



Санкт-Петербургский национальный  
исследовательский университет информационных  
технологий, механики и оптики

# Метод построения конечных автоматов на основе муравьиного алгоритма

Д.С. Чивилихин

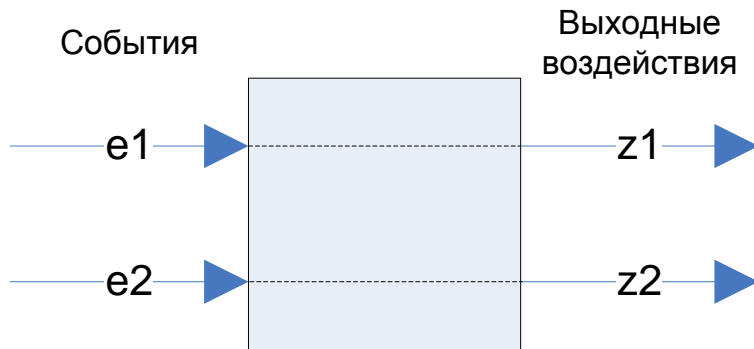
В.И. Ульянов

А.А. Шалыто

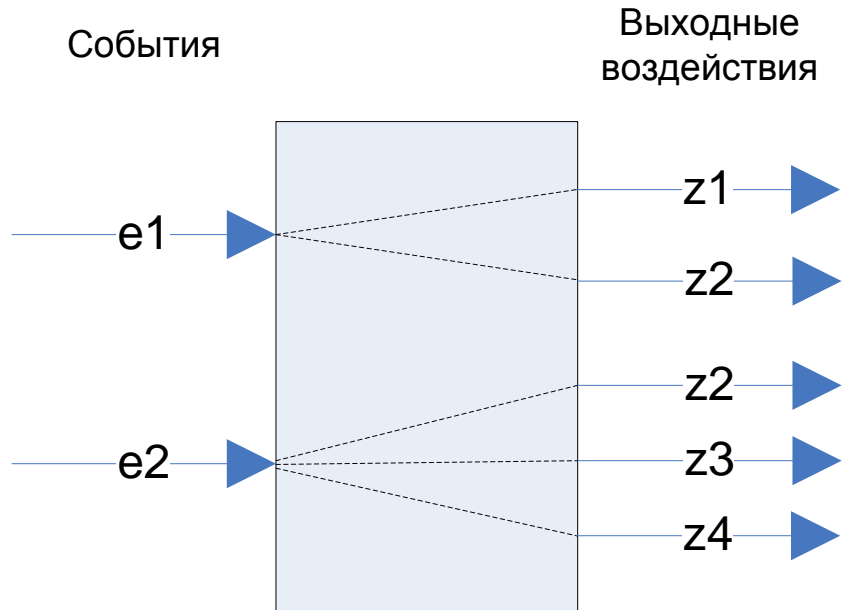
«Интегрированные модели и мягкие вычисления в  
искусственном интеллекте»

