

9-я Международная конференция по глубокому обучению  
в вычислительной физике,  
2-4 июля 2025 г., НИИЯФ МГУ, Москва, Россия

**Камни: Коллективная игра между агентами разнообразных типов,  
разработанная для изучения взаимодействия  
человека и искусственного интеллекта  
в многоагентной среде**

Чернов К.Н.<sup>1</sup>, Исаев И.В.<sup>2</sup>, Гуськов А.А.<sup>1,2</sup>, Куприянов Г.А.<sup>1,2</sup>,  
Макаров А.С.<sup>1</sup>, Муцина А.С.<sup>1,2</sup>, Самсонович А.В.<sup>3</sup>, Доленко С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup> НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

# Описание игры

## Общая концепция

### На игровом поле находятся:

- некоторое количество камней
- агенты разных типов

Агенты могут перемещаться от камня к камню и убирать их

**Камень убирается**, если на нем одновременно находятся **ровно два агента** 🕵️🕵️

**Игра заканчивается**, когда на поле остается **два или менее камней**

**Кооперативная цель игры** – убрать все камни за **наименьшее** число ходов

Итерация 4

🎮 Состояние игры:

Камень 1	✓	–
Камень 2	✗	Гоша(1), Марк(1)
Камень 3	✓	–
Камень 4	✗	–
Камень 5	✓	🕵️ Вы(0)
Камень 6	✗	–
Камень 7	✓	–
Камень 8	✓	–
Камень 9	✓	–
Камень 10	✓	Рита(1)
Камень 11	✓	–
Камень 12	✗	Яся(2), Жора(2)
Камень 13	✓	–
Камень 14	✓	–
Камень 15	✗	Оскар(1), Вера(1)
Камень 16	✓	Лора(1)
Камень 17	✓	–
Камень 18	✓	Олег(0)
Камень 19	✓	–
Камень 20	✓	–

21:28

# Типы агентов

Случайный (базовый) агент – простейший необучаемый агент

## Принцип работы:

- Каждый ход агент **выбирает камень случайно**
- Может также выбрать положение «не у камней»
- Не учитывает действия других агентов

# Типы агентов

Агенты-двойки – агенты с кооперативным поведением

## Принцип работы:

- Работают в паре (**лидер + ведомый**)
- Лидер на данной итерации выбирает случайный свободный камень
- Ведомый на следующей итерации выбирает камень, на котором находится лидер (и они вдвоем убирают этот камень)

# Типы агентов

Агенты-тройки – кооперативные агенты с лидером и двумя ведомыми

## Принцип работы:

- Лидер находит свободный камень и перемещается к нему
- На следующем ходе:
  - Ведомые идут к камню, где находился лидер, и убирают этот камень
  - Сам лидер переходит на другой свободный камень (для новой координации)

# Типы агентов

VICA-агент – когнитивный агент с адаптивным поведением

## Принцип работы:

- Имеет игровые параметры:
  - Любознательность → вероятность выбрать камень самому
  - Активность → вероятность сделать ход
  - Доверие → уровень доверия к каждому из других агентов
- Принятие решений:
  - С вероятностью любознательности → выбирает случайный камень
  - Иначе → следует за агентом с максимальным доверием
  - Если активность **низкая** → пропускает ход
- Адаптация:
  - При успехе → повышает активность и доверие
  - При неудаче → **снижает активность и доверие**

# Типы агентов

Нейро-агент – агент на основе нейронной сети, имитирующий поведение других агентов

## Принцип работы:

- Обучение нейросети (НС):
  - НС обучается на записях игр, минимизируя отличие от поведения агента заданного типа
  - Цель: предсказать, выбрал бы целевой агент конкретный камень
- Обработка данных:
  - Каждую итерацию система разбивается на пары «агент-камень»
  - Для каждой пары формируется желаемый ответ (выбрал или нет)
- Принятие решений:
  - НС оценивает «привлекательность» каждого камня для данного агента
  - Агент выбирает камень с максимальной привлекательностью

# Типы агентов

Агент-человек – интерактивное управление игрой человеком

## Принцип работы:

- Реализация через Telegram-бота
  - Пользователь активирует бота командой /start
  - Бот запрашивает конфигурацию игры и начинает ее
- Игровой процесс:
  - Вывод состояния игрового поля на каждой итерации
  - Возможность человеку выбрать камень для совершения хода

