

Компьютерное моделирование

Агентное моделирование

Кафедра ИВТ и ПМ

2018

План

Прошлые темы

Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования

Outline

Прошлые темы

Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования

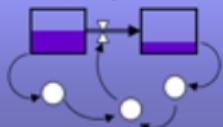
Прошлые темы

- ▶ Виды моделирования времени?
- ▶ Виды моделирования пространства?
- ▶ Если пространственное положение не важно?
- ▶ Как определяется цепь Маркова?
- ▶ Для чего может использоваться цепь Маркова?

Имитационное моделирование

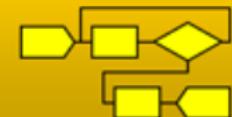
Системная динамика

Связанные переменные,
Накопители, Обратные связи



Дискретно-событийное

Заявки, Ресурсы, Процессы
(последовательности операций)



Индивидуальные свойства
и правила поведения.
Прямое или косвенное
взаимодействие



Агентное моделирование

Outline

Прошлые темы

Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования

Агентное моделирование vs моделирование случайных событий

- ▶ Моделирование дискретных событий сосредоточено на процессах
- ▶ Агентное моделирование рассматривает отдельные части системы - агентов.

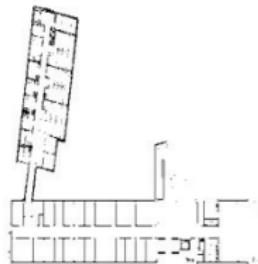
Агентное моделирование

Агентное моделирование (agent-based model ,ABM) — метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом.

Агентное моделирование

- ▶ Моделирование движения пешеходов, автомобилей
- ▶ Поведение колонии муравьёв, других насекомых, бактерий
- ▶ моделирование групп животных, в том числе в условиях конкуренции и оценка их влияния на окружающую среду
- ▶ моделирование потребительского поведения
- ▶ моделирование рынка ценных бумаг (моделирование действий трейдеров)
- ▶ Моделирование движения массовки в GCI
- ▶ Моделирование ботов в играх
- ▶ ...

Агентное моделирование



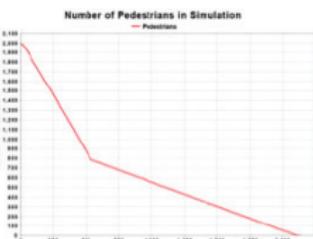
(a)



(b)

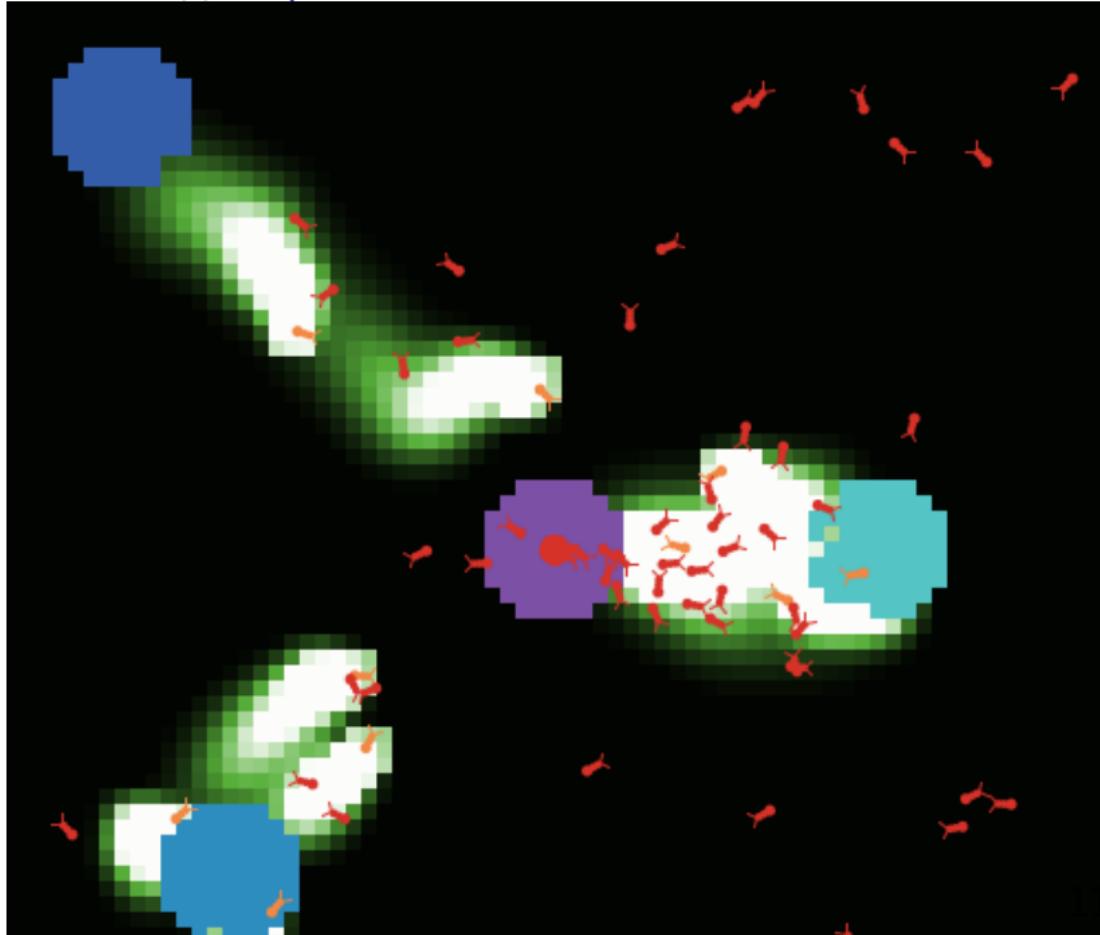


(c)

