

Институт системного анализа Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» Российской академии наук
(ИСА ФИЦ ИУ РАН)

Интеллектуальные методы анализа рисков

Ройзензон Григорий Владимирович
rgv@isa.ru

ВШЭ, г. Москва, 15 апреля 2020 г.

План выступления

- Введение
- Подходы прогнозирования
- Основные определения
- Классификация методов с точки зрения измерения риска
- Некоторые задачи анализа риска в социально-экономических системах
- Многомерный классификатор методов анализа риска
- Выводы
- Литература

Проект РФФИ № 19-07-00522

«Управление рисками возникновения кризисных ситуаций в социально-экономических системах».

Черешкин Д.С. (руководитель),
Цыгичко В.Н., Бритков В.Б., Езерова Л.В.,
Ройзензон Г.В. (исполнители).

Черешкин Д. С., Ройзензон Г. В., Бритков В. Б. Применение методов искусственного интеллекта для анализа риска в социально-экономических системах // *Информационное общество*. — 2020. — № 1.

Введение

Научные школы и коллективы ИСА РАН (ВНИИСИ):

1. Проблематика глобального моделирования (Гвишиани Д. М., Геловани В. А., Лапин Н. И., Голубков В. В., Арбатов А. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В., Пегов С. А., Третьяков Л. В., Юрченко В. В. и др.);

Гвишиани Д. М. Системный подход к исследованию глобальных проблем // Наука и человечество / Под ред. А. А. Логунова, А. П. Александрова, Н. Г. Басова и др. — М.: Знание, 1984. — С. 237–249.

Геловани В. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В. СССР и Россия в глобальной системе (1985-2030): Результаты глобального моделирования. — М.: Либроком, 2018. — 320 с.

Введение

Научные школы и коллективы ИСА РАН (ВНИИСИ):

2. Поведение сложных социально-экономических систем в кризисных условиях и обеспечение информационной безопасности (Черешкин Д.С., Цыгичко В.Н., Смолян Г.Л.):

Цыгичко В.Н. Прогнозирование социально-экономических процессов. М.: URSS, 2017. - 240 с.

Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С. Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. ЛАМ, 2014. - 217 с.

Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С., Смолян Г.Л. Безопасность критических инфраструктур. М.: УРСС, 2019. - 200 с.

Введение

Научные школы и коллективы ИСА РАН (ВНИИСИ):

3. Теория принятия решений. Вербальный анализ решений (ВАР) (Ларичев О.И. и др.):

<http://raai.org/about/persons/laritchev/>

Ларичев О. И. Вербальный анализ решений. — М.: Наука, 2006. — 181 с.

Ларичев О. И. Проблемы принятия решений с учетом факторов риска и безопасности // *Вестник АН СССР*. — 1987. — Т. 57, № 11. — С. 38–45.

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.

Введение

Примеры актуальных задач анализа рисков:

1. По причине перераспределения рабочей силы на постсоветском пространстве после распада СССР в Москве сосредоточено несколько сотен тысяч водителей автотранспорта (таксисты, водители маршруток, троллейбусов, автобусов и т.п.).

Соответственно, если использование беспилотных автомобилей будет набирать современные темпы, то буквально через несколько лет значительная часть водителей – выходцев из стран ближнего зарубежья, останется без работы. Большинство этих людей другими профессиями быстро овладеть не смогут. Можно предположить, что для такого мегаполиса как Москва (как, впрочем, и для любого другого) такое развитие ситуации может легко привести к социальному взрыву, если предварительно не проделать глубокий анализ всех возможных последствий от внедрения тех или иных технологий ИИ.

Введение

Примеры актуальных задач анализа рисков:

2. Пример с моногородом (а это город, как хорошо известно, который сформировался и развивался вокруг какого-то крупного промышленного предприятия). Предположим, на этом предприятии работает 20 тыс. человек. При этом используется технология, которая связана с достаточно низкой (по современным меркам) производительностью труда, относительно высоким процентом брака готовой продукции и наносит достаточно существенный экологический ущерб. Есть новая технология, использующая ИИ, которая сразу решает большинство перечисленных проблем (рост производительности труда, уменьшение экологического ущерба и т.п.) и внедрение которой может снова сделать этот промышленный гигант конкурентным на мировом рынке.

Введение

Примеры актуальных задач анализа рисков:

Но внедрение этой новой технологии предполагает увольнение с предприятия 18 тыс. человек, что также грозит моногороду социальными потрясениями, т.к. других предприятий, в которые можно было бы устроить работников по специальности, в городе попросту нет. Что делать в этой ситуации? Если, вообще ничего не менять, то предприятие разорится, т.к. станет совершенно не конкурентоспособным и вообще все 20 тыс. людей останутся без работы. Если внедрить самую передовую технологию, использующую ИИ, то тоже значительную часть сотрудников нужно будет уволить, но предприятие сохранится и в городе можно будет, например, улучшить экологию, а на вырученные от поступления в бюджет региона налоговые средства организовать новую программу по переподготовке кадров и т.п.

Введение

В общем случае под измерением риска понимают определение опасности от того или иного источника (вида деятельности) для индивидуума или группы.

Парадокс современной цивилизации: с каждым годом средняя продолжительность жизни человека увеличивается, то есть мир становится безопаснее, — а вероятность крупных аварий растет.

Введение



Александр Александрович Богданов (настоящая фамилия Малиновский) (1873-1928).

Богданов А. А. Тектология — Всеобщая организационная наука. — Берлин — Санкт-Петербург, 1922.

Богданов А. А. Тектология: Всеобщая организационная наука. — М.: URSS, 2019. — 680 с.

Тарасов В.Б. Новые стратегии реорганизации и автоматизации предприятий: на пути к интеллектуальным предприятиям // Новости искусственного интеллекта. — 1996. — №4. — С. 40-84.

Попков Ю.С., Тищенко В.И. и др. (ред.) Системные исследования. Методологические проблемы.: Ежегодник: Вып.37 / 2013 — 2014. — М.: URSS, 2014. — 456 с.

Введение

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).

