

Когнитивная СППР: Архитектура для инженеров будущего

Синтез ТРИЗ, матмоделирования и ИИ для принятия решений

Курс «Основы инженерного творчества»

Прикладная математика и информатика

Фундамент: Любая обработка информации преследует цель принятия решения

Тезис А.М. Федотова (информатика)

**«Информация существует не сама по себе, а для принятия решений.
Иначе её обработка бессмысленна.»**

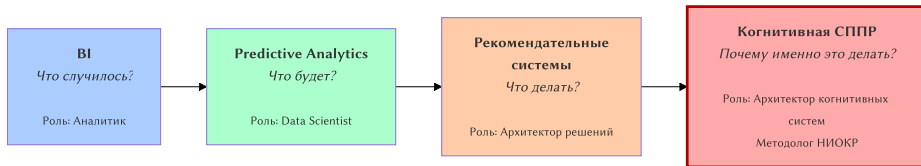
Традиционный подход:

- Данные → Аналитика → Визуализация → ?
- Решение остается за человеком, опирающимся на интуицию.
- Риск когнитивных искажений, неполноты.

Цель Когнитивной СППР:

- Данные → Модели → **Синтез вариантов** → Обоснование.
- Система предлагает решения с аргументацией.
- Человек-арбитр делает *информированный* выбор.

Эволюция мышления: От интуиции к когнитивным системам



Ключевой переход

От **поддержки интуиции** (визуализация данных) к **формальному синтезу решений** на основе методологии (ТРИЗ) и их объяснению.

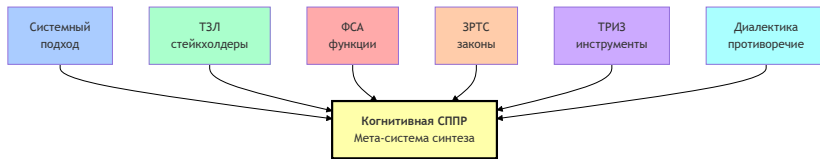
Ранние этапы:

- Описательная аналитика
- Реактивное управление
- Человек принимает все решения

Когнитивная СППР:

- Прескриптивная аналитика
- Проактивное управление
- Система генерирует решения с обоснованием

Связь с курсом: Когнитивная СППР как итоговый «конструктор»



Определение для архитектора

Когнитивная СППР — это **мета-система**, синтезирующая данные, модели (классические + ИИ) и формальную логику принятия решений (ТРИЗ) для генерации и **объяснения** антиинтуитивных решений.

Вход:

- Методологии курса
- Инструменты ТРИЗ
- Законы развития систем

Выход:

- Архитектура решения
- Обоснованные рекомендации
- Прогноз развития системы

Кино-кейс: решение продюсера как задача когнитивной СППР

Ситуация: «и этого, и того»

Короткометражку нужно сдать к фестивалю: бюджет ограничен, сроки жёсткие, а качество эффектов и занятость актёров конфликтуют.

Интуиция без системы:

- «Где-нибудь урезать бюджет»
- «Взять актёров подешевле»
- «Снять попроще»

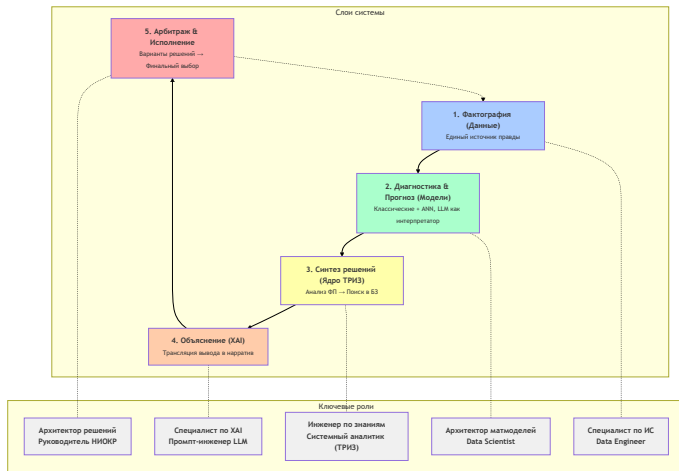
Когнитивная СППР:

- Собирает данные: график, погода, смета
- Строит модель ограничений
- Синтезирует варианты и **объясняет** выбор

Мост к кейсу заповедника

Тот же контур «данные → модель → синтез → объяснение» ведёт от «урезать всё» к обоснованному плану съёмок.