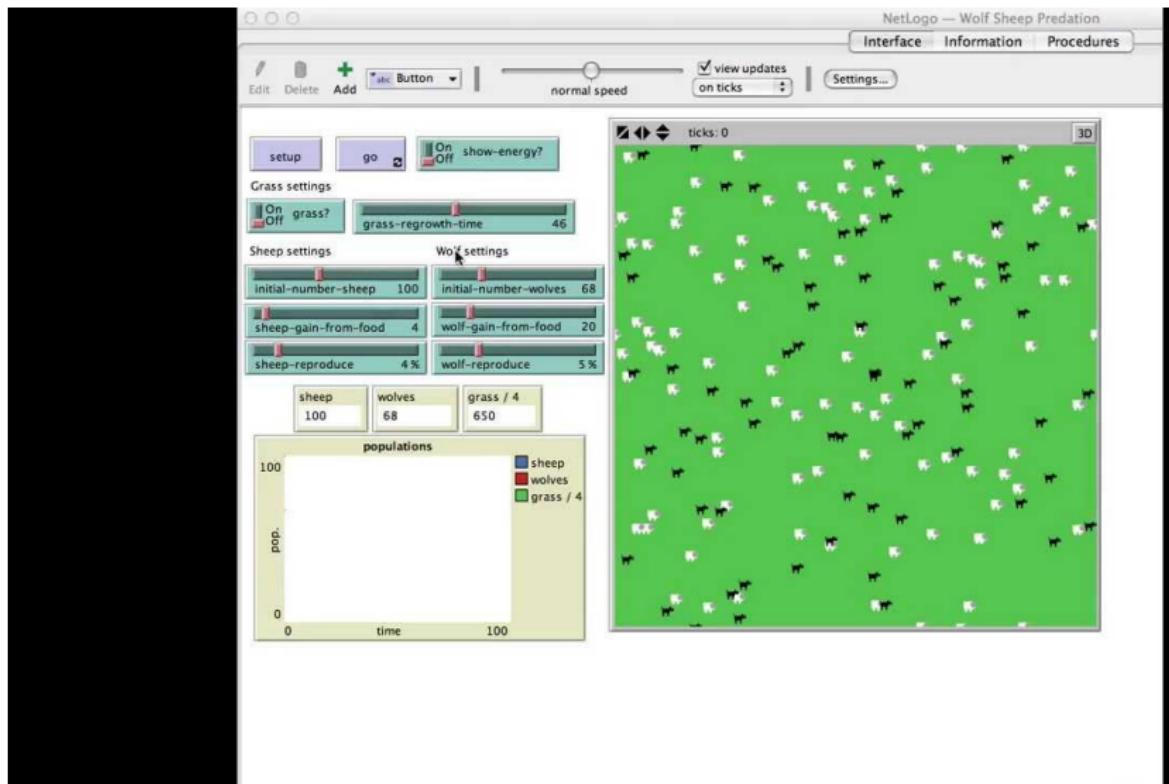


(d)

Агентное моделирование



Агентное моделирование



Агентное моделирование



Агентное моделирование



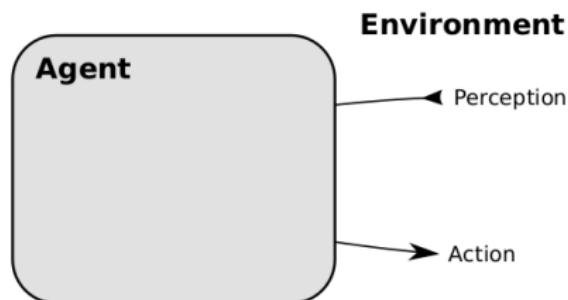
Агентное моделирование

Сложное поведение системы можно описать моделируя отдельные её части - агентов (в общем случае разнородных), поведение которых гораздо проще моделировать.

Относительная простота не в последнюю очередь достигается за счёт инкапсуляции и принципа сокрытия.

