

Математическая модель и задача оптимизации игры Каркассон

Глава 1: Описание игры и целевая задача

Дмитрий Игоревич Урбанович

Белорусский государственный университет
Механико-математический факультет

Минск, 2025

- **Эволюция ИИ:** От детерминированных игр (Шахматы, Го) к стохастическим средам.
- **Carcassonne (2000):** «Золотой стандарт» современных Eurogames.
- **Особенности для ИИ:**
 - Динамическое игровое поле.
 - Оптимизация ресурсов (миплы).
 - Стохастический выбор (закрытая колода).

Структура игрового процесса

Каждый ход состоит из 3 фаз:

- ➊ **Размещение тайла:** Соблюдение топологической связности.
- ➋ **Размещение мипла:** Захват объектов (дороги, города, монастыри, поля).
- ➌ **Подсчет и возврат:** Получение очков и освобождение ресурсов.



Экономика ресурсов и стратегическая глубина

- **Лимит миплов:** Всего 7 подданных на всю игру.
- **Проблема «замораживания»:** Риск потери мобильности на долгостроях.
- **Конкуренция:** Механики слияния и разделения объектов.
- **Мета-игра:** Блокировка соперника («мертвые города») и психологическое давление.

Система подсчета очков (Таксономия)

Объект	Очки	Сложность ИИ
Дороги	1/тайл	Низкая (Тактика)
Города	2/тайл + бонусы	Средняя (Геометрия)
Монастыри	9 (фикс)	Средняя (Окружение)
Поля	3 за кажд. город	Высокая (Стратегия)

Комбинаторная сложность

- **Пространство состояний:** $\sim 10^{40}$ (нижняя граница).
- **Дерево игры:** $\sim 10^{194}$.
- **Branching Factor:** До 500+ вариантов на один ход в середине партии.
- **Сравнение с шахматами:** Сложнее из-за динамического поля и стохастичности.

Проблематика алгоритмического решения

- **Action Gap:** Разрыв между стратегическим планом ИИ и тактическим выбором координат.
- **Неопределенность:** Неизвестности будущего тайла требует вероятностного анализа.
- **Ограничения MCTS:** Стохастический шум мешает оценке долгосрочных полевых стратегий.

- ① **Эвристики (Star2.5):** Быстро, но предсказуемо и без стратегии.
- ② **MCTS:** Мощный поиск, но «шумный» в Каркассоне.
- ③ **Hybrid AI (LLM + Logic):**
 - Генерал (LLM): Стратегическое планирование.
 - Солдат (Logic): Тактическое исполнение.

Цели и задачи исследования

Цель: Разработка гибридной архитектуры ИИ (LLM + MCTS) для оптимизации стратегии. **Задачи:**

- ① Реализация MCP-сервера для игрового движка.
- ② Разработка агента «Генерал-Солдат».
- ③ Исследование методик **Tree of Thoughts** и **Reflexion**.
- ④ Сравнительный анализ эффективности в турнирах.

Спасибо за внимание!

Вопросы?