# Игровая оболочка

## Структура и функционал

### 1) Классы агентов:

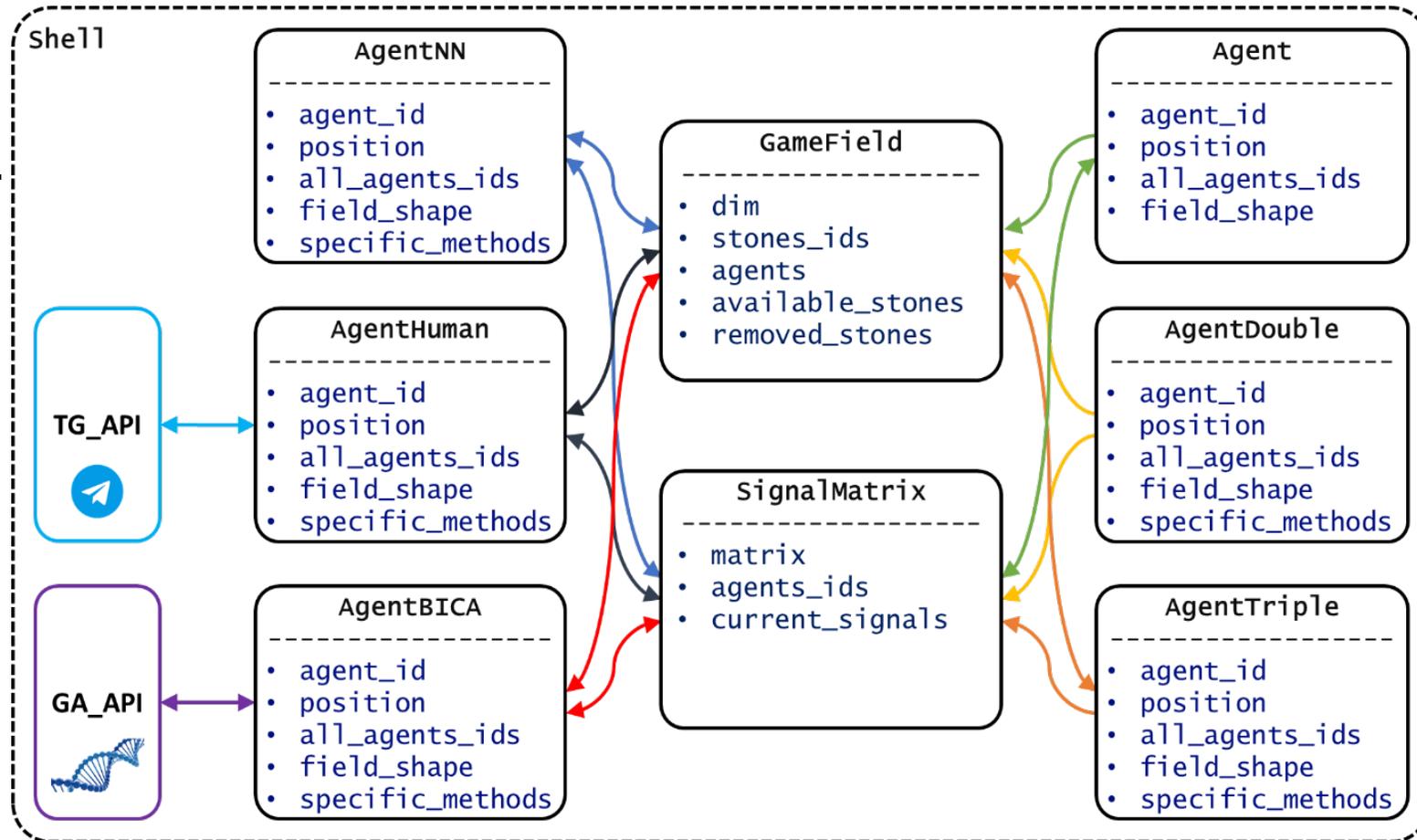
- RandomAgent, AgentDouble и т.д.

### 2) Игровое состояние:

- Позиции камней и агентов
- Их состояния
- Матрица сигналов

### 3) Игровой процесс:

- Итерации ходов
- Логирование в БД
- Telegram API



# Перенумерация объектов для агентов

## 1. Принцип перенумерации

- Каждый агент видит камни и других агентов **со своей нумерацией**.

