

# АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КОЛЛЕКТИВА РОБОТОВ

В.В. Воробьев



Национальный  
исследовательский  
центр  
«КУРЧАТОВСКИЙ  
ИНСТИТУТ»

# ВВЕДЕНИЕ

- Кластеризация – выделение устойчивых групп элементов (роботов) из некоторого их множества
- Кластеризация <> Кластерный анализ
- Проблема управляемости:

$$t_{KY} = (t_{\text{ПОУ}} + t_{\text{ПИ}})N \cdot K$$

- Необходимо, чтобы выполнялось условие:  $t_{KY} \leq \tau_p$

- Следовательно: 
$$N_{\text{max}} = \frac{\tau_p}{K(t_{\text{ПОУ}} + t_{\text{ПИ}})}$$

- Решение задачи функциональной дифференциации
- Задача поиска выхода из лабиринта/исследования местности

# ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

- Задача – реализация алгоритма кластеризации в группе роботов (управление, функциональная дифференциация и т.д.)
- Ограничения:
  1. Централизованная архитектура группы – есть лидер, который запускает процедуру кластеризации
  2. Исключительно локальный характер взаимодействия роботов с соседями
  3. Общая структура роя никому заранее неизвестна
  4. Важно, чтобы схема соединений роботов не нарушалась в процессе кластеризации (Статический рой)
  5. Численность роботов внутри кластера не известна – известно только число кластеров

# АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

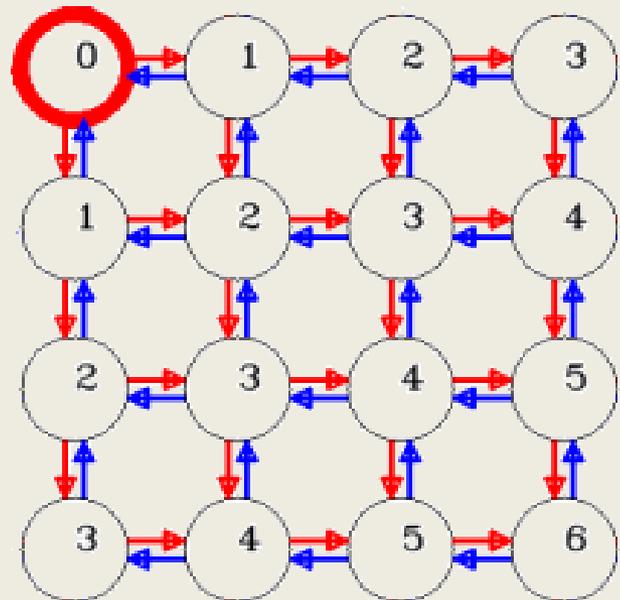
- Иерархическая кластеризация – дробление большого числа роботов на более мелкие части или объединение мелких частей в более крупные по пространственному или функциональному признакам
- Последовательная кластеризация – обеспечивает перераспределение роботов между кластерами
- Безрезервная последовательная кластеризация
- Динамическая кластеризация
- Метод пересекающихся кластеров
- Метод “бразильского ореха”
- Метод “token’ов”
  
- Локальное взаимодействие либо не учитывается, либо ведет к серьезному увеличению времени работы алгоритма

# ЛОКАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

- Задача передачи данных от лидера периферии. Решается путем ретрансляции сообщений.
- Время передачи в таком случае будет  $O(S)$ , где  $S$  – число роботов между лидером и периферийным роботом, включая последнего.

## ■ Пример:

- Черными кругами выделены роботы
- Красный круг – лидер
- Цифры – число роботов, до лидера
- Синие стрелки – потоки данных (сенсорика)
- Красные стрелки – потоки команд



# ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

## Алгоритм K1(M). Кластеризация

A – элемент роя (узел), N – количество соседей узла A,  $C_i$  – i-й сосед узла, M – количество частей, на которые необходимо разделить рой,  $P_c$  – номер части роя, к которой принадлежит узел-сосед, PA – номер части роя, к которой принадлежит узел A, I – целочисленный результат деления M на N, k – остаток от деления M на N, Memc – информация о необходимости дальнейшего деления, хранящаяся в узле C, MemA – информация о необходимости дальнейшего деления, хранящаяся в узле A.