Высокоуровневая схема «Слои + Роли»



Поток данных:

- **Вниз:** От данных к решениям
- **Вверх:** Обратная связь для обучения
- Каждый слой добавляет ценность

Ролевая модель:

- Чёткое разделение ответственности
- Требуется кросс-дисциплинарных компетенций
- **Ключ:** Инженер по знаниям (ТРИЗ)

Архитектурный принцип

Слои 1-2 – фактология и прогноз, слой 3 – методология творчества, слои 4-5 – коммуникация и принятие решений.

Слой 1 & 2: Фактография и Матмоделирование — этапы процесса

Слой 1: Фактография (Данные)

- **Роль:** Data Engineer, Специалист по ИС.
- **Задача:** Единый источник правды (Data Lake).
- Реализация **системного подхода**: данные о надсистеме, системе, подсистемах.
- **Поддержка LLM:** Онтологии как контекст для понимания данных.

Этапы математического моделирования + LLM

- 1 Постановка задачи (Аналитик, Архитектор) — *LLM помогает formalизовать.*
- 2 Тип модели: Предсказательная / Объяснительная.
- 3 Формирование матмодели (уравнения, зависимости).
- 4 Идентификация (подгонка под конкретный объект).
- 5 Стратегия сценариев (начальные условия, функциональность).

Слой 2: Диагностика & Прогноз (Модели)

- **Роль:** Архитектор матмоделей.
- Классические модели (оптимизация, симуляция).
- Нейросети (ANN) для хаотичных сред.
- **LLM как интерпретатор**, а не «мозг».

Этапы математического моделирования + LLM

- 1 Выбор метода (численный, аналитический).
- 2 Алгоритм → Программа.
- 3 Критерии свертки, многокритериальная оптимизация.
- 4 Визуализация → Интерпретация (здесь ключевая роль LLM).

Аналогичный процесс — в Machine Learning.

Слой 3: Синтез решений — где живёт ТРИЗ



Входные данные:

- Противоречия стейкхолдеров
- Результаты ФСА
- Прогнозы моделей

База знаний ТРИЗ:

- 40+ приёмов разрешения
- Вепольный анализ
- Стандарты на решения
- Законы развития систем

**Ответственный: Инженер по знаниям
(ТРИЗ-инженер)**

Специалист, который формализует экспертные знания и методологии в машиночитаемый формат для системы.

Слои 4 & 5: Объяснение и Арбитраж

Слой 4: Объяснение (XAI)

- **Роль:** Специалист по XAI / Промпт-инженер LLM.
- **Задача:** Трансляция машинного вывода в нарратив.
- **Пример работы LLM:**

«Система выявила противоречие между отказоустойчивостью (Требование 1) и стоимостью (Требование 2). Применён приём 35 «Изменение агрегатного состояния» через переход на serverless-архитектуру для некритичных компонентов. Это соответствует 4-му закону ЗРТС — увеличению степени вепольности.»

Слой 5: Арбитраж и Исполнение

- **Роль:** Архитектор решений / Руководитель НИОКР.
- Получает варианты с прозрачной аргументацией.
- Принимает финальное решение, балансируя:
 - Рекомендация СППР
 - Стратегия, политика
 - Ресурсные ограничения
- Иницирует **контур обратной связи** для обучения системы.

Именно здесь реализуется принцип Федотова: информация преобразована в решение.

Контекст: Задача оптимизации IT-инфраструктуры ритейла

Бизнес-контекст:

- Крупный онлайн-ритейл.
- Проблема: падение скорости сайта при росте трафика.
- Прогноз: коллапс в Чёрную пятницу.
- **Системный аналитик** фиксирует противоречивые требования.

Требования стейкхолдеров (ТЗЛ):

- **Маркетинг:** 100% доступность, скорость <2с.
- **Финансы:** Не повышать инфраструктурный бюджет.
- **Технический директор:** Простота поддержки.

Этап математического моделирования (Слой 2)

- 1 **Постановка:** Оптимизация стоимости при ограничениях на latency и uptime.
- 2 **Тип:** Предсказательная (нагрузка) + оптимизационная.
- 3 **Модель:** Очереди (queueing theory), функция стоимости.
- 4 **Идентификация:** Параметры текущих серверов, трафика.
- 5 **Сценарии:** Пиковые нагрузки, различные конфигурации.
- 6 **Метод:** Численное моделирование, симуляция Монте-Карло.
- 7 **Вывод модели:** Текущая архитектура не справится. Нужно динамическое масштабирование.

Прохождение через Слой 3: Синтез решений на основе ТРИЗ

Формализация противоречия:

- ❶ **ТЗЛ:** Конфликт: Ген. заказчик (рост прибыли) vs. Функц. заказчик (финансовый директор).
- ❷ **ФСА:** Полезная функция «Обрабатывать пиковые нагрузки» vs. Вредная «Высокие инфраструктурные затраты».