Введение

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.

Введение. Современные исследования по анализу рисков

Работы по стратегии управления рисками с привлечением новых подходов из области фундаментальных наук были начаты в 1997 г. по инициативе МЧС России.

Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В. А. Владимиров, Ю. Л. Воробьев, С. С. Салов и др. — М.: Наука, 2000. — 431 с.

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.

Введение. Современные исследования по анализу рисков

Международное общество по принятию решений в
чрезвычайных ситуациях. Всемирная федерация ученых.

Международный Семинар по Планетарным Опасностям, Италия,
о. Сицилия, г. Эриче.

Дзикики А. Творчество в науке / Под ред. Е. П. Велихова. — М.:
URSS, 2001. — 240 с.

Сценарный метод прогнозирования кризисных ситуаций в
социально-экономических системах (В.Н. Цыгичко)

Цыгичко В.Н. Прогнозирование социально-экономических
процессов. М.: URSS, 2017. - 240 с.

Введение. Современные исследования по анализу рисков

Подпрограмма «Комплексный системный анализ и моделирование мировой динамики» (ИПМ им. М.В.Келдыша РАН) Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Экономика и социология знания».

Акаев А. А., Кортаев А. В., Малинецкий Г. Г. Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики. — М.: Либроком, 2014. — 352 с.

Дубовский С. В. Прогнозирование кризисов в циклах Кондратьева // *Проблемы теории и практики управления.* — 2016. — № 6. — С. 93–96.

Подходы прогнозирования

Методы прогнозирования можно разделить на две большие группы:

1. Формальные методы прогнозирования.
2. Методы экспертного прогнозирования.

Формальные методы прогнозирования

- регрессионный анализ,
- построение различных математических моделей:

Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В. А. Владимиров, Ю. Л. Воробьев, С. С. Салов и др. — М.: Наука, 2000. — 431 с.

Попков Ю. С. Математическая демозкономика. Макросистемный подход. — М.: УРСС, 2013. — 560 с.

- методы анализа временных рядов, а также учета фактора времени:

Ярушкина Н. Г., Афанасьева Т. В., Перфильева И. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов. — М.: Инфра-М, 2015. — 160 с.

Формальные методы прогнозирования

- методы анализа временных рядов, а также учета фактора времени:

Еремеев А. П., Куриленко И. Е. Темпоральные модели на основе логики ветвящегося времени в интеллектуальных системах // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2011. — № 1. — С. 14–26.

Баишыков А. А., Еремеев А. П. Основы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в атомной энергетике. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 351 с.

- метод группового учета аргументов (МГУА).

Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. — Киев: Техніка, 1975. — 312 с.

Методы экспертного прогнозирования

- Методы, основанные на использовании многокритериальной теории полезности (MAUT) (например, метод ПАТТЕРН)

Лопухин М. М. ПАТТЕРН – метод планирования и прогнозирования научных работ. — М.: Советское радио, 1971. — 160 с.

- Метод «Дельфи»

Gordon T., Helmer O. Report on a Long Range Forecasting Study. No. Paper P-2982. — Santa Monica, California: RAND Corporation, 1964. — 76 pp.

- Методы вербального анализа решений (ВАР)

Ларичев О. И. Вербальный анализ решений. — М.: Наука, 2006. — 181 с.

- ДСМ –метод

Финн В. К. Интеллектуальные системы и общество: Сборник статей. — М.: КомКнига, 2006. — 352 с.

Подходы прогнозирования

Методы прогнозирования с точки зрения временного горизонта подразделяются на три категории, а именно:

- краткосрочные (тактические задачи),
- среднесрочные,
- долгосрочные (стратегические задачи).

Основные определения

Методы искусственного интеллекта (ИИ) - группа методов и подходов, которые ориентированы на решение слабоструктурированных задач (по Г. Саймону).

Какого-то одного устоявшегося и единодушно принятого научным сообществом определения ИИ к настоящему моменту не выработано.

Основные определения

Социально-экономическая система (СЭС).

Конструктивным способом дать определение СЭС является попытка описать СЭС через некоторый набор свойств или признаков.

Основные определения

Социально-экономическая система (СЭС).

Большие системы. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление. Теория и практика. — М.: Наука, 1986. — 288 с.

Построение многомерной классификации интеллектуальных модулей (2002) <http://www.raai.org/resurs/resurs.shtml?arcim>.

Определение интеллектуального робота (1. Характеристика внешнего мира; 2. Степень восприятия роботом информации о внешнем мире; 3. Степень гибкости решающей программы роботов; 4. Степень автономности робота).

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.

Основные определения

Социально-экономическая система (СЭС).

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.

Основные определения

Социально-экономическая система (СЭС).

1. Уникальность;
2. Наличие сразу нескольких слабо формализуемых целей;
3. Существенная сложность для определения оптимальности;
4. Динамичность;
5. Многокритериальность;
6. Учет человеческого фактора;
7. Возможность интерпретации результата.

Классификация методов

Ларичев О. И. Проблемы принятия решений с учетом факторов риска и безопасности // *Вестник АН СССР*. — 1987. — Т. 57, № 11. — С. 38–45.

1. Инженерный подход;
2. Модельный подход;
3. Экспертный подход;
4. Социологический подход.

Инженерный подход

Сбор статистических данных о поломках, авариях, связанных с утечкой вредных веществ в окружающую среду.

- методы распознавания образов,

Бонгард М. М. Проблема узнавания. — М.: Наука, 1967.— 320 с.

Вапник В. Н., Червоненкис А. Л. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). — М.: Наука, 1974. — 416 с.

Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации // Проблемы кибернетики. — М.: Наука, 1978. — Вып. 33. — С. 5 - 68.

- метод опорных векторов (SVM, Вапник В. Н.)

Инженерный подход

- методы машинного и рандомизированного машинного обучения

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.

- нейросетевой подход.

Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2019. — 1104 с.

Кузнецов О. П. Асинхронная многоагентная система с пороговым поведением // Семнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2019). Труды конференции. В 2-х томах.— Т. 1. — Ульяновск: УлГТУ, 2019. — С. 151-160.