Коломна, 21 мая 2013

# Системы со сложным поведением

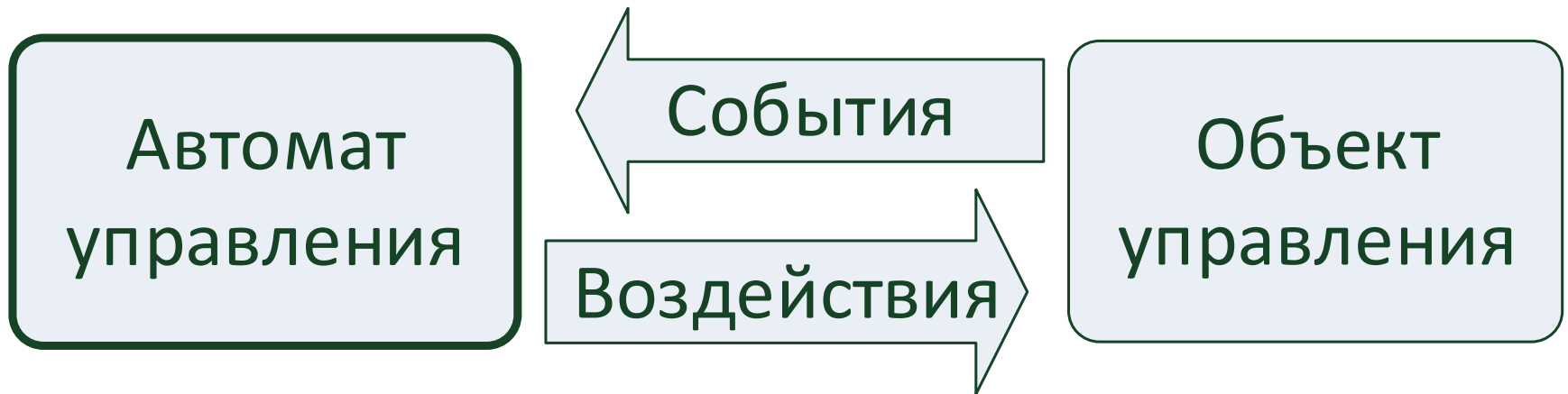


Система с простым поведением



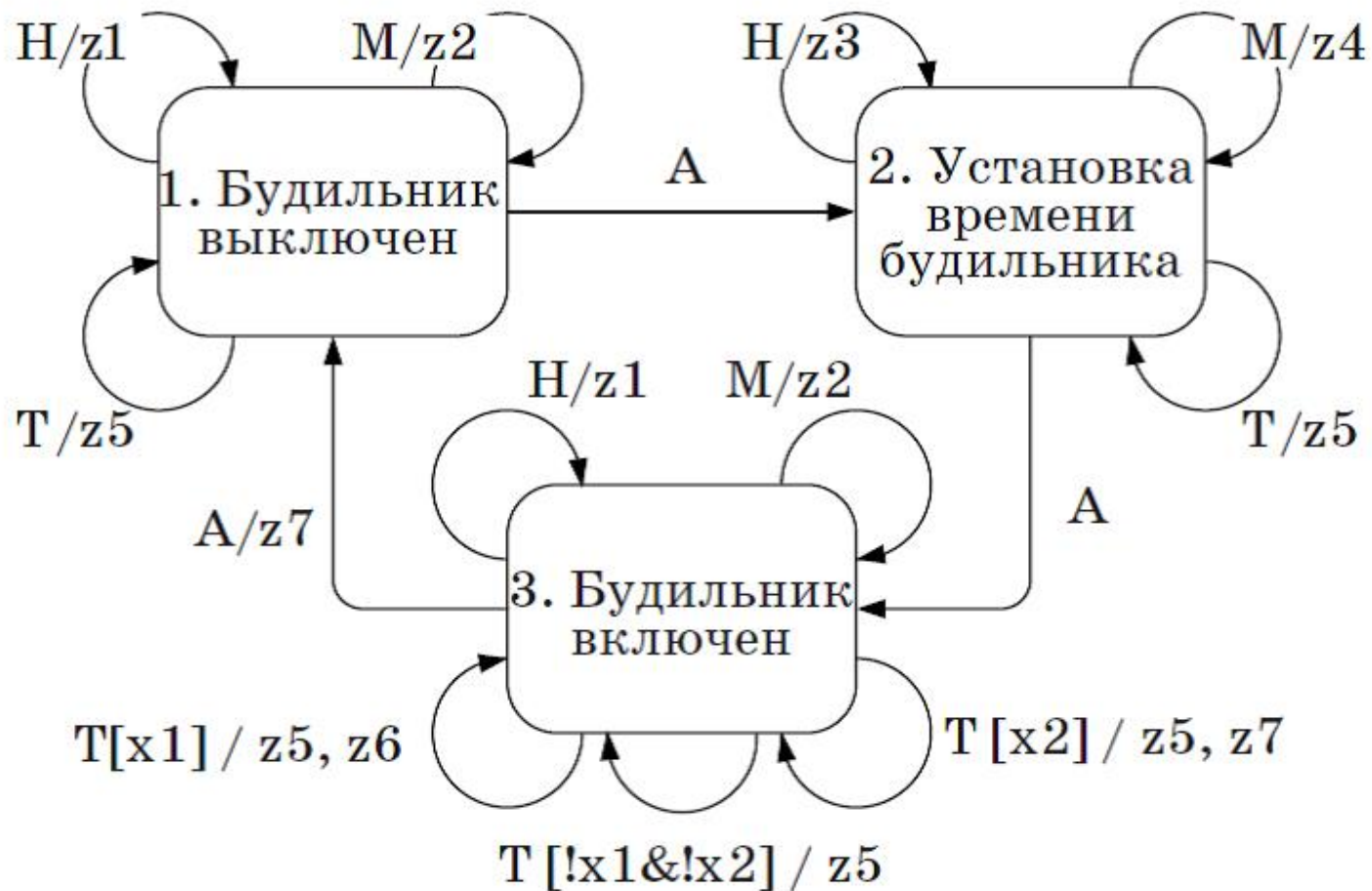
Система со сложным поведением

# Автоматное программирование: система управления



- Система управления является конечным автоматом
- Эффективно для систем со сложным поведением