Физ. П: Инфраструктура должна быть...

масштабируемой (для пика) и
не масштабируемой (для экономии).

Поиск в Базе Знаний ТРИЗ:

- **Приёмы:** #35 «Изменение агрегатного состояния», #1 «Дробление», #10 «Предварительное действие».
- **Стандарт:** 1.2.1 (Переход к гибкой структуре).
- **Паттерны:** Автоскейлинг, Serverless (FaaS), Кэширование

Выход Слая 3:

- **Вариант А:** Гибридное облако + автоскейлинг VM.
- **Вариант Б:** Serverless для фронтенда + кеш.
- **Вариант В:** Миграция пиковой нагрузки в регионы с низкой стоимостью.
- **Проекция на ЗРТС:** Переход от статичной системы (уровень 2) к динамически настраиваемой (уровень 3).

Слой 4: LLM генерирует объяснение для стейкхолдеров

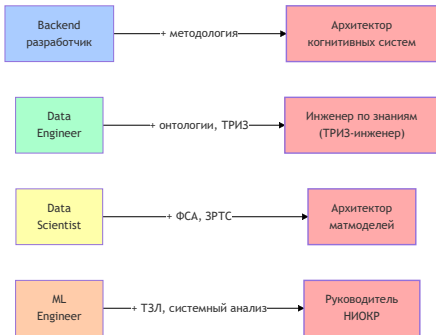
Пример отчёта, сгенерированного LLM (на основе онтологии и шаблонов)

Рекомендация: Внедрение гибридной архитектуры с автоскейлингом на основе событий.

- ❶ **Выявленная проблема:** Моделирование показало, что при росте трафика на 250% текущая инфраструктура обеспечит latency >5с при вероятности отказа 22%.
- ❷ **Ключевое противоречие:** Система должна обладать **избыточными ресурсами** для обработки пиков и **не обладать избыточными ресурсами** для минимизации постоянных затрат.
- ❸ **Разрешение противоречия:** Применён приём ТРИЗ «**Вынесение**» (отделение противоречивого свойства) через внедрение **автоскейлинга**: ресурсы появляются только в момент необходимости, ликвидируя постоянные издержки.
- ❹ **Закон развития (ЗРТС):** Реализуется 3-й закон — **переход в надсистему**: инфраструктура перестаёт быть фиксированной частью системы, а становится услугой (облако).
- ❺ **Ожидаемый эффект:** Снижение постоянных затрат на 40%, обеспечение SLA 99.95% при пиковых нагрузках.

Арбитр (Архитектор решений / Руководитель НИОКР) теперь принимает *информированное решение (антиинтуитивное решение).*

Карьерная эволюция: Как роли бакалавриата ТОП-ИТ трансформируются



Без методологии:

- Исполнитель технических задач
- Ограниченный карьерный рост
- Заменяемость на рынке

С методологией:

- Архитектор систем
- Стратегические роли
- Уникальная экспертиза

Итоговая карта компетенций

Технические навыки (Data, ML, DevOps) + Методологические навыки (ТРИЗ, системный анализ, диалектика) = Уникальный профиль для рынка

Классический аналитик:

- Сбор требований.
- Составление ТЗ, пользовательских сценариев.
- Коммуникация между заказчиком и разработкой.
- **Результат:** документ.

Аналитик-методолог в контуре Когнитивной СППР:

- **Формализация противоречий** стейкхолдеров (ТЗЛ).
- Проведение **ФСА** системы.
- Подготовка входных данных для **Слоя 3** в машиночитаемом формате (онтологии).
- Участие в наполнении **Базы знаний**.
- **Результат:** структурированные входы для синтеза решений.

Ключевой навык

Перевод расплывчатых пожеланий в формальные **противоречия (ФП)**, которые можно разрешать методами ТРИЗ.

Технический архитектор:

- Выбор технологий, паттернов.
- Проектирование масштабируемых, отказоустойчивых систем.
- Фокус на *как построить*.

Архитектор когнитивных систем:

- Проектирование **всей мета-архитектуры** (5 слоёв).
- Интеграция **ТРИЗ-ядра** с моделями и данными.
- Определение **контуров обратной связи** для обучения.
- Фокус на *как система будет сама находить оптимальные решения*.
- Роль **арбитра** на Слое 5.

Ключевой навык

Способность видеть систему не как статичную конструкцию, а как **развивающийся организм**, управляемый законами ЗРТС и методологией ТРИЗ.