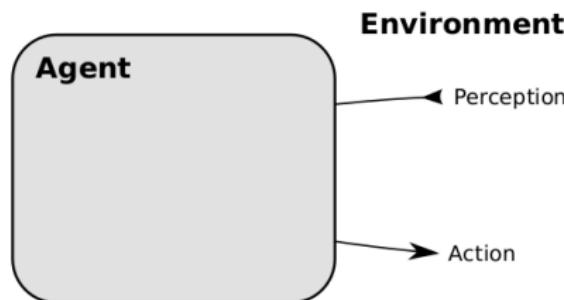
Агент

- ▶ Агент автономен
- ▶ Агент может взаимодействовать с окружающей средой
- ▶ С точки зрения агента среды агент это чёрный ящик



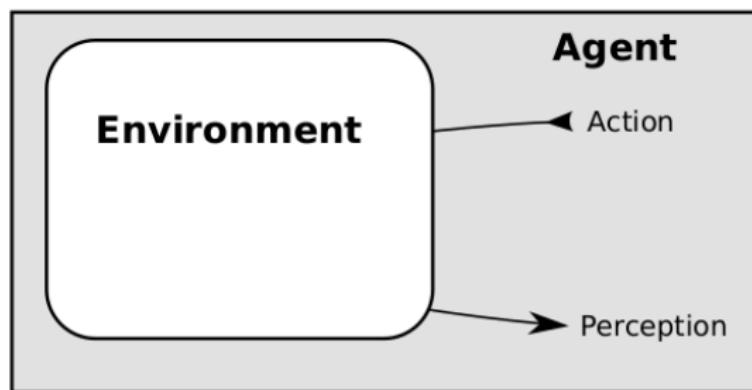
Агент

- ▶ Обладает некоторой информацией о среде (perception)
- ▶ но не обязательно всей. иногда информация может быть верной с некоторой вероятностью
- ▶ Может воздействовать (action) на среду или на других агентов



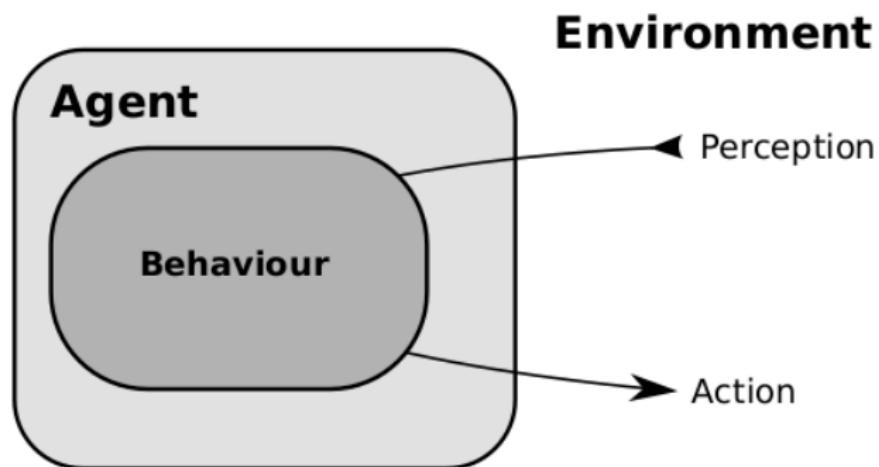
Агент

- ▶ С точки зрения среды агент - черный ящик



Простой агент

Simple Reflex Agent



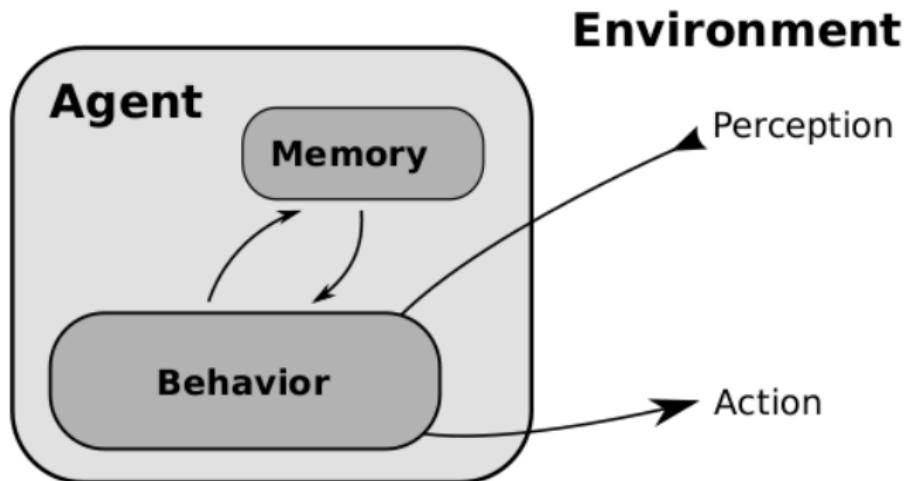
Простой агент

- ▶ Поведение обычно строится на основе набора правил
- ▶ Можно рассматривать как функцию:

$$PERCEPTION \rightarrow ACTION$$

- ▶ Правила могут быть вероятностными

Агент с памятью



Агент с памятью

- ▶ Имеет состояние (память)
- ▶ Поведение зависит от состояния
- ▶ Способен "обучаться"
- ▶ Можно рассматривать как функцию:

$$PERCEPTION \times STATE \rightarrow ACTION \times STATE$$

Пример. Трейдер

```
def behavior( price, state ):
    lastTxPrice, cash, stocks = state
    if (price > lastTxPrice) and (price - lastTxPrice ) > RL:
        n = floor( stocks * Cs )
        return SELL( n, price )
    elif (price < lastTxPrice) and (lastTxPrice - price) > RL:
        n = floor( ( cash * Cb ) / price )
        return BUY( n, price )
    else:
        return NOP
```