Инженерный подход

- байесовский подход

Прокопчина С. В. Измерительные аспекты цифровизации социально-экономических процессов на основе регуляризирующего байесовского подхода // Мягкие измерения и вычисления. — 2019. — № 1(14). — С. 41–45.

Основные сложности: дефицит прецедентной информации (уникальность СЭС) и невозможность интерпретации результата.

Модельный подход

Данный подход предполагает моделирование процессов, которые могут спровоцировать различные нежелательные последствия (аварии и т.п.).

Проблема состоит в том, что построение точной модели сложной системы может потребовать достаточно много времени.

Возможность использования одновременно сразу нескольких моделей и сопоставления результатов моделирования.

Геловани В. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В. СССР и Россия в глобальной системе (1985-2030): Результаты глобального моделирования. — М.: URSS, 2018. — 320 с.

Опыт ИСА РАН по проблематике глобального моделирования

Коллектив разработчиков: Гвишиани Д. М. —
руководитель, Геловани В. А., Лапин Н. И., Арбатов
А. А., Бритков В. Б., Дубовский С. В., Голубков В. В.,
Пегов С. А., Третьяков Л. В., Юрченко В. В. и др.

Этапы реализации:

1. Моделировалось развитие КНР, Японии и США.
Для перечисленных стран надо было прогнозировать
их экономические и демографические потенциалы.

Опыт ИСА РАН по проблематике глобального моделирования

Этапы реализации:

2. В 1981 г. на втором этапе была реализована система моделей мира, описывающая совместное развитие 9 регионов: СССР, КНР, Прочие страны социалистического содружества, США, Япония, Европейское экономическое сообщество, Прочие капиталистические страны, ОПЕК, Прочие развивающиеся страны.

Опыт ИСА РАН по проблематике глобального моделирования

Этапы реализации:

3. Исполнители проекта сосредоточились на уточнении моделей и расчетов, а также на проблемах СССР.

Некоторые выводы:

По линии демографии предсказана численность населения Китая с точностью 1,5% в конце 1970-х годов.

Предсказан экономический коллапс и распад СССР.

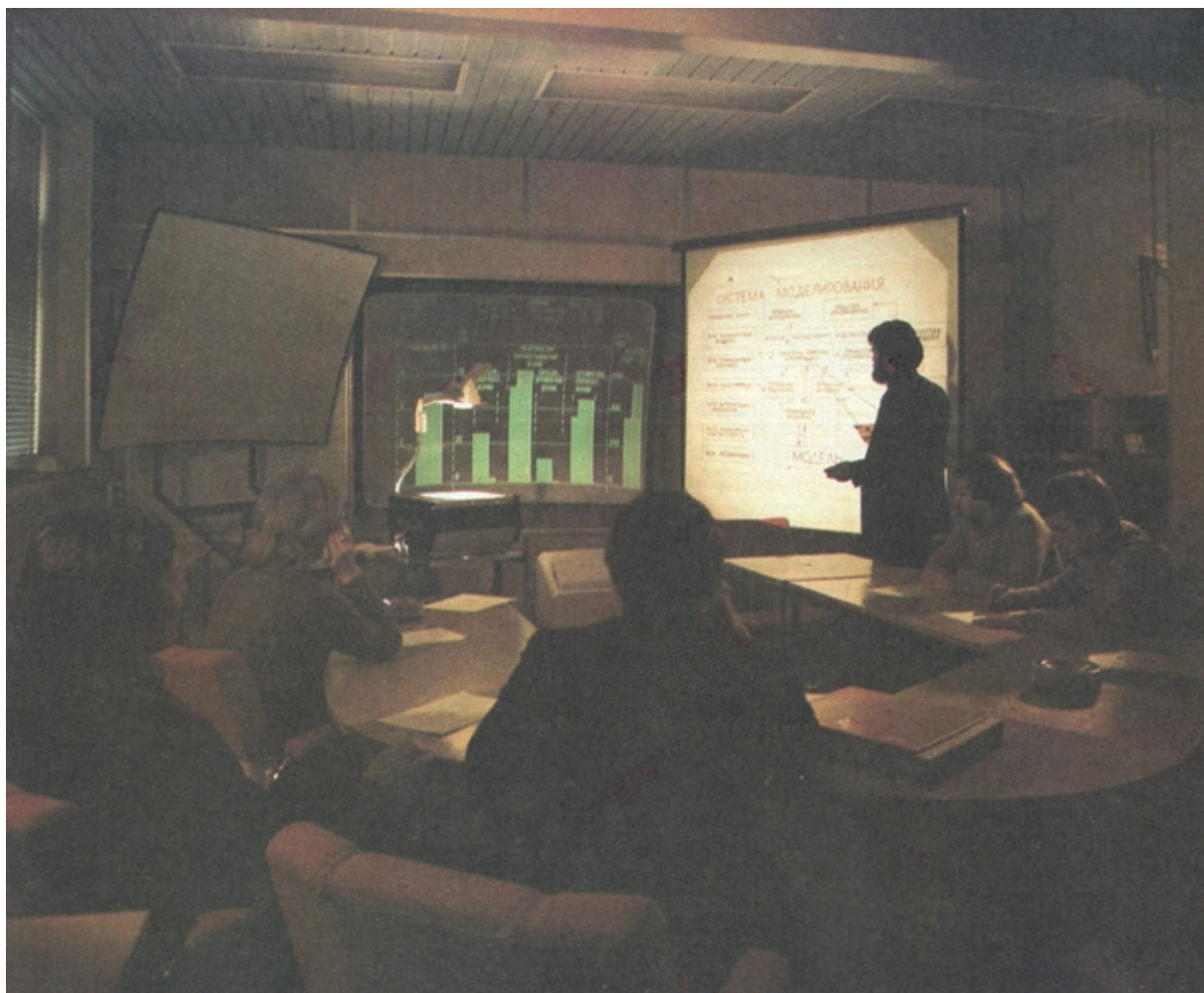
Сергей Лесков (Вечерняя Москва, 01.11.2017).