# Управляющий автомат

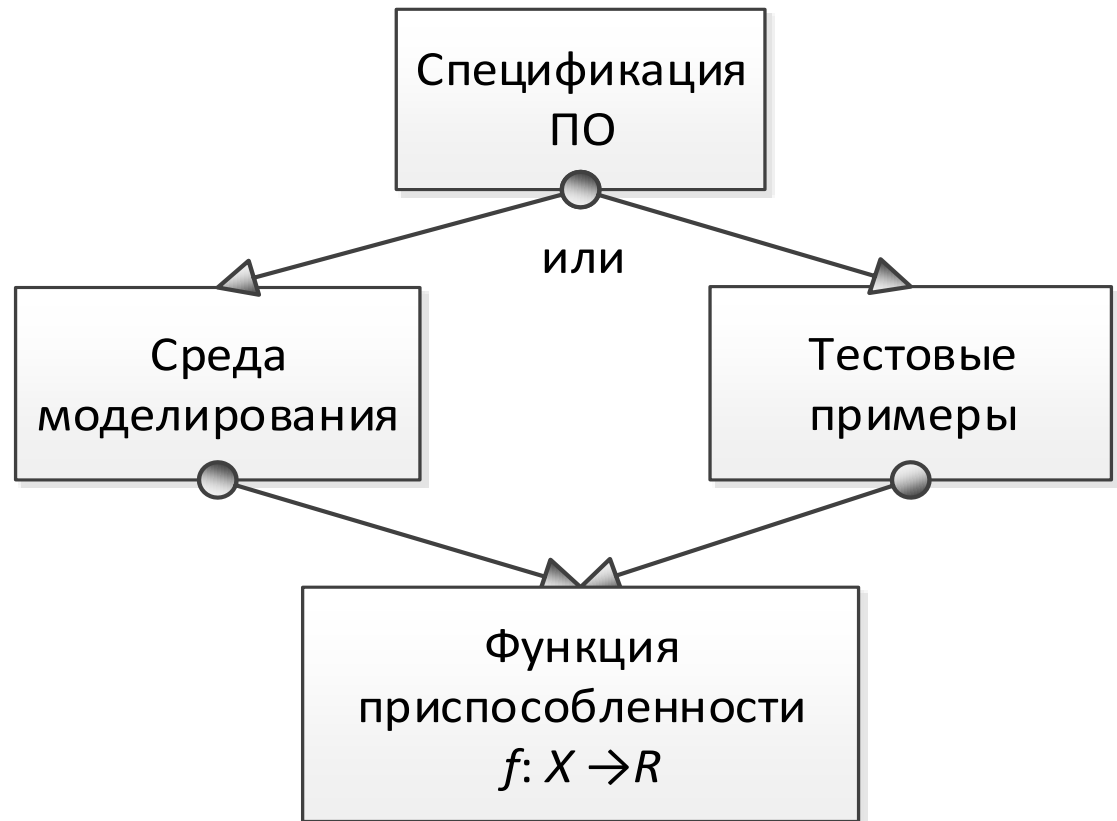


# Постановка задачи

- Построение управляющих автоматов вручную затруднительно, иногда невозможно
- Разрабатываются методы автоматизированного построения
- Поисковая оптимизация

# Поисковая оптимизация для построения конечных автоматов

- $N$  – число состояний
- $\Sigma$  – множество входных событий
- $\Delta$  – множество выходных воздействий
- $X = (N, \Sigma, \Delta)$



# Известные решения

- Эволюционные стратегии, генетические алгоритмы
  - Недостаток: скорость работы
- Сведение задачи к другим NP-полным задачам (SAT, CSP)
  - Преимущество: скорость работы
  - Недостаток: можно свести лишь некоторые задачи построения автоматов

# Предлагаемое решение

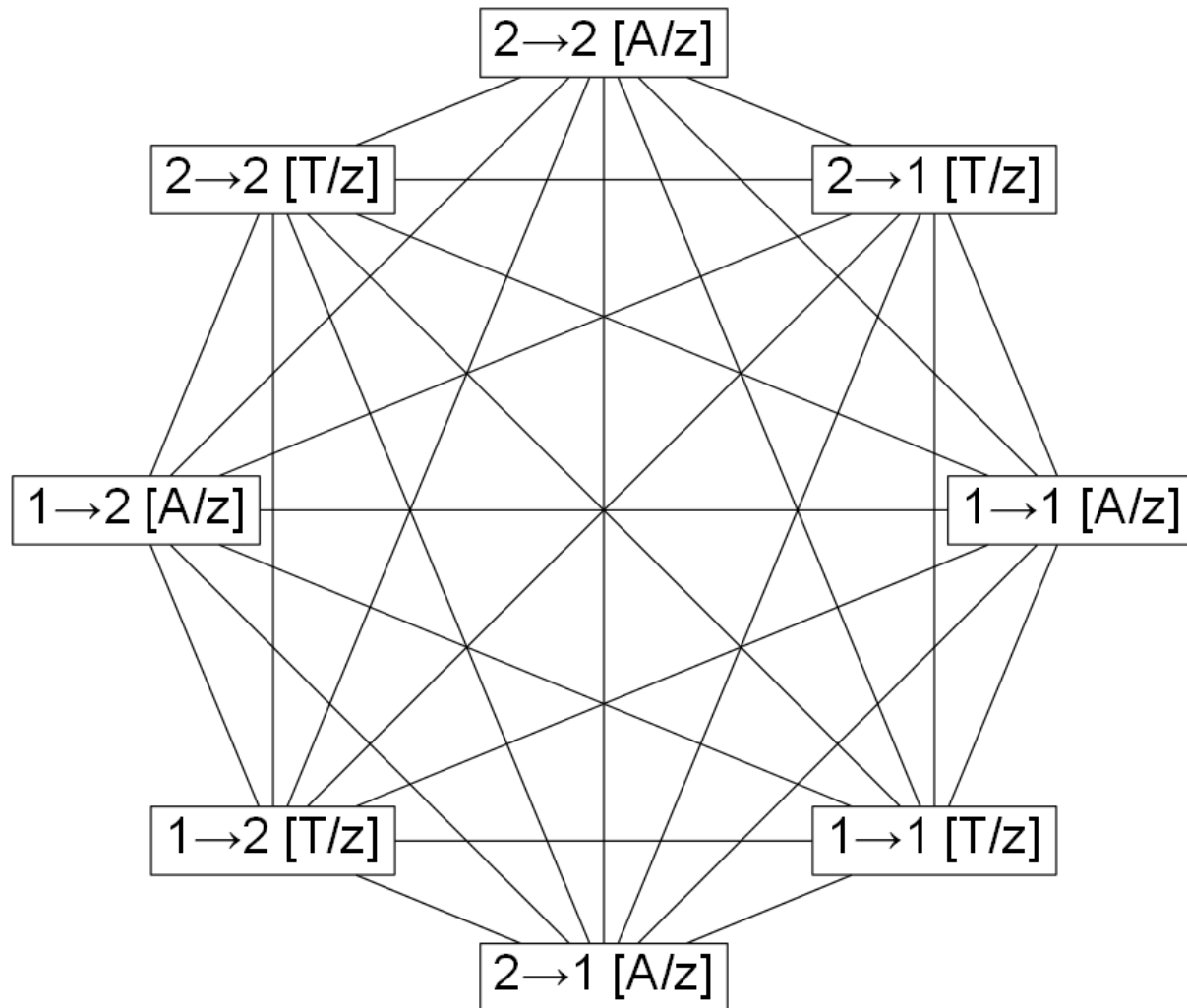
- Применение муравьиных алгоритмов для построения автоматов
- Муравьиные алгоритмы относятся к методам роевого интеллекта (swarm intelligence)
- Ни один из методов роевого интеллекта до сих пор не применялся для построения автоматов