Outline

Прошлые темы

Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

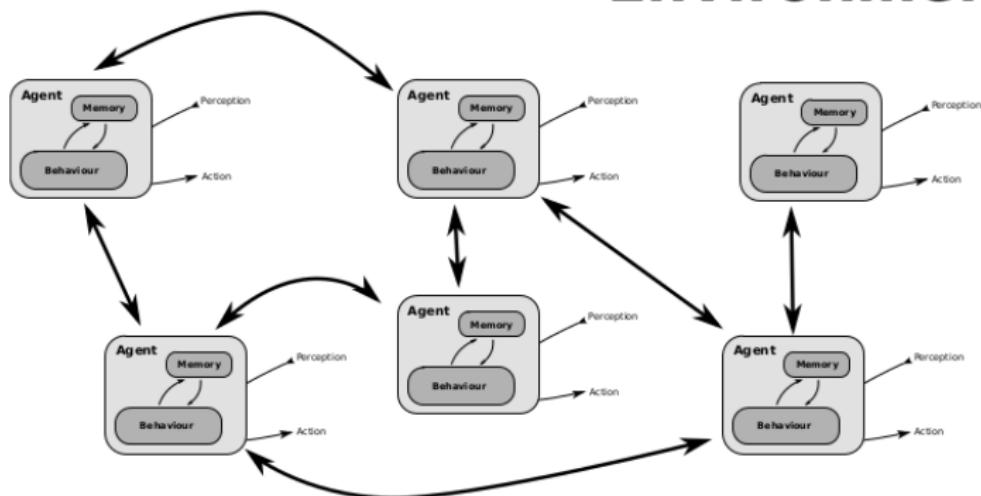
Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования

Системы с множеством агентов

- ▶ агенты могут быть одного вида или нескольких
- ▶ агенты могут взаимодействовать друг с другом напрямую

Environment



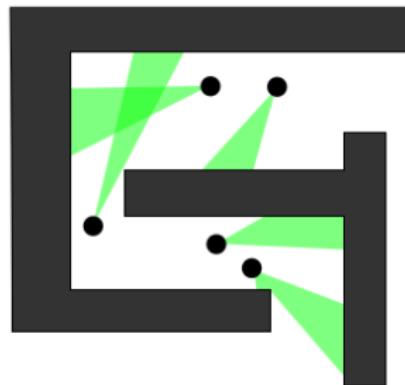
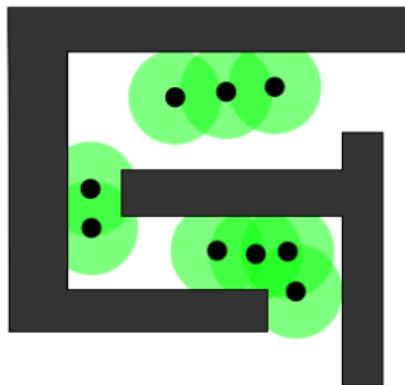
Агенты и пространство

В некоторых моделях положение агентов в пространстве не играет роли. Например, если агенты могут взаимодействовать вне зависимости от расстояния.

В некоторых моделях пространство нужно включить в модель

- ▶ Агенты могут иметь своё расположение в пространстве (двумерном, трёхмерном и т.д.)
- ▶ Агенты могут перемещаться
- ▶ Поведение агентов может зависеть от их положения в пространстве
- ▶ Связи между агентами так же могут зависеть от их взаимного расположения и способа восприятия окружающей среды

Агенты и пространство



Какие из агентов связаны?

Outline

Прошлые темы

Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования

Рализация

- ▶ класс - тип агента
- ▶ объект - агент
- ▶ поля - состояние агента
- ▶ методы - поведение

```
class FooAgent {  
    private final long ID = 223;  
    private int count = 2;  
    private double ratio = 1.5;  
  
    public Action behaviour( Perception p ) {  
        //...  
    }  
}
```

Асинхронный алгоритм

```
agents, env = initialize()
t = t_init
while t < t_max:
    for agent in agents:
        p = computePerceptionFor(agent, env, agents)
        action = agent.behaviour(p)
        updateEnvironment( env, action )
        increment(t)
```

Синхронный алгоритм

```
agents, env = initialize()
t = t_init
while t < t_max:
    ps = computeAllPerceptions(env, agents)
    actions = allBehaviours( agents, ps )
    updateEnvironment( env, actions )
    increment(t)
```

Синхронный алгоритм

```
agents, env = initialize()
t = t_init
while t < t_max:
    ps = computeAllPerceptions(env, agents)
    actions = allBehaviours( agents, ps )
    updateEnvironment( env, actions )
    increment(t)
```

В чём отличие от асинхронного?