Как могло быть, но не стало. <http://vm.ru/news/429965.html>

Опыт ИСА РАН по проблематике глобального моделирования



Опыт ИСА РАН по проблематике глобального моделирования



Модельный подход

Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1968.

Лэсдон Л. С. Оптимизация больших систем / Под ред. А. А. Первозванского. — М.: Наука, 1975. — 432 с.

Самарский А. А. Введение в численные методы. — М. Наука, 1982.

Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития. — М.: Наука, 1987. — 304 с.

Михалевич В. С., Волкович В. Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. — М.: Наука, 1982. — 286 с.

Глушков В. М., Валах В. Я. Что такое ОГАС? — М.: Наука, 1981. — 160 с.

Китов А. И. Программирование экономических и управленческих задач. — М.: Советское радио, 1971.— 370 с.

Малишевский А. В. Качественные модели в теории сложных систем. — М.: Физматлит, 1998. — 528 с.

Модельный подход

Канторович Л. В. О математическом обеспечении АСУ «Металл» // *Приборы и системы управления.* — 1972. — № 12. — С. 8-10.

Цвиркун А. Д., Акинфиев В. К., Соловьев М. М. Моделирование развития крупномасштабных систем: (на примере топливно-энергетических отраслей и комплексов). — М.: Экономика, 1983. — 176 с.

Калашиников В. В. Сложные системы и методы их анализа. — М.: Знание, 1980. — 64 с.

Форрестер Д. Мировая динамика. — М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. — 379 с.

Кривоножко В. Е., Лычев А. В. Моделирование и анализ деятельности сложных систем. — М.: Ленанд, 2013. — 256 с.

Управление развитием крупномасштабных систем / С. Н. Васильев, А. А. Макаров, В. Л. Макаров и др. — М.: Физматлит, 2015. — 473 с.

Модельный подход

Квейд Э. Анализ сложных систем / Под ред. И. И. Ануреева, И. М. Верещагина. — М.: Советское радио, 1969. — 520 с.

Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика) / Под ред. А. В. Баранова. — М.: Наука, 1972. — 544 с.

Растригин Л. А. Адаптация сложных систем. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.

Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: Математические основы / Под ред. С. В. Емельянова. — М.: Мир, 1978. — 312 с.

Садовский В. Н. Основания общей теории систем. — М.: Наука, 1974.

Блауберг И. В. Проблема целостности и системный подход. - М.: Эдиториал УРСС, 1997.

Модельный подход

Предварительный вывод: возможности современной вычислительной техники при решении задач анализа риска, позволяют одновременно использовать и эвристический подход (методы ИИ) и подход, дающий возможность оперировать параметрами теоретической модели, для верификации (сопоставления) полученных результатов.

Ньюэлл А., Шоу Дж., Саймон Г. Эмпирическое исследование машины «Логик-теоретик»; пример изучения эвристики // Вычислительные машины и мышление / Под ред. Э. Фейгенбаума, Дж. Фельдмана. — М.: Мир, 1967. — С. 113–144.

Поспелов Д. А., Пушкин В. Н., Садовский В. Н. Эвристическое программирование и эвристика как наука // Вопросы философии. — 1967. — №7. — С. 45–56.

Гладун В. П. Эвристический поиск в сложных средах. Киев: Наукова думка, 1977.

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.

Модельный подход

- коллективное поведение автоматов;

Цетлин М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. — М.: Наука, 1969. — 316 с.

Варшавский В. И. Коллективное поведение автоматов.— М.: Наука, 1973. — 408 с.

Варшавский В. И., Поспелов Д. А. Оркестр играет без дирижера. Размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими. — М.: Наука, 1984. — 208 с.

Стефанюк В. Л. Локальная организация интеллектуальных систем. Модели и приложения. — М.: Физматлит, 2004. — 328 с.

Модельный подход

- теория многоагентных систем;

Применяется при разработке «цифровых двойников», в робототехнике, при создании «умных предприятий», «умных городов» и т.п.

Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. — М.: Эдиториал УРСС, 2002. — 352 с.

Городецкий В. И., Скобелев П. О. Многоагентные технологии для промышленных приложений: реальность и перспектива // Труды СПИИРАН. — 2017. — № 6(55). — С. 11–45.

Поспелов Д. А. Многоагентные системы – настоящее и будущее // Информационные технологии и вычислительные системы. — 1998. — № 1. — С. 14–21.

Модельный подход

- теория многоагентных систем;

Смирнов А. В., Шереметов Л. Б. Модели формирования коалиций кооперативных агентов: состояние и перспективы исследований // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2011. — № 1. — С. 36–48.

Фоминых И. Б., Романчук С. В., Алексеев И. П. Модель целеполагания в многоагентной системе с ограниченным ресурсом времени // Вестник МЭИ. — 2018. — № 5. — С. 73-78.

Кузнецов О. П. Асинхронная многоагентная система с пороговым поведением // Семнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2019). Труды конференции. В 2-х томах. — Т. 1. — Ульяновск: УлГТУ, 2019. — С. 151-160.

Модельный подход

- теория многоагентных систем (применение для решения экономических задач):

Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). — М.: Экономика, 2013. — 295 с.

Сохова З. Б., Редько В. Г. Моделирование поиска инвестиционных решений автономными агентами в прозрачной конкурентной экономике // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2019. — № 2. — С. 98–108.

Модельный подход

- агентные языки программирования:

Microsoft Axum

<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=21024>

Язык РДО

(«Ресурсы-Действия-Операции») (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Емельянов В. В., Ясиновский С. И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО. — М.: АНВИК, 1998. — 432 с.

Еремеев А. П., Рыбина Г. В. Применение системы интеллектуального имитационного моделирования РДО в учебном процессе МЭИ и МИФИ для подготовки кадров в области искусственного интеллекта // *Мягкие измерения и вычисления.* — 2018. — № 12(13). — С. 57-67.