# Классический муравьиный алгоритм

- Комбинаторные задачи сводятся к поиску оптимального пути в некотором полном графе
- Вершины графа – переходы автомата
- Муравьи добавляют переходы в автомат, перемещаясь по вершинам графа

# Пример полного графа переходов



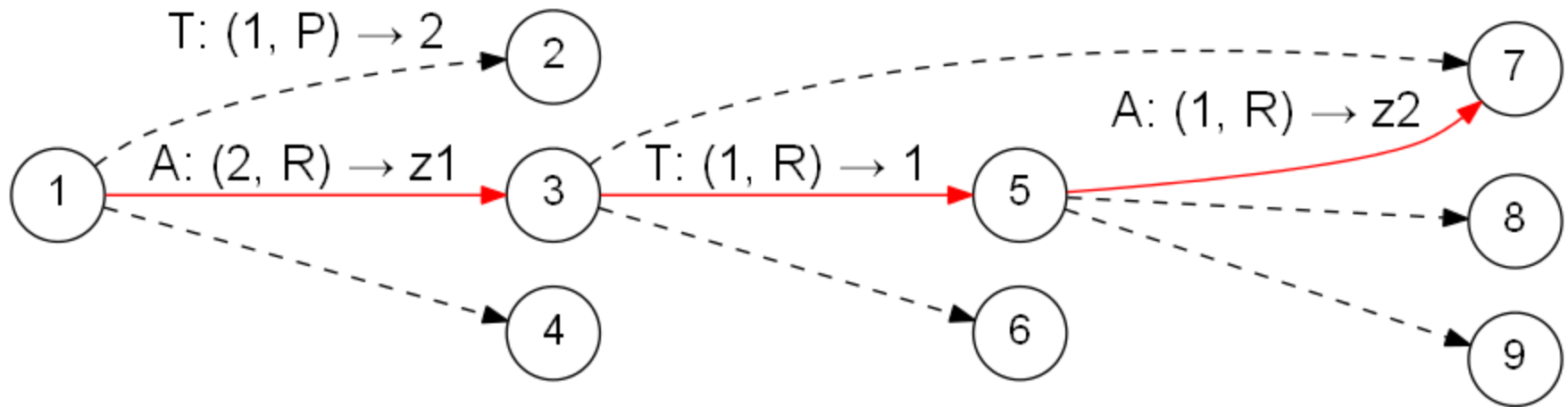
# Предлагаемый метод построения автоматов

- Классика:
  - Вершины – компоненты решений
  - Полные решения – пути в графе
  - Неэффективны для решения задачи
- Предлагаемый муравьиный алгоритм:
  - Вершины – полные решения (автоматы)
  - Муравьи перебирают полные решения

# Метод: представление пространства поиска в виде графа

- Вершины – управляющие автоматы
- Ребра – мутации автоматов
  - изменение состояния, в которое ведет переход
  - изменение действия на переходе
- Рассматривается лишь часть пространства поиска

# Метод: пример



# Метод: муравьиный алгоритм

- Изначальное решение – случайный автомат
- Пока не найдено решение
  - Построение решений муравьями
  - Обновление феромона