Пространство. Подход Лагранжа

- ▶ агентам известно о своём положении в пространстве

```
agents = [  
    Agent(id=1, posX=8.2, posY=0.5, ... ),  
    Agent(id=2, posX=9.1, posY=2.7, ... ),  
    Agent(id=3, posX=4.6, posY=1.8, ... ),  
    ...  
]
```

Пространство. Подход Эйлера

- ▶ Пространство разбито на ячейки
- ▶ Каждая ячейка может содержать несколько агентов

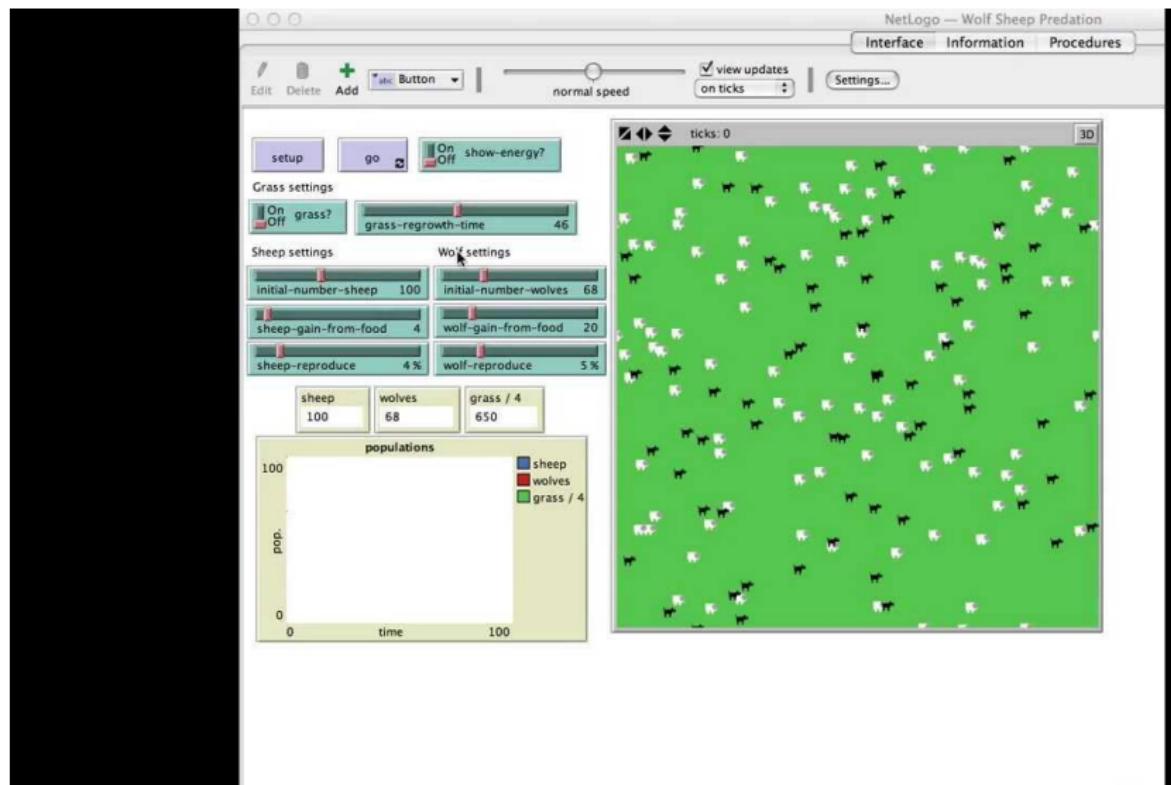
Преимущества

- ▶ Легко определить взаимодействующих агентов (они находятся в соседних ячейках)
- ▶ возможно параллельное вычисление

Недостатки

- ▶ Меньшая точность расположения в пространстве

Подход Эйлера



Outline

Прошлые темы

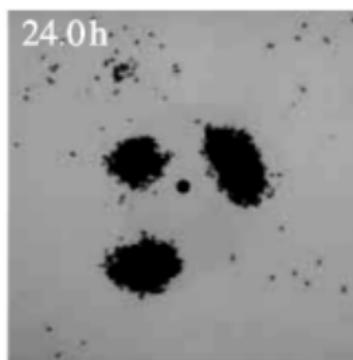
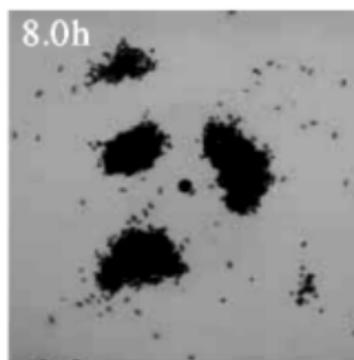
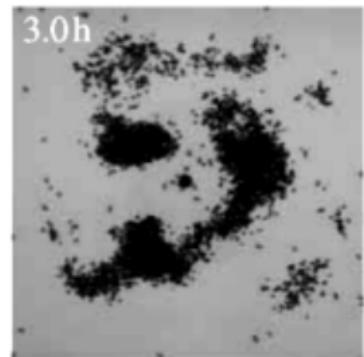
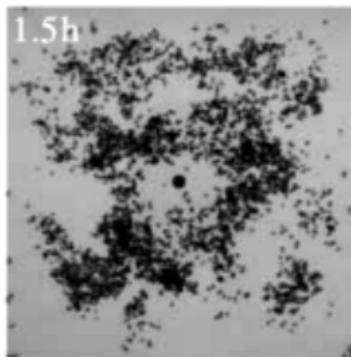
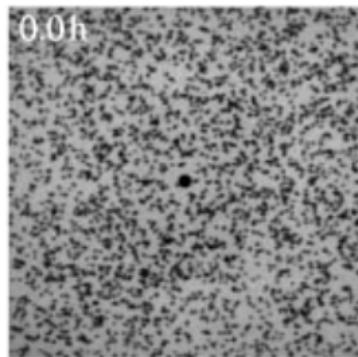
Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования



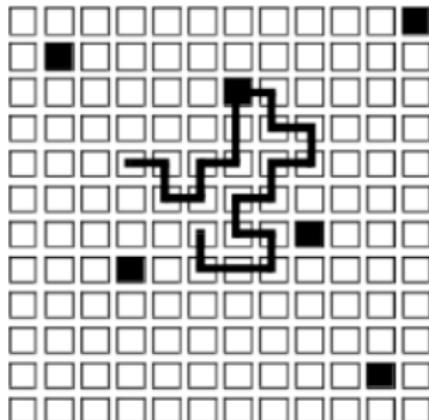
Сбор муравьями трупов в кучи

Jost et al., J. R. Soc. Interface, 2007

- ▶ Как это происходит?
- ▶ Это разум роя (swarm intelligence)?
- ▶ Какая простейшая модель, повторяет такое поведение?

Deneubourg's Model (1991)

- ▶ пространство - равномерная сетка из квадратных ячеек
- ▶ муравей может двигаться в 4 стороны
- ▶ движения муравья - случайное блуждание
- ▶ может переползать труп
- ▶ асинхронный алгоритм обработки агентов



Поведение муравья

- ▶ с вероятностью P_p муравей поднимает труп, если он находится в маленькой кучке или один
- ▶ с вероятностью P_d муравей оставляет труп в большой куче
- ▶ Память муравья M :
 - ▶ муравей помнит n последних посещённых клеток: был ли в клетке труп или нет
 - ▶ $M(i) = 1$, для клетки с трупом
 - ▶ $M(i) = 0$, для пустой клетки
 - ▶ $i = 1..n$
 - ▶ массив M обновляется каждый шаг муравья (каждый шаг времени)