Модельный подход

- сетевое представление:

Гвишиани Д. М. Избранные труды по философии, социологии и системному анализу / Под ред. Ю. С. Попкова, В. Н. Садовского, А. А. Сеитова. — М.: «Канон +» РООИ «Реабилитация», 2007. — 672 с.

Ойхман Е. Г., Попов Э. В. Реинжиниринг бизнеса: Реинжиниринг организаций и информационные технологии. — М.: Финансы и статистика, 1997. — 336 с.

Жилякова Л. Ю., Кузнецов О. П. Теория ресурсных сетей. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 283 с.

Юрченко В. В. Функциональные сети. М.: Наука, 1992. — 184 с.

Тарасов В.Б. Новые стратегии реорганизации и автоматизации предприятий: на пути к интеллектуальным предприятиям // *Новости искусственного интеллекта.* — 1996. — №4. — С. 40-84.

Модельный подход

Основной вывод: связь со свойством СЭС оптимальность (например, компромисс между стоимостью разработки изделия, сроками разработки, функциональностью и надежностью).

Экспертный подход

При существенных препятствиях использования инженерного и модельного подходов, источником информации, в ряде случаев, являются эксперты.

В рамках данного подхода сложности состоят в субъективности суждений экспертов, а также в механизмах обработки как количественных, так и качественных экспертных оценок. Кроме того, важной проблемой является выбор способа извлечения и представления знаний (семантические сети, фреймы, продукции и логический вывод).

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.

Методы многокритериального выбора

В самом общем виде задача многокритериального выбора формулируется следующим образом:

$$\langle T, V, K, X, P, J \rangle,$$

T – тип задачи (выбрать наилучшую альтернативу, упорядочить альтернативы, разделить альтернативы на упорядоченные или неупорядоченные группы);

V – множество альтернатив (вариантов), $|V| \geq 2$;

K – множество критериев, $|K| \geq 2$; X – множество шкал критериев;

P – предпочтения ЛПР; J – решающее правило.

Озерной В. М., Гафт М. Г. Методология решения дискретных многокритериальных задач // Многокритериальные задачи принятия решений / Под ред. Д. М. Гвишиани, С. В. Емельянова. — М.: Машиностроение, 1978. — С. 14–47.

Айзерман М. А., Алескеров Ф. Т. Выбор вариантов: основы теории. — М.: Наука, 1990. — 240 с.

Методы многокритериального выбора

- Методы, основанные на количественных измерениях. Многокритериальная теория полезности (MAUT) [Кини, Райфа, 1981], [Köksalan et al., 2003];
- Методы, основанные на качественных измерениях, результаты которых переводятся в количественный вид. Методы аналитической иерархии (АНР) [Саати, 1993]. Методы, основанные на теории нечетких множеств [Заде, 1976];
- Методы, основанные на количественных измерениях, но использующие несколько индикаторов при сравнении альтернатив. Группа методов Электра (ELECTRE) [Roy, 1996];
- Методы, основанные на качественных измерениях, без какого-либо перехода к количественным переменным. Вербальный анализ решений (ВАР) [Ларичев, 1978-2006].

Вербальный анализ решений (ВАР)

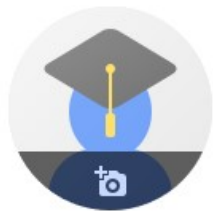
1. Когнитивная психология (измерения, операции получения информации при построении решающего правила, поэтапное построение решающего правила);
2. Прикладная математика (обоснование вида решающего правила, методов получения и проверки информации на непротиворечивость);
3. Теория организаций (получение объяснений);
4. Компьютерные науки (диалог человек-компьютер).

Ларичев Олег Иванович



20.09.1934 – 19.01.2003

http://raai.org/about/persons/laritchev/ Публикации: 1961-2006 гг.
За 2015-2019 гг. 26 % от общего числа цитирований (12.04.2020).



Олег Иванович Ларичев

ПОДПИСАТЬСЯ

Институт системного анализа РАН

Нет подтвержденного адреса электронной почты - [Главная страница](#)

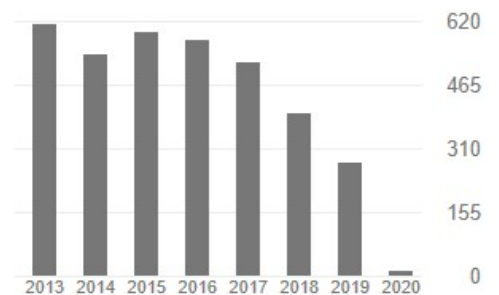
[Информатика](#) [системный анализ](#) [принятие решений](#) [искусственный](#)

Процитировано

[ПРОСМОТРЕТЬ ВСЕ](#)

Все Начиная с 2015 г.

Статистика цитирования	9206	2380
h-индекс	32	17
i10-индекс	89	26



Соавторы

[ИЗМЕНИТЬ](#)

	David Olson Professor of Business Analytics, ...	>
	Gregory Royzenon Институт системного анализа ...	>
	Pekka Korhonen Professor of Statistics	>
	Alexander Lotov Вычислительный центр им. А.А...	>

НАЗВАНИЕ	ПРОЦИТИРОВАНО	ГОД
<input type="checkbox"/> Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах ОИ Ларичев Логос	2019 *	2006
<input type="checkbox"/> Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах ОИ Ларичев Логос	2019 *	2002
<input type="checkbox"/> Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах ОИ Ларичев Логос	2019 *	2000
<input type="checkbox"/> Linear Programming with Multiple Objective Functions: Step Method (STEM) R Benayoun, J de Montgolfier, J Tery, OI Larichev Mathematical Programming 1 (1), 366-375	1216	1971
<input type="checkbox"/> Качественные методы принятия решений ОИ Ларичев, ЕМ Мошкович Физматлит	627	1996
<input type="checkbox"/> Наука и искусство принятия решений ОИ Ларичев Наука	554 *	1979
<input type="checkbox"/> Extended Framework for Modeling Choice Behavior M Ben-Akiva, D McFadden, D Gopinath, T Garling, D Bolduc, ... Marketing Letters 10 (3), 187-203	347	1999

Классификация методов ВАР

	Ранжирование альтернатив	Выбор лучшей альтернативы	Классификация альтернатив
Альтернативы заданы	ЗАПРОС I, II, III	ШНУР, ПАРК	КЛАРА
Альтернативы не заданы	ЗАПРОС I, II, III		ОРКЛАСС, ДИФКЛАСС, ЦИКЛ, КЛАНШ

Постановка задачи многокритериальной порядковой классификации

Дано [Асанов и др., 2001], [Ларичев, 2006]:

G – свойство, отвечающее целевому критерию задачи (критичность неисправности, ценность кредитного проекта, степень интеллектуальности робототехнической системы и т.д.).