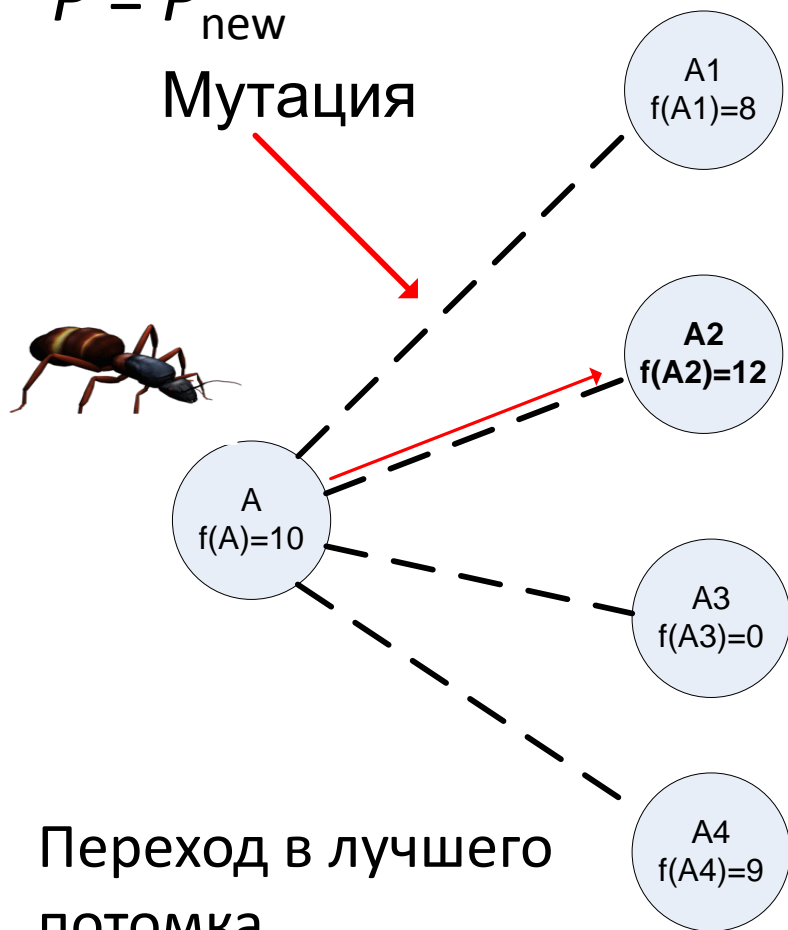
# Построение решений муравьями

- Муравей помещается в вершину графа
- У каждого муравья – ограниченное число шагов
- Шаг муравья – переход в следующую вершину

# Выбор следующей вершины

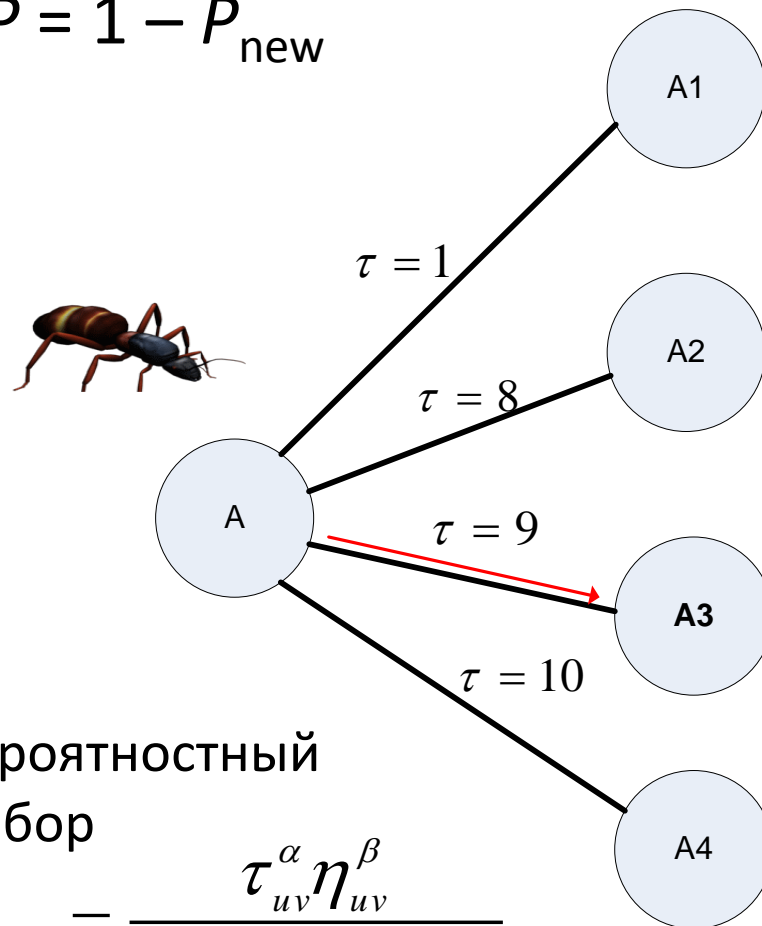
$$P = P_{\text{new}}$$

Мутация



Переход в лучшего потомка

$$P = 1 - P_{\text{new}}$$



Вероятностный  
выбор

$$p_{Av} = \frac{\tau_{uv}^{\alpha} \eta_{uv}^{\beta}}{\sum_{w \in \{A1, A2, A3, A4\}} \tau_{uw}^{\alpha} \eta_{uw}^{\beta}}$$



