соблюдением этических норм.

Ллитература

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1999. — 576 с.

2. Заде Л. А. Нечёткие множества и их применение. — М.: Мир, 1976. — 208 с.

3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — MIT Press, 2016. — 800 p.

4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. — Pearson, 2021. — 1136 p.

5. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. — 2015. — 114 p.

6. Murphy K. P. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. — MIT Press, 2012. — 1152 p.

7. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters // Communications of the ACM. — 2008. — Vol. 51, No. 1. — P. 107–113.

8. Myerson R. Game Theory: Analysis of Conflict. — Harvard University Press, 1997. — 568 p.

9. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. — 2021. — 44 p.

10. Kahneman D., Tversky A. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. — Cambridge University Press, 1982. — 555 p.

11. Google AI Blog. AI-Enabled Disaster Prediction Tools. — 2021. — URL.

12. Ferguson N. et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. — Imperial College London, 2020. — 20 p.