$K = \{K_1, K_2, \dots, K_N\}$ – множество критериев, по которым оценивается каждый объект. $S_q = \{k_1^q, k_2^q, \dots, k_{\omega_q}^q\}$

для $q = 1 \dots N$ – множество оценок по критерию K_q ; ω_q – число градаций на шкале критерия K_q ; оценки в S_q упорядочены по возрастанию характерности для свойства G .

$Y = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_N$ – пространство состояний объектов, подлежащих классификации. Каждый объект описывается набором оценок по критериям K_1, \dots, K_N и представляется в виде векторной оценки $y \in Y$, где $y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$, y_q равно номеру оценки из множества S_q .

$C = \{C_1, C_2, \dots, C_M\}$ – множество классов решений, упорядоченных по возрастанию выраженности свойства G .

Многокритериальная классификация СЭС

0. Уникальность СЭС (0. СЭС является совершенно уникальной; 1. Есть небольшое количество аналогов СЭС; 2. СЭС не является уникальной);

1. Наличие сразу нескольких слабо формализуемых целей (0. В СЭС можно выделить сразу несколько слабо формализуемых целей; 1. Основные цели СЭС хорошо формулизуемы);

2. Сложность для определения оптимальности (0. Присутствует большое число препятствий для определения оптимальности в СЭС; 1. С расчетом оптимальности СЭС особых сложностей нет);

3. Динамичность (0. СЭС является динамичной; 1. СЭС не является динамичной);

4. Многокритериальность (0. СЭС описывается большим числом критериев (7 и более); 1. СЭС описывается средним числом критериев (4-6); 2. СЭС описывается малым числом критериев (2-3); 3. СЭС является однокритериальной);

5. Учет человеческого фактора в СЭС (0. В СЭС полноценно учитывается человеческий фактор; 1. В СЭС не учитывается человеческий фактор);

6. Интерпретация результата в СЭС (0. При оценке риска в СЭС реализована полноценная интерпретация результата; 1. При оценке риска в СЭС интерпретация результата отсутствует).

Многокритериальная классификация СЭС

Классы решений: А. Полноценная СЭС; В. Квази СЭС; С. Не СЭС.

Классификация:

Класс А (верхняя граница): (0000000); Класс А (нижняя граница): (1110100) (1100200) (1010200) (0110200); Класс В (верхняя граница): (2000000) (0001000) (1110200) (0000010) (0000001); Класс В (нижняя граница): (2111000) (2101200) (2011200) (1111200) (1011010) (2110110) (2001110) (1101110) (1110210) (0101210) (0011210) (1011001) (2001101) (2110201) (1101201) (0011201) (2100211) (1010211); Класс С (верхняя граница): (2111100) (0000300) (2101010) (2011010) (0111010) (1011110) (2010210) (1001210) (2101001) (2011001) (0111001) (1011101) (2001201) (2010011) (0110011) (0001011); Класс С (нижняя граница): (2111311).

Для построения многокритериальной классификации СЭС используется метод вербального анализа решений – ЦИКЛ.

Достоинства ВАР

1. Методы ВАР мало чувствительны к ошибкам в измерениях, т.к. к вербальным оценкам по критериям не применяются никакие количественные преобразования;
2. Поэтапное выявление предпочтений ЛПР;
3. Предпочтения ЛПР проверяются на непротиворечивость, а выявленные противоречия предъявляются персоне для анализа и разъяснения.
4. Возможность получения объяснений полученных решений с использованием естественного языка описания проблемной ситуации.

Недостатки ВАР

1. При большом числе критериев требуются большие трудозатраты для выявления предпочтений ЛПР (например, при попарном сравнении альтернатив);
2. При работе в большом признаковом пространстве в задачах ранжирования растет число несравнимых альтернатив (полнота отношений), а в задачах классификации ЛПР применяет различные упрощенные стратегии.

Ройзензон Г. В. Способы снижения размерности признакового пространства для описания сложных систем в задачах принятия решений // *Новости искусственного интеллекта*. — 2005. — № 1. — С. 18–28.

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.

Кузнецов С. О., Махалова Т. П., Наполи А. Как улучшить оценку множеств признаков с помощью принципа минимальной длины описания? // Шестнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2018). Труды конференции. В 2-х томах. — Т. 2. — М.: РКП, 2018. — С. 19-26.

Задачи стратегического выбора

- (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.

Экспертный подход

Важным аспектом использования экспертных методов для анализа риска в СЭС является учет следующих свойств: человеческий фактор, многокритериальность, получение оптимальных (предпочтительных) решений, а также возможность интерпретации полученного результата (решений).

Социологический подход

В рамках данного подхода предполагается измерить восприятие населением и его отдельными группами того или иного риска.

Бек У. Общество риска. На пути к другому модерну. — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — 384 с.

Социальная информатика: Основания, методы, перспективы / В. Б. Бритков, А. А. Давыдов и др.; Под ред. Н. И. Лапина. — 3-е изд. — М.: URSS, 2010. — 216 с.

Социологический подход

ДСМ-метод предназначен для установления неизвестного свойства объекта, на основе анализа множества структур типа объект-свойство (индуктивный метод порождения гипотез).

Финн В. К. Интеллектуальные системы и общество: Сборник статей. — М.: КомКнига, 2006. — 352 с.

Михеенкова М. А. О принципах формализованного качественного анализа социологических данных // *Информационные технологии и вычислительные системы*. — 2009. — № 4. — С. 40–56.