### Процедура K1.

**if M>N then** – Если число частей, на которые необходимо разделить больше числа соседей лидера.

    I = M/N, k = M%N

end if

**if A- лидер then**

**for** i:=1 to N [step 1] **do** – Цикл по соседям лидера

**if**  $C_i$  еще не принял сообщение о роении **then**

$C_i$  принимает запрос о роении.,  $P_c = i$

**if M>N and I <> N then**

                Memc= I

**end if**

**if M>N and i == N then**

                Memc= k

**end if**

**end if**

**end for**

    A – не лидер

end if

**if A- принял сообщение then**

**for** i:=1 to N [step 1] **do**

**if**  $C_i$  еще не принял сообщение о роении **then**

$C_i$  принимает запрос о роении.

$P_c = PA$

            Memc = MemA

**end if**

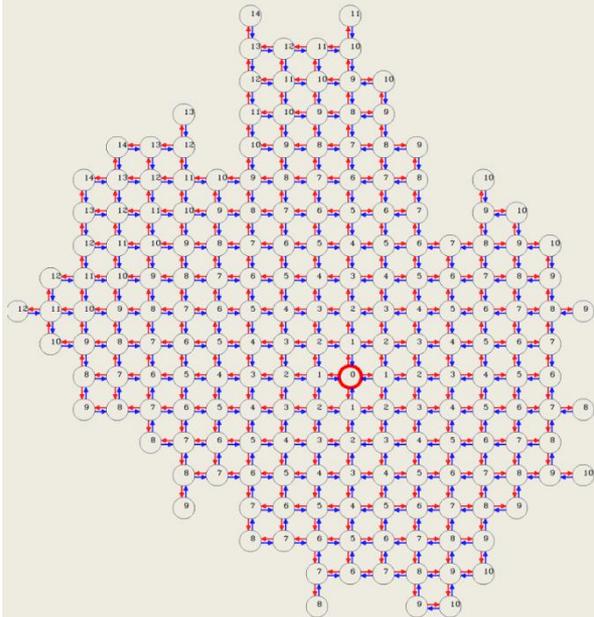
**end for**

    Выбор лидера

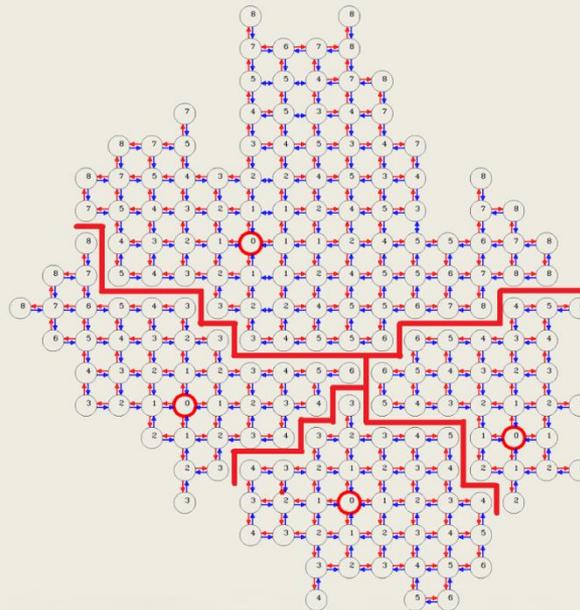
end if

# ПРИМЕР КЛАСТЕРИЗАЦИИ

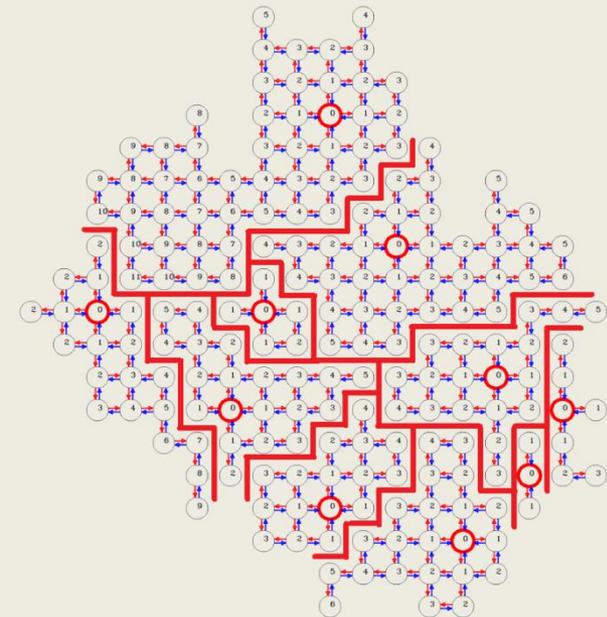
- Число кластеров – 10, число соседей лидера в начале – 4
- Лидеры отмечены красным кругом



