



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

## « Методы координации агентов в многоагентных системах»

Выполнил:

студент 4 курса группы ИУ7-76Б  
Дремин Кирилл Александрович

Научный руководитель:

Москвичев Николай Владимирович

Москва, 2024

# Цель и задачи

**Цель:** сравнить методы координации агентов применительно к задаче визуального контроля критических областей.

**Задачи:**

1. Провести анализ предметной области и описать рассматриваемую многоагентную систему.
2. Выделить характеристики для классификации и сравнения методов координации агентов в многоагентных системах.
3. Формализовать математические описания рассматриваемых методов.
4. Провести сравнительный анализ методов по ключевым характеристикам.

# Задача координации агентов

---

Цель координации агентов – обеспечение визуального контроля критических областей и устранение угроз

Агенты:

- ❖ Действуют независимо
- ❖ Обладают одинаковыми параметрами и возможностями
- ❖ Перемещаются
- ❖ Обзор ограничен препятствиями

# Описание предметной области

---

Навигационная карта задана графом, где вершинам соответствуют области в виде выпуклых многоугольников:

$$G = (V, E), N = \bigcup_{v \in V} A_v, A_v \subset \mathbb{R}^2$$

Агенты:

- ❖ Максимизируют визуальное покрытие областей
- ❖ Нейтрализуют угрозы
- ❖ Охраняют критические области

# Методы: потенциальные поля, метод ролей, рой частиц

---

## Метод потенциальных полей:

Агенты движутся в соответствии с градиентом потенциала, создаваемого угрозами и критическими точками:

$$\dot{p} = -\nabla V(p)$$

## Метод роя частиц:

Агенты перемещаются, координируя направление движения с соседними агентами, но не приближаясь слишком быстро, стремясь достичь визуального покрытия всей области и нейтрализовать угрозы:

$$\dot{p} = f_{\text{притяжения}}(p) + f_{\text{избегания}}(p) + f_{\text{выравнивания}}(p) + f_{\text{опасность}}(p) + f_{\text{угроза}}(p) + f_{\text{покрытие}}(p)$$

## Метод ролей:

Агент получает одну из возможных ролей, минимизируя стоимость её назначения:

$$r = \operatorname{argmin}_{r \in R} C(r, p, U, T), \text{ где}$$

$C(r, p, U, T)$  - функция стоимости назначения роли  $r$  агенту, зависящая от функции опасности  $U$  и набора угроз  $T$

# Методы: теоретико-игровой, обучение с подкреплением

---

## Теоретико-игровой метод:

Агенты формируют математическую модель игры и находят оптимальную стратегию, соответствующую равновесию Нэша:

$$U(s_{-i}^*, s_i^*) \geq U(s_{-i}^*, s_i), \forall s_i \in S_i$$

В случае обнаружения угрозы, стратегия агентов меняется и выбирается стратегия, приводящая к её нейтрализации.

## Метод обучения с подкреплением:

Среда представляется в виде марковского процесса принятия решений:

$$(S, A, P, R, \gamma)$$

Агенты обучаются максимизации функции награды при помощи Q-обучения или глубокого Q-обучения во время симуляции среды

Обученные агенты действуют в системе согласно приобретенным стратегиям

# Критерии сравнения методов и сравнительная таблица

Метод	Тип взаимодействия	Область восприятия	Распределение задач	Сложность	Гибкость	Правдоподобие
Потенциальные поля	Децентрализованный	Локальная	Динамическое	$O(a \cdot (c + b + t))$	Высокая	Высокая
Ролей	Централизованный	Глобальная	Динамическое	$O(a \cdot (v + c + t))$	Высокая	Высокая
Рой частиц	Децентрализованный	Локальная	Динамическое	$O(a \cdot (N_t + v + t))$	Низкая	Высокая
Теоретико-игровой	Централизованный	Локальная	Статическое	$O(a \cdot v^2)$	Высокая	Низкая
Обучения с подкреплением	Децентрализованный	Локальная	Статическое	$O(a)$	Высокая	Высокая

# Заключение

**Достигнута поставленная цель:** проведено сравнение методов координации агентов применительно к задаче визуального контроля критических областей.

**Все задачи решены:**

1. Проведен анализ предметной области и описана рассматриваемая многоагентная система.
2. Выделены характеристики для классификации и сравнения методов координации агентов в многоагентной системе.
3. Формализованы математические описания рассматриваемых методов.
4. Проведен сравнительный анализ методов по ключевым характеристикам.