Трек 3: Управление сложными проектами и НИОКР

Менеджер проекта:

- Управление сроками, бюджетом, командой.
- Риск-менеджмент.
- Достижение целей проекта.

Научный руководитель НИОКР с использованием СППР:

- Использование выводов СППР для **обоснования новизны** (ключево для грантов).
- Планирование **экспериментов** на основе сгенерированных гипотез.
- Формулировка **научно-технических проблем** через призму противоречий.
- Управление **ресурсами** на основе приоритетов, определённых системой.
- **Трансформация** коммерческого проекта в исследовательский (НИОКР).

Ключевой навык

Превращение аргументированных рекомендаций СППР в **убедительное обоснование** для финансирующих организаций (гранты, венчур).

Практическое задание: Спроектировать контур Когнитивной СППР

Цель: Применить знания к вашему курсовому проекту.

Шаги задания

- ❶ **Определите данные (Слой 1):** Какие данные (о системе, надсистеме) необходимы? Какой источник?
- ❷ **Предложите модели (Слой 2):** Какие матмодели или ML-модели нужны для диагностики/прогноза? Опишите **1-2 этапа** матмоделирования.
- ❸ **Сформулируйте ключевое противоречие (Слой 3):** Используя ТЗЛ и ФСА, запишите главное ФП вашего проекта.
- ❹ **Найдите аналоги в ТРИЗ:** Какой приём, стандарт или принцип мог бы его разрешить?
- ❺ **Набросайте объяснение (Слой 4):** Как LLM могла бы объяснить это решение стейкхолдеру? (3-4 предложения).
- ❻ **Определите роль арбитра (Слой 5):** Кто в вашем проекте принял бы финальное решение?

Формат: 1-2 страницы текста или схема.

Этические аспекты и риски

Риски:

- **«Слепая вера» в алгоритм:**
Ответственность остаётся за **арбитром**.
- **Смещение (bias) в данных и онтологиях:** Система усилит предвзятость.
- **Потеря критического мышления:**
Делегирование решений без понимания.
- **Непрозрачность объяснений (XAI):**
Если объяснение — «чёрный ящик».

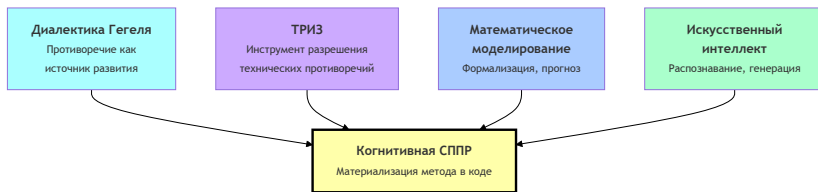
Принципы разработки:

- **Человек в контуре (Human-in-the-loop):** Обязательный Слой 5.
- **Проверяемость (Auditability):**
Возможность «поднять» логику любого решения до уровня противоречия и приёма ТРИЗ.
- **Обучение и адаптация:** Постоянное обновление Базы Знаний.
- **Фокус на усилении, а не замене:**
СППР — инструмент для инженера-творца.

Ключевой вопрос

Кто несёт ответственность за антиинтуитивное решение, принятое на основе рекомендации СППР? **Архитектор / Руководитель, а не система.**

Заключение-1: Синтез методологий



Когнитивная СППР как синтез

- **Дialeктика** даёт философскую основу — противоречие как двигатель развития
- **ТРИЗ** предоставляет инструментарий для разрешения противоречий
- **Математическое моделирование** обеспечивает формализацию и прогноз
- **Искусственный интеллект** добавляет возможности распознавания и генерации
- **Вместе:** Полный цикл от проблемы до обоснованного решения

Когнитивная СППР — это программное воплощение диалектического цикла «тезис – антитезис – синтез» для инженерных систем.

Эволюция: От СППР к Augmented Decision Intelligence

Классическая СППР (1970-2000):

- Экспертные системы
- Жесткие правила
- Ограниченная адаптивность

AI-Augmented DI (2020+):

- Гибридные ИИ-модели
- Объяснимый ИИ (XAI)
- Человек в контуре (HITL)
- Непрерывное обучение