Начало кластеризации



Промежуточный этап

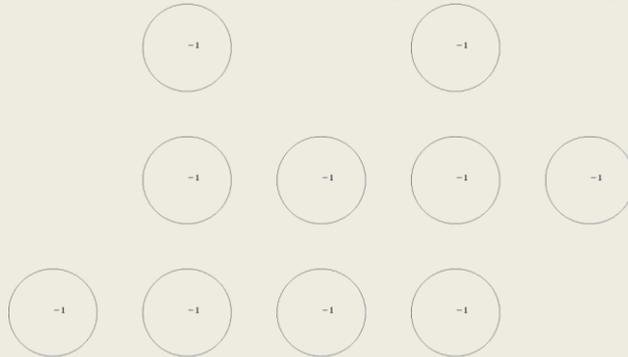


Конец процедуры

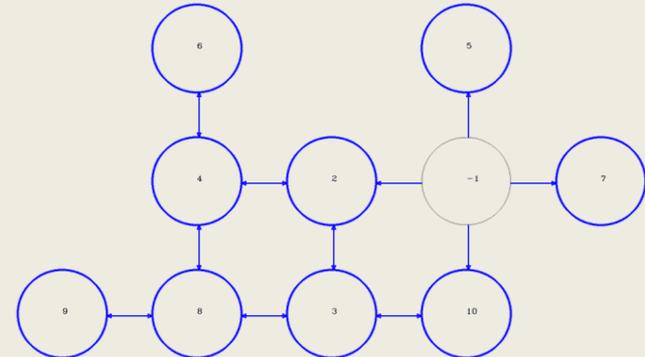
# ВЫБОР ЛИДЕРА В НОВОМ КЛАСТЕРЕ

- Периферийные роботы инициируют выбор лидера, роботы, получившие сигнал передают его дальше и т.д.
- Во время данного процесса подсчитывается количество уникальных соседей каждого робота.