Поведение муравья

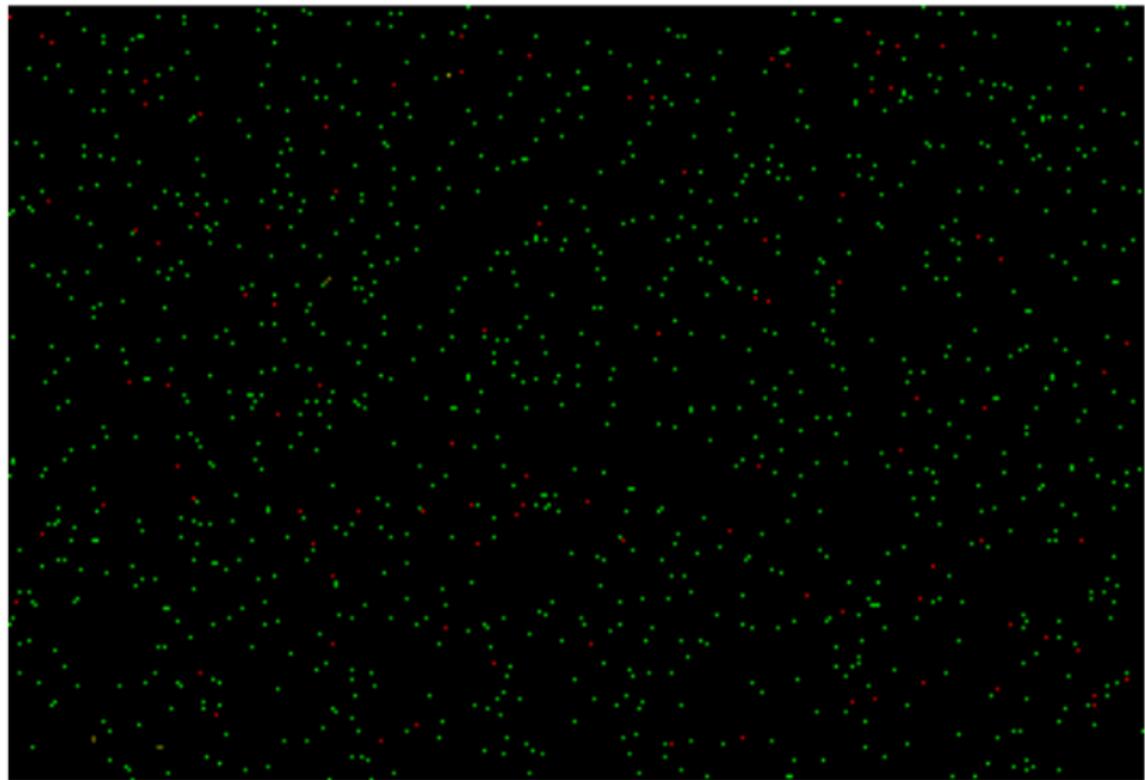
$$f = \sum_{i=0}^n M(i)$$

$$P_d = \left(\frac{k_1}{k_1 + f} \right)^2$$

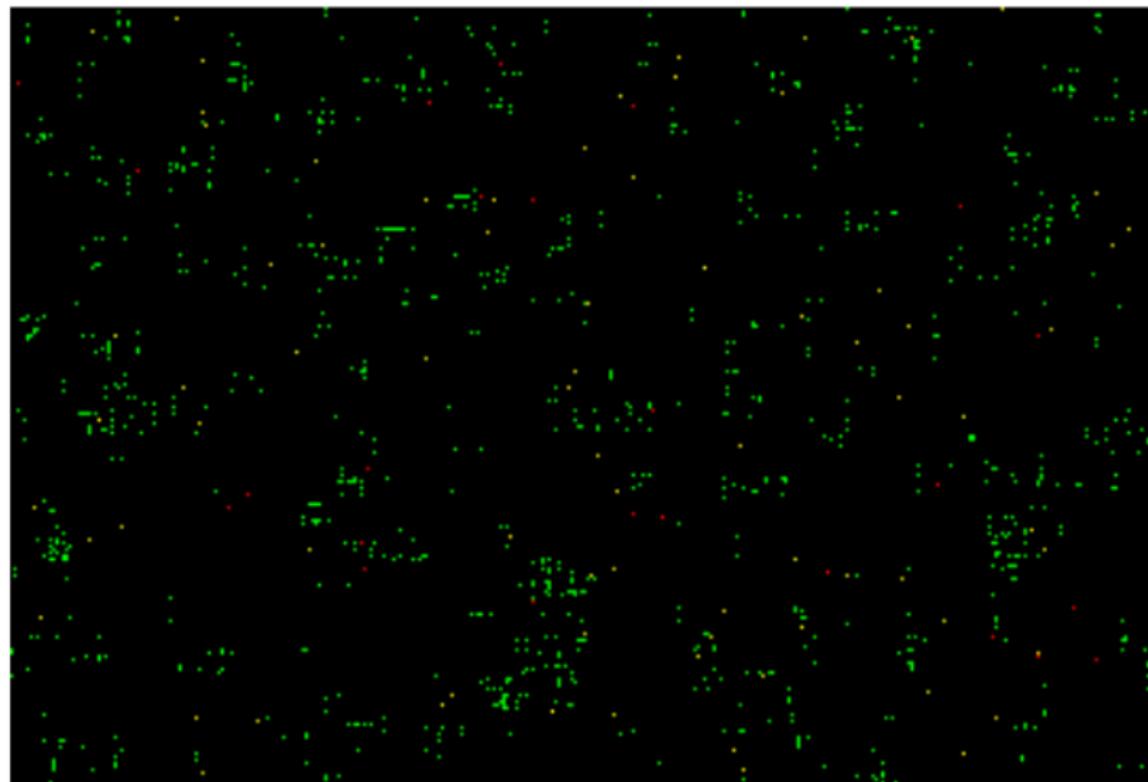
$$P_p = \left(\frac{f}{k_2 + f} \right)^2$$