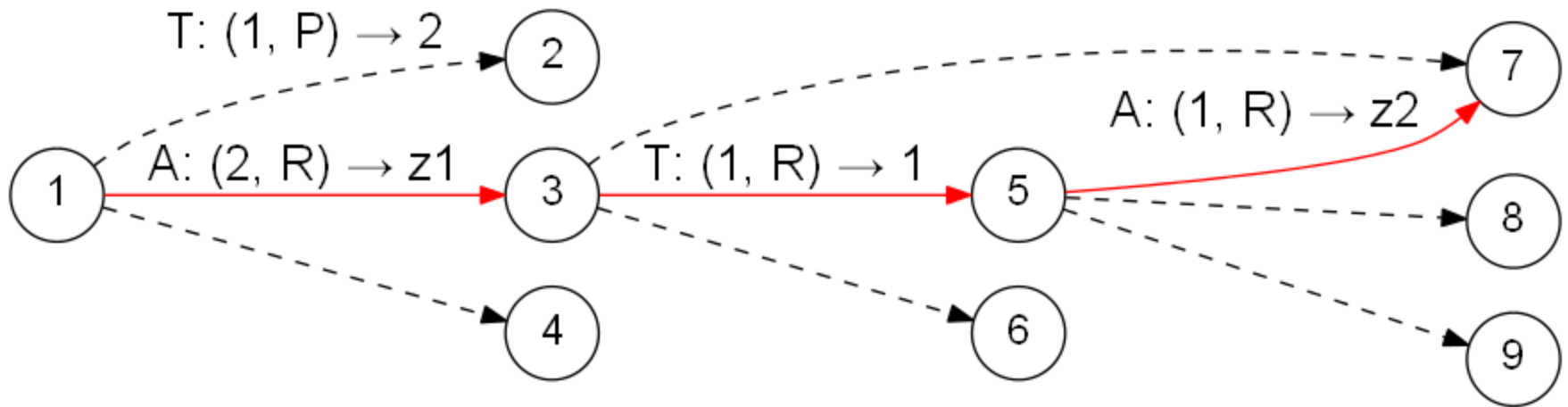
# Обновление значений феромона

- Качество решения (пути муравья) – максимальное значение ФП вершины пути
- Обновление  $\tau_{uv}^{best}$  – наибольшего значения феромона, отложенного на ребре (u, v)
- Новое значение вычисляется по формуле:

$$\tau_{uv} = (1 - \rho)\tau_{uv} + \tau_{uv}^{best}$$

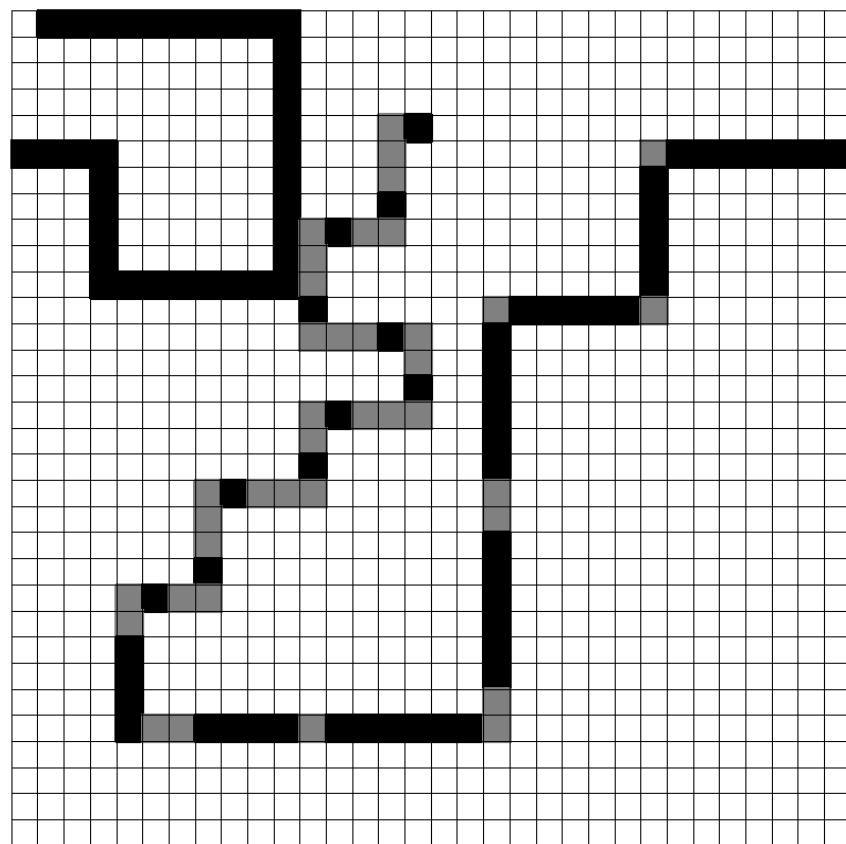
- $\rho \in [0, 1]$  – скорость испарения феромона

