



Децентрализованное решение задачи о назначениях целей группе роботов

Кромачев М.А., гр. 5030102/10201




СПбПУ Петра Великого
Физико-механический институт

Научный руководитель: доц., к.ф.-м.н. И.Е. Ануфриев
18 июня 2025 г.

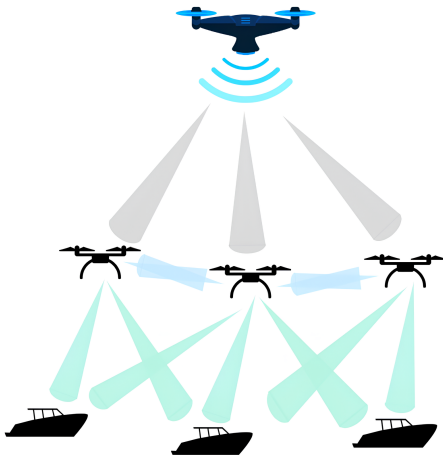
Содержание

- Сущность задачи
- Обзор возможных робототехнических систем
- Положения, выносимые на защиту
- Формальная постановка задачи
- Венгерский метод
- Алгоритм аукциона
- Модификация алгоритма аукциона
- Результаты экспериментов
- Выводы и перспективы

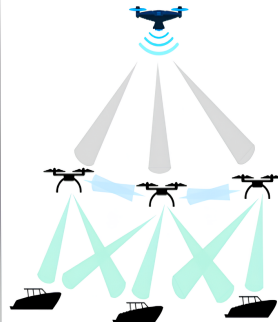
Сущность задачи

- Цели 
- Роботы 
 - Радиус связи
 - Область видимости
- Центр управления 
- Погрешность определения координат целей

MRTA(Multi-Robot Task Allocation)



Обзор возможных робототехнических систем



Положения, выносимые на защиту

- Принятые допущения:
 - Все роботы имеют одинаковый и неизменный радиус связи
 - Все роботы обладают одинаковыми скоростями движения
 - Каждый робот видит все цели
 - Точность определения координат целей одинакова для всех роботов
 - Не учитываются динамические системы роботов
- Постановка задачи
- Итерационный децентрализованный алгоритм назначения целей роботам:
 - Учет ограничений связи (R)
 - Управление точностью решения через параметр (ε)
- Результаты исследований
- Выводы о применимости

Формальная постановка задачи

Дано:

- Множество роботов $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$.
- Множество целей $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$.
- Матрица выгод $A = \{\alpha_{ij}\}$, где α_{ij} — выгода от назначения робота i цели j .

Цель: Максимизировать суммарную выгоду

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{ij_i} \rightarrow \max,$$

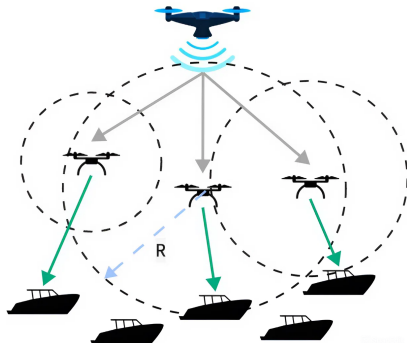
где j_i — цель, назначенная роботу r_i .

Ограничения:

- Каждый робот получает не более одной цели:
 $\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1, \forall i = 1, \dots, n.$
- Каждая цель назначается не более чем одному роботу:
 $\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1, \forall j = 1, \dots, m.$
- $x_{ij} \in \{0, 1\}$, где $x_{ij} = 1$, если робот i назначен цели j , иначе $x_{ij} = 0$.

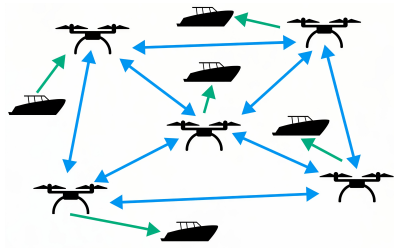
Венгерский метод

- Единый центр управления (централизованный подход)
- Гарантирует точное оптимальное решение
- Вычислительная сложность: $O(n^2 * m)$



Алгоритм аукциона

- Нет единого центра управления
- Имитирует процесс торгов
- Параметр ε контролирует точность
- Требуется полная связь между роботами
- Число итераций $\sim m \cdot C/\varepsilon$



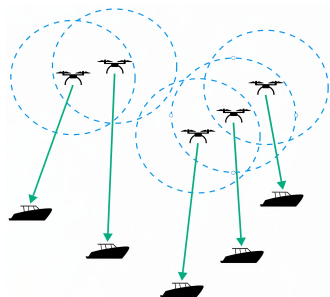
Описание аукционного алгоритма

- **Инициализация:**
 - Установить цены целей: $p_j = 0, \forall j$.
 - Назначения роботов пустые.
- **Итерация для каждого робота i :**
 - Выбрать цель: $j_i = \arg \max_j \{\alpha_{ij} - p_j\}$ (макс. выгода).
 - Вычислить:
 - ▶ $v_i = \max_j \{\alpha_{ij} - p_j\}$ (макс. выгода).
 - ▶ $w_i = \max_{j \neq j_i} \{\alpha_{ij} - p_j\}$ (вторая по величине выгода).
 - Переназначить робота i на цель j_i .
 - Обновить цену: $p_{j_i} \leftarrow p_{j_i} + (v_i - w_i + \varepsilon)$.
- **Условие завершения:** Все роботы «почти счастливы».
- **«Почти счастье»:**

$$\alpha_{ij_i} - p_{j_i} \geq \max_j \{\alpha_{ij} - p_j\} - \varepsilon.$$

Модификация алгоритма аукциона

- Нет единого центра управления
- Ограниченная связь между роботами (внутри связанных компонент)
- Полная видимость целей для всех роботов
- Разделение роботов на связанные компоненты по графу связи
- Независимый аукцион в каждой компоненте



Результаты экспериментов

Выводы и перспективы