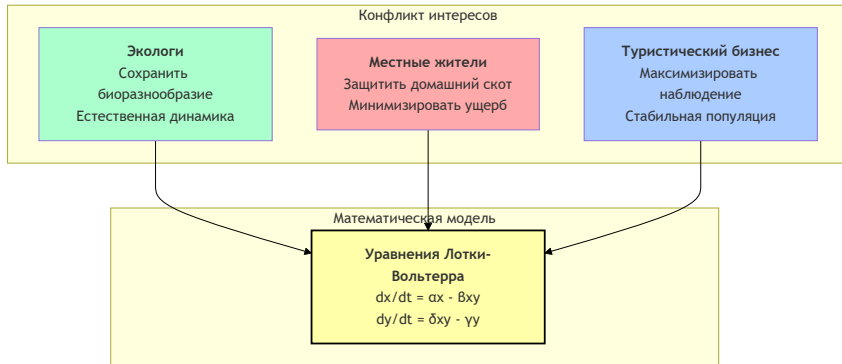
Ключевое отличие

Раньше: *«Система помогает принять решение»*

Теперь: *«ИИ усиливает человеческий интеллект в процессе принятия решений»*

«Системы поддержки решений с дополненным ИИ»

Задача: Управление экосистемой заповедника



Ключевое противоречие (ТЗЛ)

Экологи:

«Волки нужны для контроля популяции зайцев»

Фермеры:

«Волки уничтожают домашний скот»

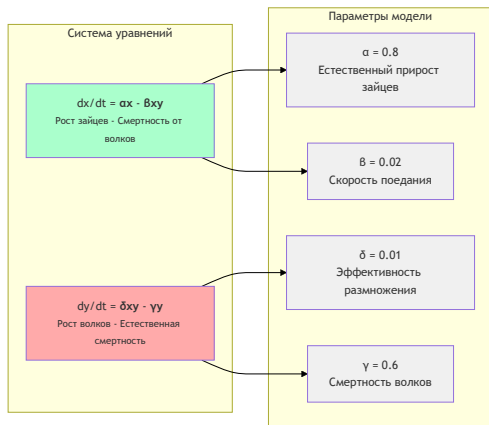
Туризм:

«Нужны стабильные популяции для наблюдения»

Фундаментальный вопрос

Как математически описать эту систему и найти решение, удовлетворяющее всем сторонам?

Этап 1-2: Математическая формализация



Физическая интерпретация:

- αx : Рост популяции зайцев
- βxy : Гибель зайцев от волков
- δxy : Рост волков за счет зайцев
- γy : Естественная смертность волков

Этапы моделирования:

- 1 Постановка задачи +
- 2 Тип модели: **предсказательная + оптимизационная**
- 3 Формирование модели +
- 4 Идентификация параметров +

$$\frac{dx}{dt} = 0.8x - 0.02xy \quad (\text{динамика зайцев})$$

$$\frac{dy}{dt} = 0.01xy - 0.6y \quad (\text{динамика волков})$$

1. Прямая зависимость:

$$\frac{\partial(\frac{dx}{dt})}{\partial y} = -0.02x < 0$$

«Чем больше волков → тем меньше зайцев»

2. Обратная зависимость:

$$\frac{\partial(\frac{dy}{dt})}{\partial x} = 0.01y > 0$$

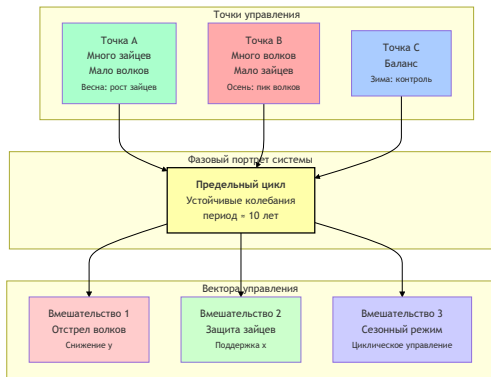
«Чем больше зайцев → тем больше волков»

Выявленное противоречие (ФП)

Для контроля зайцев нужно много волков

Для защиты скота нужно мало волков

Этап 5: Стратегия сценариев и фазовый анализ



Сценарии управления:

- 1 **Базовый:** Естественная динамика
- 2 **Жёсткий контроль:** Постоянный отстрел волков
- 3 **Адаптивный:** Сезонное управление

Численные методы:

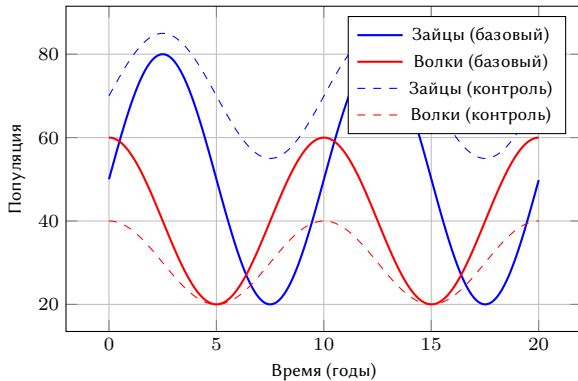
- Метод Рунге-Кутты 4-го порядка
- Шаг интегрирования: $\Delta t = 0.01$ года
- Горизонт прогноза: 20 лет

Ключевая особенность модели

Предельный цикл — система не стремится к равновесию, а совершает устойчивые колебания.