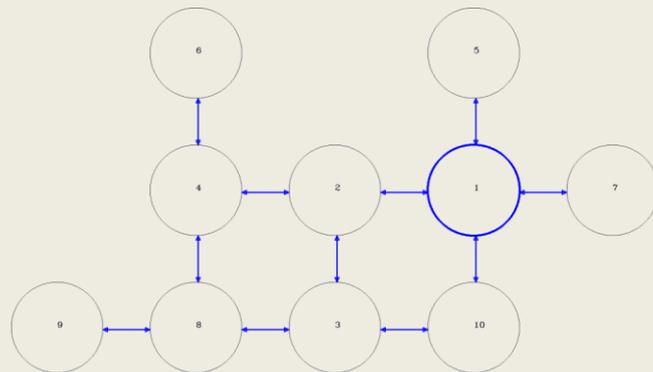
T = 0



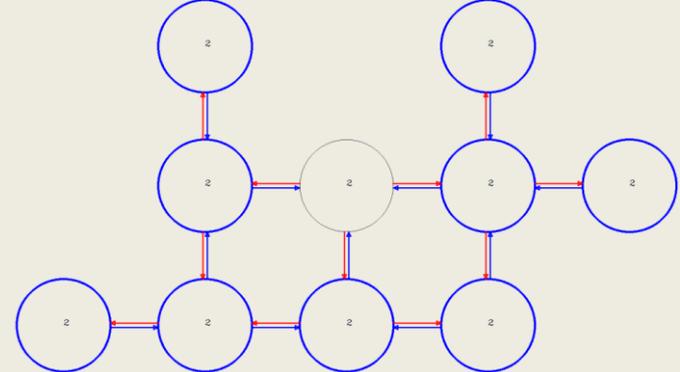
T = 1



T = 3

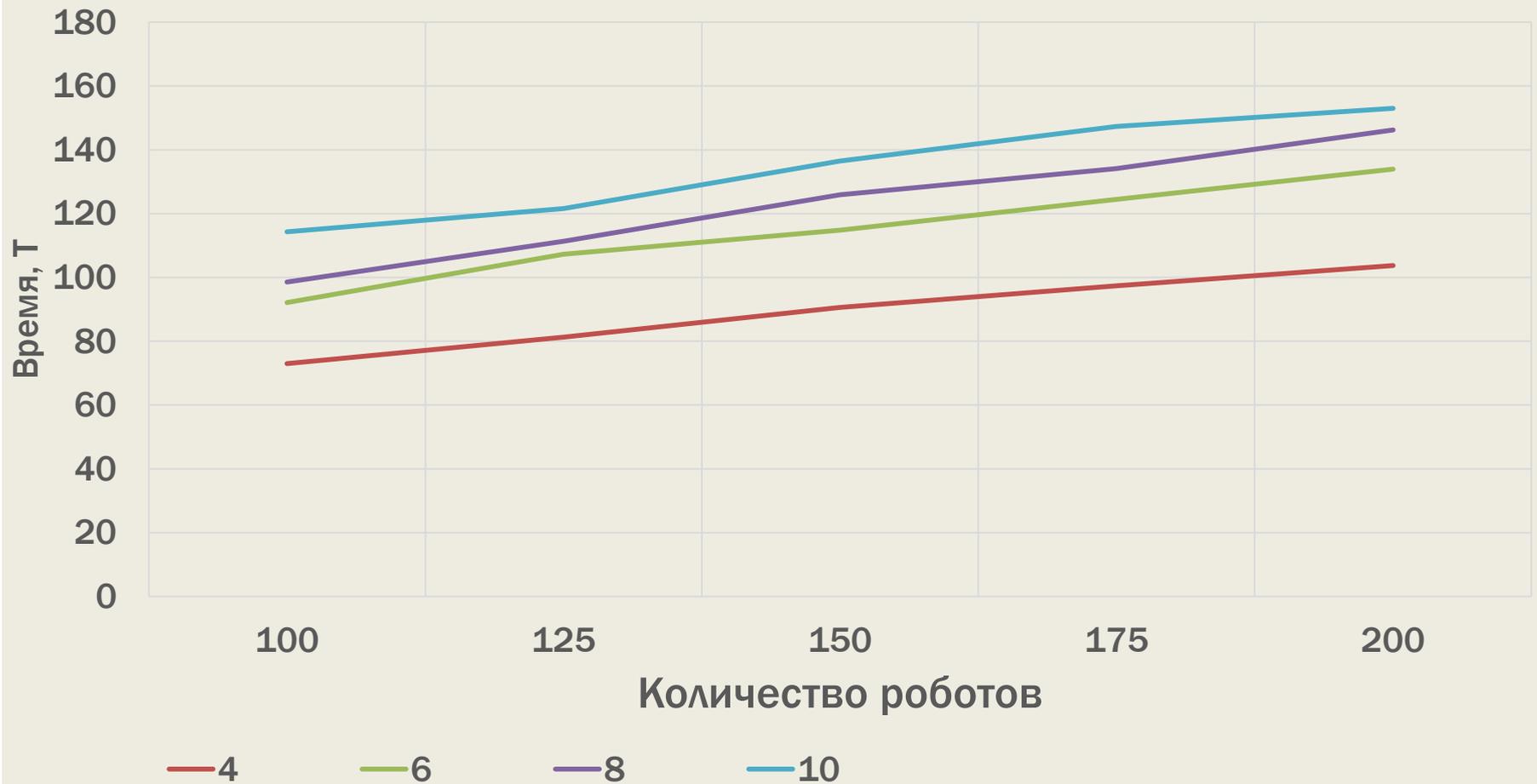


T = 6

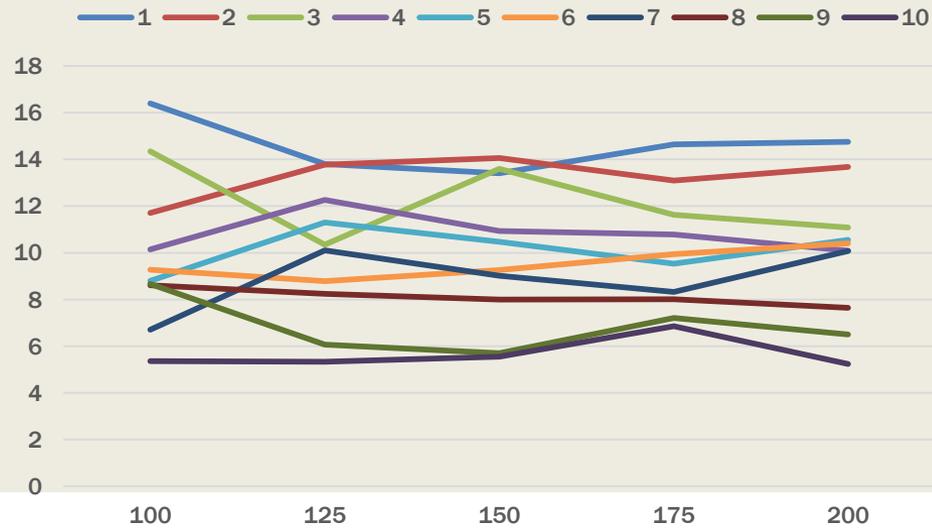
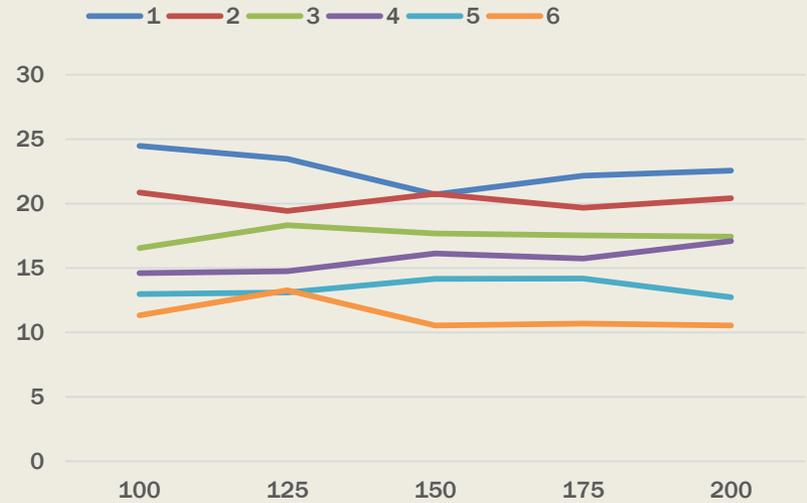
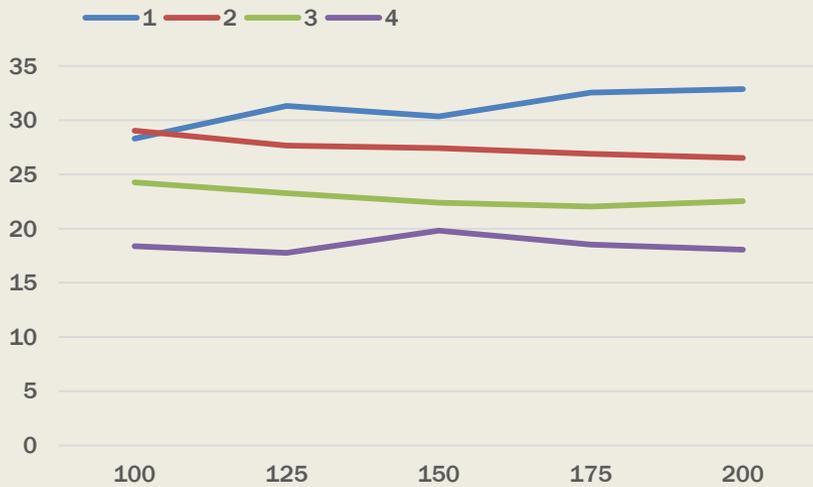


# МОДЕЛИРОВАНИЕ (ВРЕМЯ)

Время кластеризации



# МОДЕЛИРОВАНИЕ (РАЗМЕР КЛАСТЕРА)



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Разработан алгоритм, позволяющий реализовать процедуру кластеризации в группе роботов, взаимодействие которых друг с другом носит локальный характер
- Предложена процедура выбора лидера в кластере, которая позволяет узнать размер кластера и наибольший путь от лидера до периферии (синхронизация)
- Разрабатывается вариант алгоритма кластеризации с более высокой скоростью выполнения.