Пример:

- Камни: [локальный\_ID: глобальный\_ID] = {0: 3, 1: 1, ...}
  - Агенты: [локальный\_ID: глобальный\_ID] = {0: 1861, 1: 1862, ...}
- Оболочка сопоставляет локальную нумерацию с глобальной

## 2. Зачем это нужно?

- Устраняет возможную зависимость поведения агентов от глобальной нумерации

# Интерфейс telegram-бота

Итерация 4

🎮 Состояние игры:

Камень 1  | –  
Камень 2  | Гоша(1), Марк(1)  
Камень 3  | –  
Камень 4  | –  
Камень 5  |  Вы(0)  
Камень 6  | –  
Камень 7  | –  
Камень 8  | –  
Камень 9  | –  
Камень 10  | Рита(1)  
Камень 11  | –  
Камень 12  | Яся(2), Жора(2)  
Камень 13  | –  
Камень 14  | –  
Камень 15  | Оскар(1), Вера(1)  
Камень 16  | Лора(1)  
Камень 17  | –  
Камень 18  | Олег(0)  
Камень 19  | –  
Камень 20  | –

21:28

Сделайте ход:

21:28

Камень 1 

Камень 2 

Камень 3 

Камень 4 

Камень 5 

Камень 6 

Камень 7 

Камень 8 

Камень 9 

Камень 10 

Камень 11 

Камень 12 

Камень 13 

Камень 14 

Камень 15 

Камень 16 

Камень 17 

Камень 18 

Камень 19 

Камень 20 

Не у камней

# Основные задачи исследования

## 1. Исследование обучения агентов

- ВИСА-агенты (обучение оптимизационным алгоритмом)
- Нейро-агенты

## 2. Эволюционная оптимизация нейро-агентов (эволюция глубокого обучения – ЭГО)

## 3. Исследование взаимодействия агента-человека с контрагентами разных типов

- Обучение нейро-агента с прототипом-человеком
- Обучение человека в процессе игры

### Цель исследования:

Разработка стратегии обучения оптимального агента

(адаптивное создание «слабого (частного)» искусственного интеллекта)

# Эволюционная оптимизация ВІСА-агентов

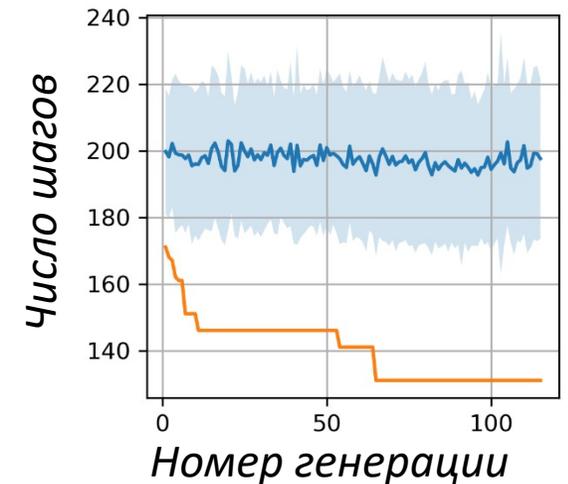
## 1. Постановка задачи:

- Поиск параметров ВІСА-агентов для эффективной кооперативной работы.
- Конфигурация игры: 5 ВІСА-агентов, 5 случайных агентов, игровое поле из 100 камней.
- Минимизируемая величина: количество шагов до уборки всех камней (за исключением 2 последних камней).

## 2. Эволюционный алгоритм:

- Генетический алгоритм (ГА) и его гендерная модификация (ГГА).
- Описание ГА:
  - Бинарное кодирование вещественных признаков в хромосомах;
  - Одноточечный оператор скрещивания;
  - Однобитовая мутация;
  - 50 / 160 индивидуумов в популяции
  - Стратегия элитизма.