Муллагалиев А. Ф. О возможности применения ДСМ-метода в системе управления факторами риска безопасности полётов // *Проблемы безопасности полётов*. — 2016. — № 8. — С. 29–35.

Социологический подход

ДСМ-метод использован для разработки системы управления факторами риска безопасности полётов, а также для анализа и предотвращения забастовок на предприятиях.

Брокман Дж. Мышление. Ведущие ученые о том, как мы делаем выбор, решаем задачи и прогнозируем будущее. — М.: АСТ, 2018. — 480 с. (статьи Даниеля Канемана, Герда Гигеренцера (Понимать риски) и др.).

Талер Р. Новая поведенческая экономика. Почему люди нарушают правила традиционной экономики. — М.: Эксмо, 2017. — 368 с.

Кузнецов О. П. Ограниченная рациональность и принятие решений // *Искусственный интеллект и принятие решений*. — 2019. — № 1. — С. 3-15.

Социологический подход измерения риска позволяет проанализировать такие свойства СЭС как: учет человеческого фактора, наличие сразу нескольких слабо формализуемых целей и многокритериальность.

Социологический подход

Анализ больших данных.

Предсказание распространения эпидемии гриппа по анализу поисковых запросов в Google.

Facebook и Cambridge Analytica (выборы президента США).

Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. — 240 с.

Бритков В. Б., Ройзензон Г. В. Анализ больших данных в патентных исследованиях // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2016). Труды конференции. — Т. 1. — Смоленск: Универсум, 2016.— С. 291–299.

Социологический подход

Интеллектуальные интернет - технологии.

Методы лингвистической семантики и семантического анализа текстов (семантические технологии Web).

Методы и средства семантического структурирования электронных математических документов / А. М. Елизаров, Е. К. Липачев, О. А. Невзорова, В. Д. Соловьев // Доклады Академии наук. — 2016. — Т. 457, № 6. — С. 642–645.

Осипов Г. С. Методы искусственного интеллекта. — М.: Физматлит, 2011. — 296 с.

Осипов Г. С., Смирнов И. В. Семантический анализ научных текстов и их больших массивов // Системы высокой доступности. — 2016. — Т. 12, № 1. — С. 41–44.

Хорошевский В. Ф. Семантические технологии: ожидания и тренды // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. — 2012. — № 2. — С. 143–158.

Сулейманов Д. Ш. Система семантического анализа ответных текстов обучаемого на естественном языке // Онтология проектирования. — 2014. — № 1(11). — С. 65–77.

Задачи анализа риска в СЭС

(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;

Задачи анализа риска в СЭС

(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.

Многомерный классификатор методов анализа риска



Выводы

1. Проведен анализ методов ИИ с точки зрения возможности их использования для задач анализа риска в СЭС.
2. Представлены основные определения (что понимается под риском, ИИ, свойства СЭС, характеристики задач стратегического выбора).
3. Рассмотрены четыре основных подхода измерения риска (инженерный, модельный, экспертный и социологический).
4. Предложена схема построения единой многомерной классификации, на основании анализа свойств СЭС, методов ИИ, а также способов измерения риска.

Выводы

5. Предложенный многомерный классификатор интеллектуальных методов анализа риска может рассматриваться как удобный аналитический инструмент, т.к. позволяет выявлять «пробелы» в области разработки указанных методов. Подобный подход дает возможность для выбранных конкретных задач, с учетом свойств СЭС, а также способов измерения риска обозначить перечень уже разработанных методов или методов, разработка которых и является перспективной проблемой.

Черешкин Д. С., Ройзензон Г. В., Бритков В. Б. Применение методов искусственного интеллекта для анализа риска в социально-экономических системах // Информационное общество. — 2019. — № 6.

Выводы

6. В рамках инженерного подхода анализа риска получение каких-то новых фундаментальных результатов в ближайшее время, скорее всего, проблематично. Это связано с тем, что теория вероятностей к настоящему моменту очень хорошо развита, благодаря результатам полученным, отечественными научными школами (А. Н. Колмогоров и др.). Тем не менее, если будут получены новые результаты, которые сделают работу нейронных сетей более прозрачными и понятными тут также можно обозначить некоторую перспективу.

Российская рабочая группа IEEE по разработке этических стандартов ИИ
<http://ecai.raai.org/>

Этика и «цифра»: этические проблемы цифровых технологий: в 2 т. / И. В. Бегтин, П. М. Готовцев, А. В. Гусев и др. — М.: РАНХиГС, 2020. — 142 с. — <http://ethics.cdto.center/>

Выводы

Карпов В. Э., Готовцев П. М., Ройзензон Г. В. К вопросу об этике и системах искусственного интеллекта // *Философия и общество*. — 2018. — № 2(87). — С. 84–105.— DOI: 10.30884/jfio/2018.02.07.

Ройзензон Г. В. Стандарты этики в искусственном интеллекте // II Международная научно-практическая конференция «Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем» (ПИИВС-2018). Сборник научных трудов. — Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2018. — С. 227–236.

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.

Выводы

7. Для модельного подхода новые результаты могут быть связаны с повсеместным внедрением новых цифровых технологий (четвертая промышленная революция [Шваб, 2016]), что сделает крайне востребованным использование многоагентного подхода (коллективного поведения роботов, умных предприятий, дорог, городов, беспилотного транспорта и т.п.), а также различных интеллектуальных датчиков (мягкие измерения и вычисления), которым будут делегированы права самостоятельного принятия решений.

Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С. Антикризисное управление социально-экономической системой в условиях цифровой экономики // Информационное общество. — 2019. — № 4-5. — С. 44–53.

Тарасов В.Б., Овсянников М.В. Развитие технологий индустрии 4.0: от цифрового производства и интернета вещей до коллаборативных роботов // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2018). Сборник научных трудов XXI Российской научной конференции. В 2-х томах. Под научной редакцией Ю.Ф. Тельнова. 2018. — С. 52-60.