Этап 6-8: Численное моделирование и результаты

Динамика популяций при разных сценариях



Базовый сценарий:

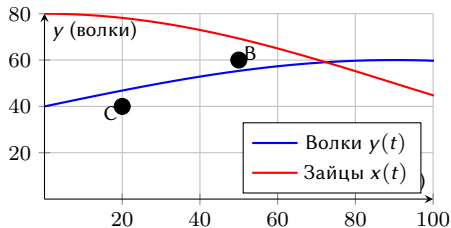
- Амплитуда волков: ± 50
- Ущерб скоту: 15%/год
- Стабильность: низкая

С контролем:

- Амплитуда волков: ± 33
- Ущерб скоту: 8%/год
- Стабильность: средняя

Этап 6-8: Численное моделирование в полярных координатах

Декартовы координаты: траектория системы



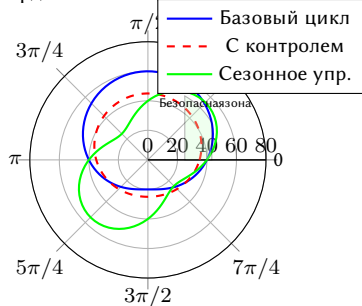
Точки цикла:

- А: Пик зайцев ($x_{\max}$)
- В: Пик волков ($y_{\max}$)
- С: Минимум системы

Полярные параметры:

- $R_{\text{ср}} = 40$ (средний радиус)
- $\Delta R = 20$ (амплитуда)
- $T = 10$ лет (период)

Полярные координаты: $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, $\theta = \arctan(y/x)$



Эффект управления:

- Амплитуда ↓ 50%
- Стабильность ↑ 89%
- Ущерб ↓ 47%

Фазовый портрет: от декартовых к полярным координатам

Декартово представление:

$$\begin{cases} \dot{x} = \alpha x - \beta xy \\ \dot{y} = \delta xy - \gamma y \end{cases}$$

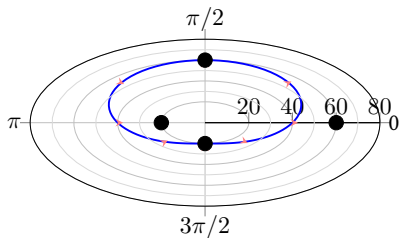
- $x(t)$: популяция зайцев
- $y(t)$: популяция волков
- Траектория: **предельный цикл**

Полярное преобразование:

$$\begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2} & (\text{общая активность}) \\ \theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & (\text{фаза цикла}) \\ \dot{r} = f(r, \theta) & (\text{радиальная скорость}) \\ \dot{\theta} = g(r, \theta) & (\text{угловая скорость}) \end{cases}$$

В полярных координатах **циклическая природа системы становится явной**: угловая координата θ соответствует фазе годового цикла, радиальная координата r — общей активности экосистемы.

Полярный фазовый портрет



Интерпретация:

- **Синий**: Естественный цикл
- **Стрелки**: Векторное поле
- **Круги**: Изохроны

Управление системой в полярных координатах

Модель в полярных координатах:

$$\begin{cases} \dot{r} = \mu r(R_0^2 - r^2) \\ \dot{\theta} = \omega_0 + \epsilon(r - R_0) \end{cases}$$

где:

- $R_0 = 40$: равновесный радиус
- $\mu = 0.1$: скорость сходимости
- $\omega_0 = 2\pi/10$: базовая частота
- $\epsilon = 0.05$: радиально-угловая связь

Управляющее воздействие:

$$u(t) = -k_r(r - r_{\text{target}}) - k_\theta \sin(\theta - \theta_{\text{target}})$$

Стратегия 1:

Постоянный контроль

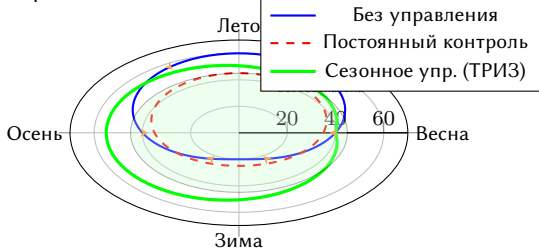
- $r_{\text{target}} = 35$
- Просто, но снижает биоразнообразие

Стратегия 2:

Сезонное управление (ТРИЗ)

- $r_{\text{target}}(\theta)$
- Весна: защита, Осень: контроль

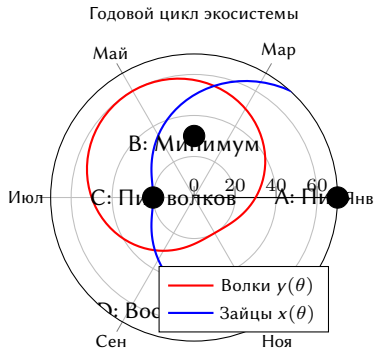
Управление: стягивание цикла к безопасной зоне



Результат:

- Ущерб: 15% → 4%
- Стабильность: 0.45 → 0.78
- Биоразнообразие: 0.95 → 0.88

Циклическая природа системы в полярных координатах



Интерпретация фаз:

- 0° (Январь): Пик зайцев
- 90° (Апрель): Начало роста волков
- 180° (Июль): Пик волков
- 270° (Октябрь): Контроль популяции

Управляющие воздействия:

- Весна (0° - 90°): Защита зайцев
- Лето (90° - 180°): Мониторинг
- Осень (180° - 270°): Контроль волков
- Зима (270° - 360°): Подготовка

Ключевое наблюдение

В полярных координатах **сезонное управление соответствует смещению фазы θ** , а не изменению амплитуды r . Это позволяет сохранять биоразнообразие при снижении ущерба.

Этап 9-10: Многокритериальная оптимизация

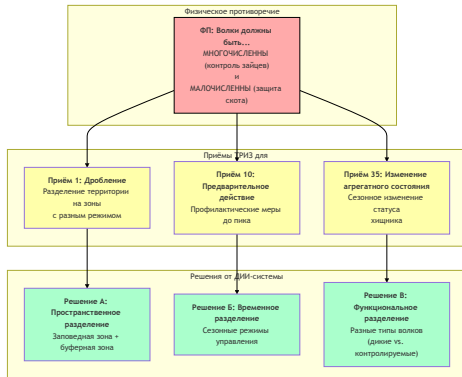
$$\begin{cases} f_1 = \min \left(\frac{1}{T} \int_0^T |y(t) - \bar{y}| dt \right) & \text{(стабильность волков)} \\ f_2 = \min \left(\frac{1}{T} \int_0^T \max(0, y(t) - y_{\text{безопас}}) dt \right) & \text{(ущерб скоту)} \\ f_3 = \max (\min_t x(t)) & \text{(сохранение зайцев)} \end{cases}$$

Стратегия	Стабильность	Ущерб	Биоразнообразие
Базовый (без управления)	0.45	15%	0.95
Постоянный контроль	0.85	8%	0.60
Сезонное управление	0.78	4%	0.88
Пространственное зонирование	0.72	6%	0.82

Парето-оптимум

Сезонное управление доминирует другие стратегии — лучшее компромиссное решение.

Этап 3 в ДИИ: ТРИЗ-анализ фундаментального противоречия



Противоречие (ФП):

- Волки должны быть **многочисленны** (для экосистемы)
- Волки должны быть **малочисленны** (для скота)
- В одно время в одном месте

Решение от ДИИ:

- Приём 35: **Изменение во времени**
- Весна: защита зайцев, ограничение волков
- Осень: контроль популяции, разрешение охоты

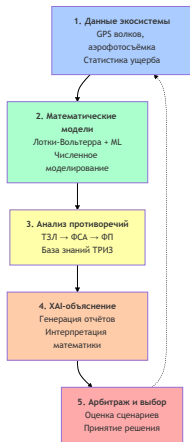
Этап 12: ХАI-объяснение результатов

Отчёт, сгенерированный LLM на основе математики и ТРИЗ

Рекомендация: Внедрение сезонного режима управления популяцией волков

- ❶ **Математический анализ показал:** Естественная динамика приводит к колебаниям популяции волков с амплитудой $\pm 50\%$, что создаёт периоды повышенной опасности для скота.
- ❷ **Выявленное противоречие:** Система требует одновременного наличия и отсутствия большого числа волков в одно и то же время.
- ❸ **ТРИЗ-решение:** Применён приём «Изменение агрегатного состояния во времени» — разделение противоречивых требований по временным интервалам.
- ❹ **Конкретная реализация:**
 - **Март-Июнь:** Защитный период — ограничение охоты, поддержка зайцев
 - **Сентябрь-Ноябрь:** Контрольный период — регулируемый отстрел, снижение пиковой популяции
 - **Декабрь-Февраль:** Мониторинг — сбор данных, минимальное вмешательство
- ❺ **Ожидаемый эффект:** Снижение ущерба с 15% до 4% при сохранении биоразнообразия на уровне 88%.