# Метод: пример



# Задача построения агента

- Поле – тор  $M \times N$
- $M$  клеток с едой
- $K$  ходов
- Положение еды и начальная позиция агента фиксированы
- Цель – создать агента, который съест всю еду



Пример поля

# Эксперименты: построение агента

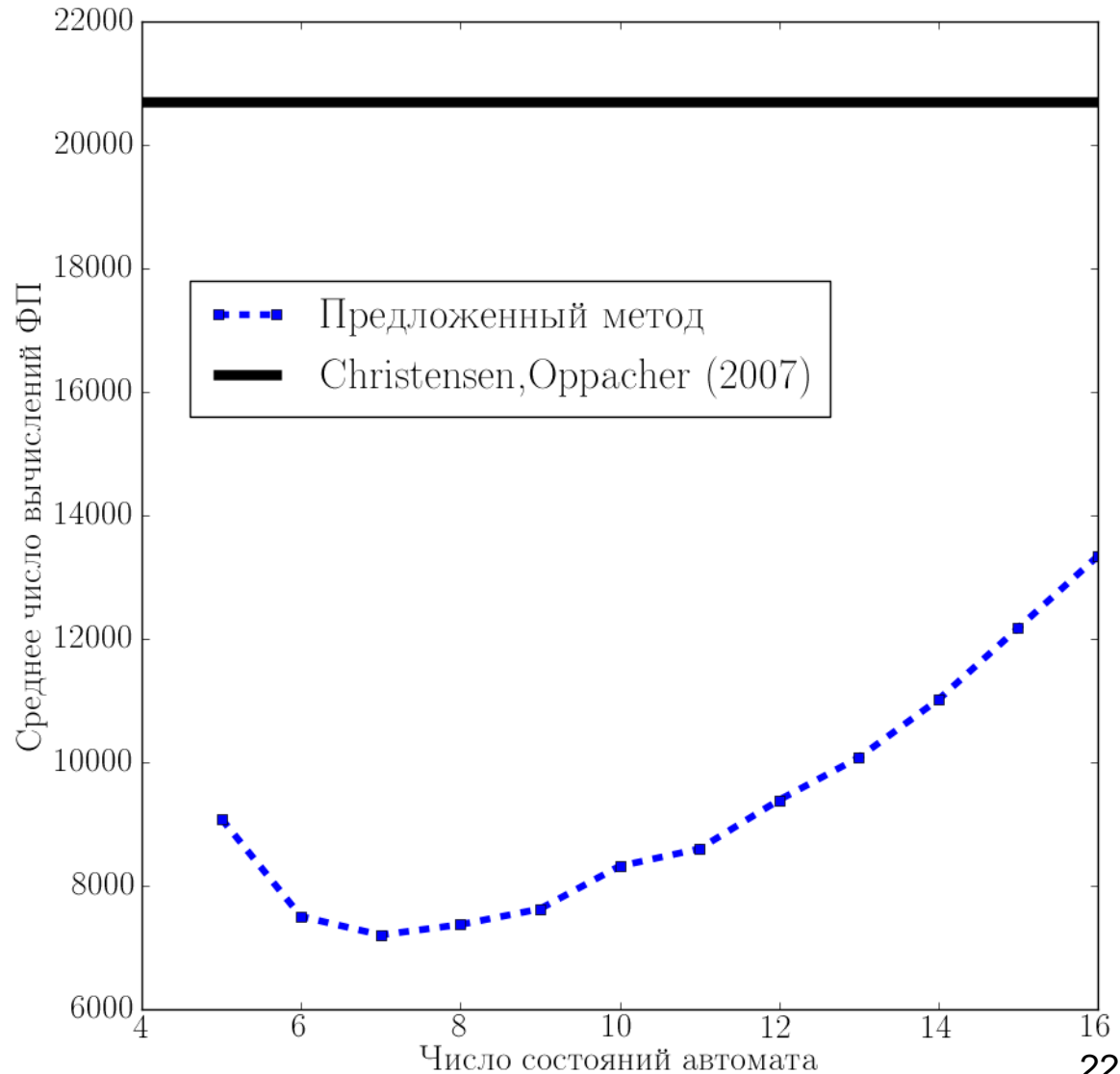
- Два поля:
  - Santa Fe Trail
  - John Muir Trail
- Сравнение:
  - Классический муравьиный алгоритм
  - Christensen, Oppacher (2007)
  - Царев, Шалыто (2007)

# Классический муравьиный алгоритм

	Классический муравьиный алгоритм		Предложенный алгоритм	
Число состояний	Доля удач, %	Время, сек	Доля удач, %	Время, сек
5	18	18.09	87	0.65
10	10	218.49	91	0.5