Пример динамики эволюции

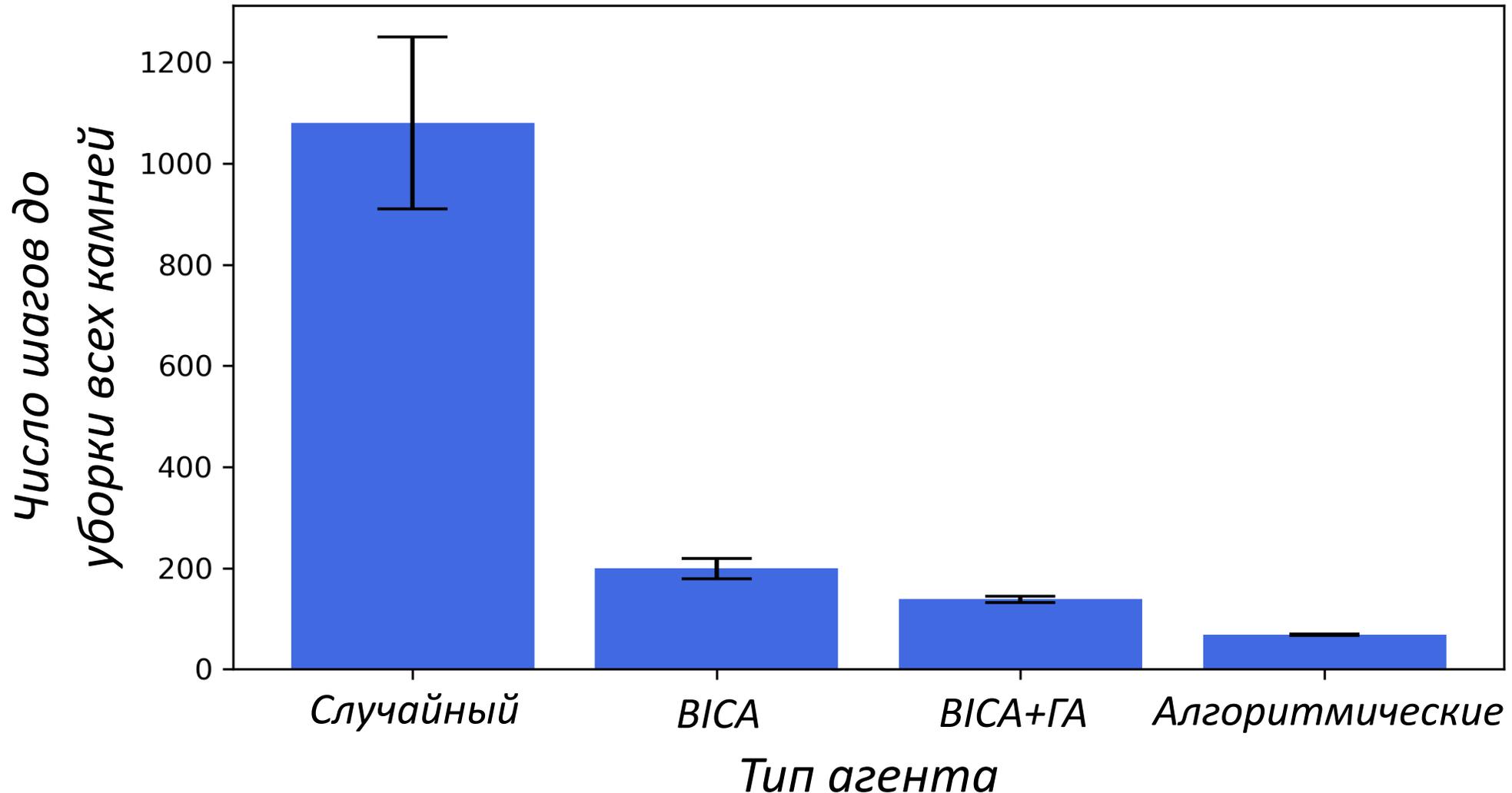


— Популяционное среднее

— Популяционное лучшее

# Эволюционная оптимизация ВІСА-агентов

Сравнение скорости уборки камней разными типами агентов



# Возможные варианты усложнения игры

## 1. Введение отправки сигналов агентами

- Широковещательные сигналы (всем)
- Направленные сигналы (конкретному контрагенту)
- Сигналы различных типов (смысл сигнала жестко задан или определяется адаптивно)

## 2. Обучение агентов с подкреплением (в процессе игры)

## 3. Три типа поведения (постановки цели игры)

- Кооперативное поведение  
(убрать нужное количество камней всем сообществом за минимальное количество шагов)
- Конкурентное поведение  
(убрать за игру максимальное количество камней данным агентом)
- Агрессивное поведение  
(максимизировать разность числа камней, убранных данным агентом и соперниками)

## 4. Введение пространственных координат камней и агентов (и метрики расстояния)

- Перемещение агентов от камня к камню может занимать несколько ходов
- Конечное время распространения сигнала

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**