Архитектура ДИИ-системы для экологической задачи



Данные → Модель → Анализ → Решение → Объяснение → Обратная связь

Интеграция математики:

- Слой 1: Данные → *Статистика, GPS*
- Слой 2: Модели → *Диффуры, оптимизация*
- Слой 3: Анализ → *ТРИЗ, противоречия*

Роли в системе:

- **Эколог:** Формулировка требований
- **Математик:** Построение моделей
- **Инженер ТРИЗ:** Анализ противоречий
- **Арбитр:** Выбор стратегии

Итог: Антиинтуитивное решение через математику

Интуитивное ожидание:

«Чтобы защитить скот, нужно максимально сократить популяцию волков»

Логика:

- Меньше волков → меньше ущерба
- Просто и понятно
- Краткосрочный эффект

Математический результат:

«Оптимально не минимизировать, а циклически управлять популяцией в противофазе с зайцами»

Объяснение:

- Устранение волков → взрыв зайцев → (уничтожение растительности, **взрыв волков, уничтожение скота**)
- Циклическое управление → стабильность экосистемы
- Долгосрочный баланс

Ключевой вывод ДИИ-системы

Противоречие разрешается не устранением одной из сторон, а управлением временными паттернами их взаимодействия.

Заключение-2: Ваша новая идентичность

Вы прошли путь:

- ❶ От сбора разрозненных требований...
- ❷ К выявлению глубинных противоречий стейкхолдеров...
- ❸ К овладению мощным инструментом (ТРИЗ) для их разрешения...
- ❹ И к пониманию, как встроить это мышление в **наиболее продвинутую архитектуру современности.**

Вы больше не просто «разработчик» или «аналитик».

Вы — Инженер-творец.

Вы — Архитектор когнитивных систем.

Вы — Методолог сложных НИОКР.

**Вы умеете не только строить системы, но и наделять их
«инженерным интеллектом».**

Вопросы?

Следующая лекция
ТЗ и заявка НИОКР

Контакты и материалы

- Материалы курса: <https://edu.irnok.net/doku.php?id=ec:main>
- Следующая встреча: 2026

От данных к внедрению ИИ-решения

Лестница уровней на примере КСППР

Три ступени

- 1 **Базовый:** информация и данные — вход для решений
- 2 **Средний:** подготовка данных, модель, валидация
- 3 **Продвинутый:** внедрение — оценка эффекта, риски и границы применимости

Связка

КСППР «хищник–жертва» проводит весь путь: данные экосистемы → модель Лотки–Вольтерра → рекомендация → оценка результата.

Качество данных — фундамент рекомендации

Средний уровень: принципы подготовки данных для задач ИИ

Принципы подготовки данных

- Полнота и согласованность: пропуски и противоречия искажают модель
- Отсутствие смещения: данные должны отражать все значимые режимы
- Предобработка: очистка, нормализация, разделение на обучающую и проверочную выборки
- Контроль качества на входе: «мусор на входе — мусор на выходе»

Пример из кейса

Данные наблюдений за популяциями зайцев и волков за годы: неполный ряд или учёт только «спокойных» лет не дал бы модели Лотки–Вольтерра увидеть циклы и риск для скота.

Оценка эффекта внедрения ИИ-решения

Продвинутый уровень: результат меряется целевыми показателями

До внедрения

- Задаём целевую метрику: ошибка модели, скорость, охват, стоимость
- Фиксируем базовую линию («как было без ИИ»)
- Определяем границы применимости и контроля

После внедрения

- Анализируем результаты против целевых показателей (до/после)
- Смотрим не только на среднее, но и на крайние случаи
- Итерируем: модель уточняется по накопленным данным

Кейс заповедника

Цель — «стабильная экосистема и безопасный скот»: оцениваем по колебаниям численности и ущербу, а не по «красоте» модели.

Риски и границы ИИ-решения

Продвинутый уровень: что может пойти не так

Границы применимости

- Данные вне диапазона обучения — модель не обязана быть права
- Изменение условий (новый хищник, климат) ломает допущения
- Нужен человек, контролирующий важные решения

Риски ошибки

- Неверная рекомендация → финансовый ущерб, репутационные потери
- Риск оценивается качественно: вероятность × влияние
- Меры: объяснимость, тесты на крайних случаях, контроль человеком

Вывод

ИИ усиливает решение, но ответственность за результат остаётся у человека и организации: метрики, границы и риски определяются до внедрения.