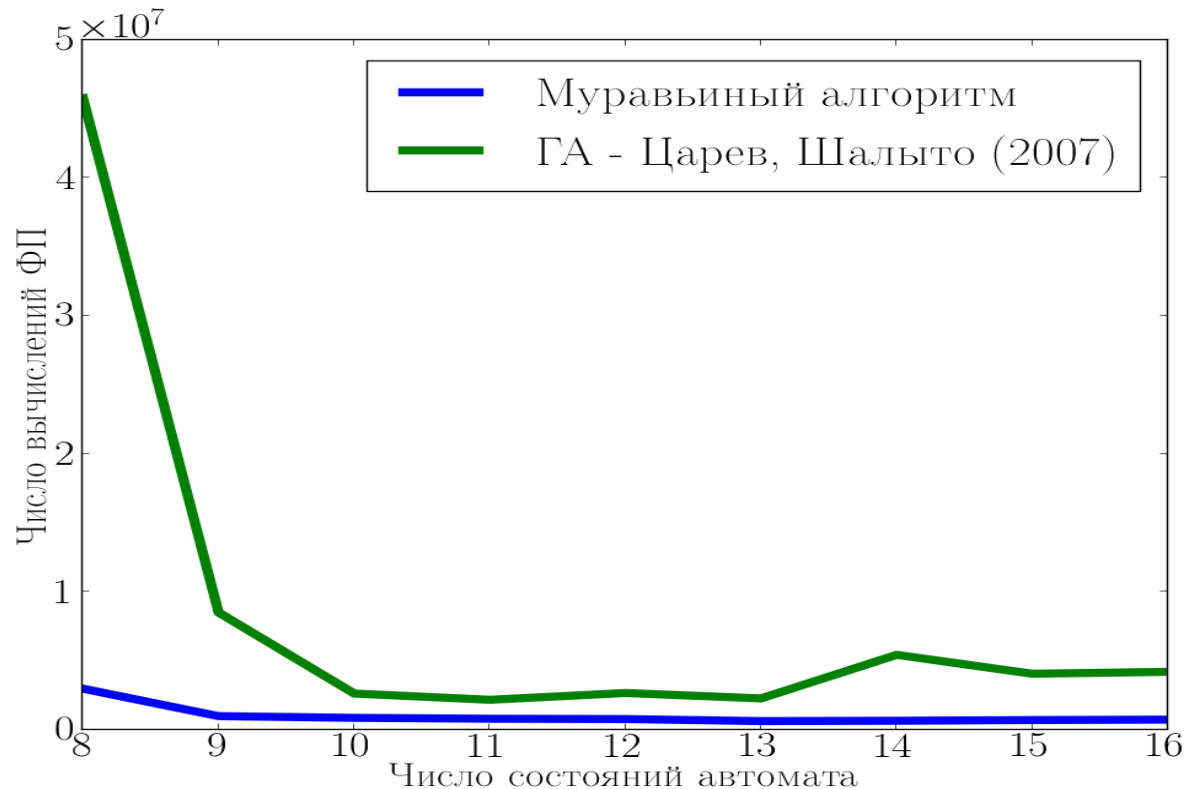
# Santa Fe trail

Для  
автоматов с  
семью  
состояниями  
— в 3 раза  
быстрее



# John Muir Trail (Царев и Шалыто, 2007): 200 ходов

Для  
автоматов с  
семью  
состояниями  
— в 30 раз  
быстрее



# Результаты

- Разработан новый метод построения управляющих автоматов
- Метод основан на муравьином алгоритме нового типа
- Для рассмотренных задач метод в несколько раз эффективнее известных подходов



# Основные публикации

1. **Chivilikhin D., Ulyantsev V., Tsarev F.** Test-Based Extended Finite-State Machines Induction with Evolutionary Algorithms and Ant Colony Optimization // Proceedings of the 2012 GECCO Conference Companion on Genetic and Evolutionary Computation. NY.: ACM. 2012, pp. 603–606.
2. **Chivilikhin D., Ulyantsev V.** Learning Finite-State Machines with Ant Colony Optimization // Lecture Notes in Computer Science, 2012, Volume 7461/2012, pp. 268-275.
3. **Chivilikhin D., Ulyantsev V.** MuACOsm - A New Mutation-Based Ant Colony Optimization Algorithm for Learning Finite-State Machines // To appear in Proceedings of the 2013 Genetic and Evolutionary Computation Conference
4. **Chivilikhin D., Ulyantsev V., Shalyto A.** Solving Five Instances of the Artificial Ant Problem with Ant Colony Optimization // To appear in Proceedings of the 2013 IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control
5. **Чивилихин Д.С., Ульянов В.И.** Метод построения управляющих автоматов на основе муравьиных алгоритмов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. №6(82), с. 72-76.

# Спасибо за внимание!

Метод построения конечных автоматов на  
основе муравьиного алгоритма

Д.С. Чивилихин  
В.И. Ульянов  
А.А. Шалыто

[chivilikhin.daniil@gmail.com](mailto:chivilikhin.daniil@gmail.com)

<http://is.ifmo.ru>