Выводы

Кобринский Б. А. «Умная» больница как инструмент цифровой медицины // Информационные технологии и вычислительные систем. — 2018. — № 4. — С. 3-14.

Карпов В. Э., Карпова П. П., Кулинич А. А. Социальные сообщества роботов. — М.: УРСС, 2019. — 352 с.

Шваб К. Четвертая промышленная революция. — М.: Эксмо, 2016 . — 208 с.

8. В рамках экспертного подхода для задач анализа риска упор должен быть сделан на развитие основных способов получения и представления знаний (онтологии (семантические сети), фреймы, продукции, а также методы логического вывода (особенно с использованием неклассических логик (Финн В.К., Вагин В.Н., Плесневич Г.С. и др.))). Прежде всего, перспективными являются подходы, ориентированные на работу с неколичественной (качественной) информацией (методы ВАР (Ларичев О.И.), нечеткая логика и мягкие вычисления, работы Попова Э. В. и т.п.).

Попов Э. В. Общение с ЭВМ на естественном языке. — М.: Наука, 1982.— 360 с.

Выводы

9. Но наиболее существенные новые результаты могут быть получены в рамках социологического подхода анализа риска. Прежде всего, нужно отметить работы нобелевских лауреатов по экономике Даниеля Канемана (2002) и Ричарда Талера (2017), связанные с исследованиями в области поведенческой экономики. В этой связи, совершенно новый импульс развития получают идеи Дмитрия Александровича Поспелова (ситуационное управление, семиотическое моделирование, психоника (психология поведения искусственных систем) и др.) и Олега Ивановича Ларичева (психологические обоснования методов принятия решений).

Льюис Р. Д., Райфа Г. Игры и решения. — М.: Иностранная литература, 1961. — 642 с.

Кузнецов О. П. Ограниченная рациональность и принятие решений // *Искусственный интеллект и принятие решений.* — 2019. — № 1. — С. 3-15.

Выводы

Словик П. На пути к пониманию и улучшению принимаемых решений // Дескриптивный подход к изучению процессов принятия решений при многих критериях. Сборник трудов ВНИИСИ / Под ред. С. В. Емельянова, О. И. Ларичева. — № 9. М.: ВНИИСИ, 1980. — С. 3–26.

Поспелов Д. А. О «человеческих» рассуждениях в интеллектуальных системах // Вопросы кибернетики. Логика рассуждений и ее моделирование. Вып. 95 / Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1983. — С. 5–37.

Фишхов Б., Гойтейн В., Шапиро З. Субъективная ожидаемая полезности: модель принятия решений // Процедуры оценивания многокритериальных объектов / Под ред. О. И. Ларичева. — № 9. М.: ВНИИСИ, 1984. — С. 53–68.

Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в неопределенности: правила и предубеждения. — Харьков: Гуманитарный центр, 2005. — 632 с.

Талер Р. Новая поведенческая экономика. Почему люди нарушают правила традиционной экономики. — М.: Эксмо, 2017.— 368 с.

Выводы

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.

Ларичев О. И. Теория подсознательных решающих правил – новый взгляд на экспертное мышление // Труды Восьмой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2002). — Т. 1. — М.: Физматлит, 2002. — С. 1–14.

Ларичев О. И. Психологические обоснования методов принятия решений // Труды конференции «Психология и автоматизация организационного управления». I Часть. / Под ред. Е. Д. Жаркова, В. Е. Лепского. — Одесса: Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1985. — С. 39–59.

Human behavior in a multi-criteria choice problem with individual tasks of different difficulties / E. M. Furems, O. I. Larichev, G. V. Roizenon et al. // *International Journal of Information Technology and Decision Making*. — 2003. — Vol. 2, no. 1. — Pp. 29–40.

Спасибо за внимание!

Литература

- Ларичев О. И.* Вербальный анализ решений. — М.: Наука, 2006. — 181 с.
- 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.
- 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.
- Башлыков А. А., Еремеев А. П.* Основы конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в атомной энергетике. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 351 с.
- Брамс С. Дж., Тейлор А. Д.* Делим по справедливости, или гарантия выигрыша каждому. — М.: Синтег, 2002. — 196 с.
- 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.

Литература

Ройзензон Г. В. Способы снижения размерности признакового пространства для описания сложных систем в задачах принятия решений // *Новости искусственного интеллекта*. — 2005. — № 1. — С. 18–28.

Ларичев О. И. Объективные модели и субъективные решения. — М.: Наука, 1987. — 191 с.

Ларичев О. И. Проблемы принятия решений с учетом факторов риска и безопасности // *Вестник АН СССР*. — 1987.— Т. 57, № 11. — С. 38–45.

Разработка индикаторов устойчивого развития / В. Б. Бритков, Р. Д. Зайцев, Р.А. Перелет, Г. В. Ройзензон // VII Всероссийская конференция «Теория и практика системной динамики». Материалы докладов. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — С. 15–19.

Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / Под ред. В. А. Владимирова, Ю. Л. Воробьева, Г. Г. Малинецкого, С. С. Салова. — М.: Наука, 2000. — 432 с.

Цыгичко В. Н., Черешкин Д. С. Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. — Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. — 224 с.

Литература

- Сидельников Ю. В.* Системный анализ экспертного прогнозирования. — М.: МАИ, 2007. — 453 с.
- Гвишиани Д. М., Лисичкин В. А.* Прогностика. — М.: Знание, 1968. — 93 с.
- 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.
- Прокопчина С. В.* Измерительные аспекты цифровизации социально-экономических процессов на основе регуляризирующего байесовского подхода // *Мягкие измерения и вычисления*. — 2019. — № 1(14). — С. 41–45.
- Тарасенко Ф. П.* Прикладной системный анализ. — М.: КноРус, 2017. — 224 с.
- Файншмидт Е. А., Юрьева Т. В.* Зарубежная практика антикризисного управления. — М.: Евразийский открытый институт, 2010. — 143 с.
- Фомин Я. А.* Диагностика кризисного состояния предприятия: Учебное пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 349 с.
- Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс. — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2019. — 1104 с.