k_1 и k_2 - параметры модели

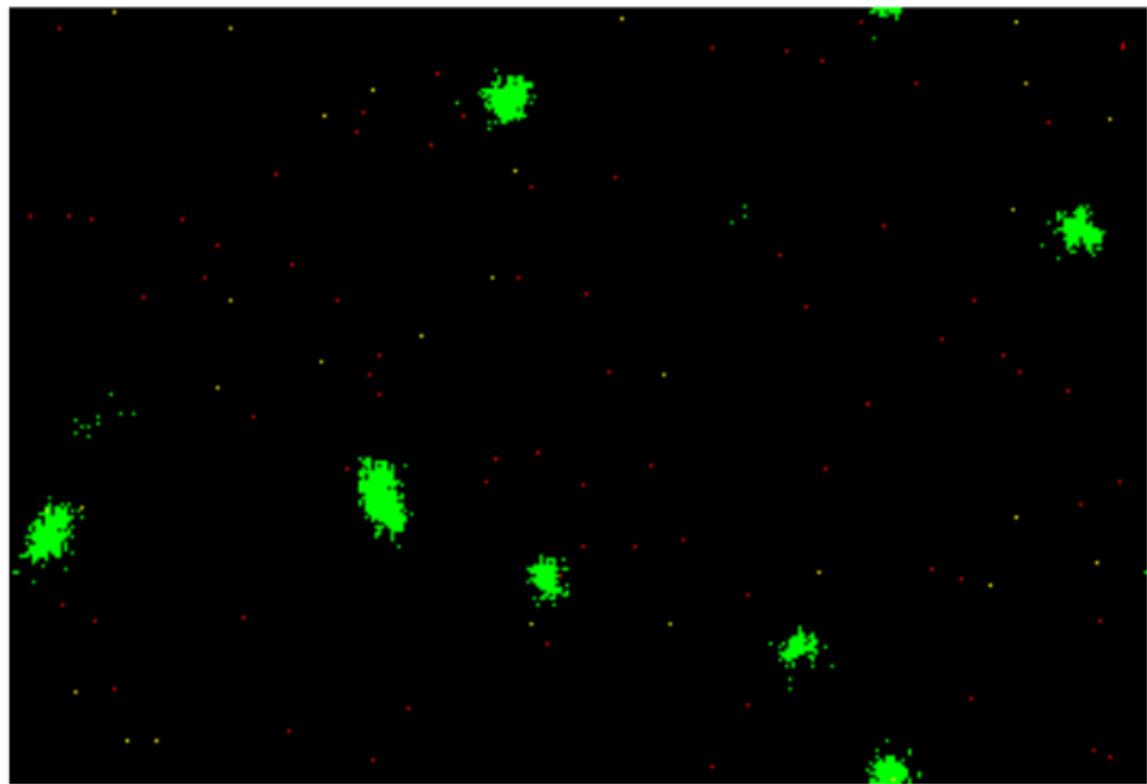
Deneubourg's Model. Пример. I



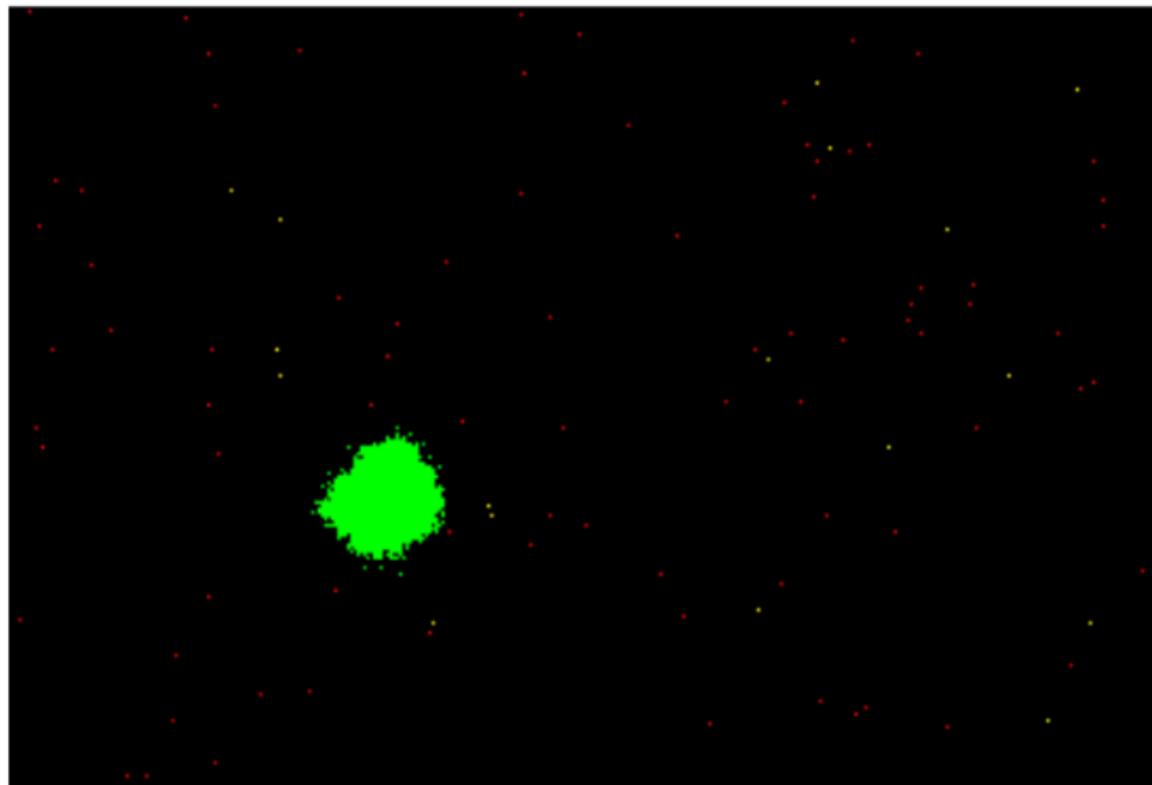
Deneubourg's Model. Пример. II



Deneubourg's Model. Пример. III



Deneubourg's Model. Пример. IV



Deneubourg's Model. Выводы

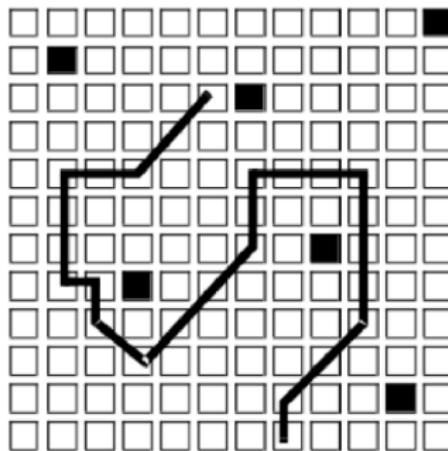
- ▶ Модель проста
- ▶ Модель соответствует наблюдаемому поведению муравьёв
- ▶ Но требует от муравья хорошей памяти...

Unige Model (2000)

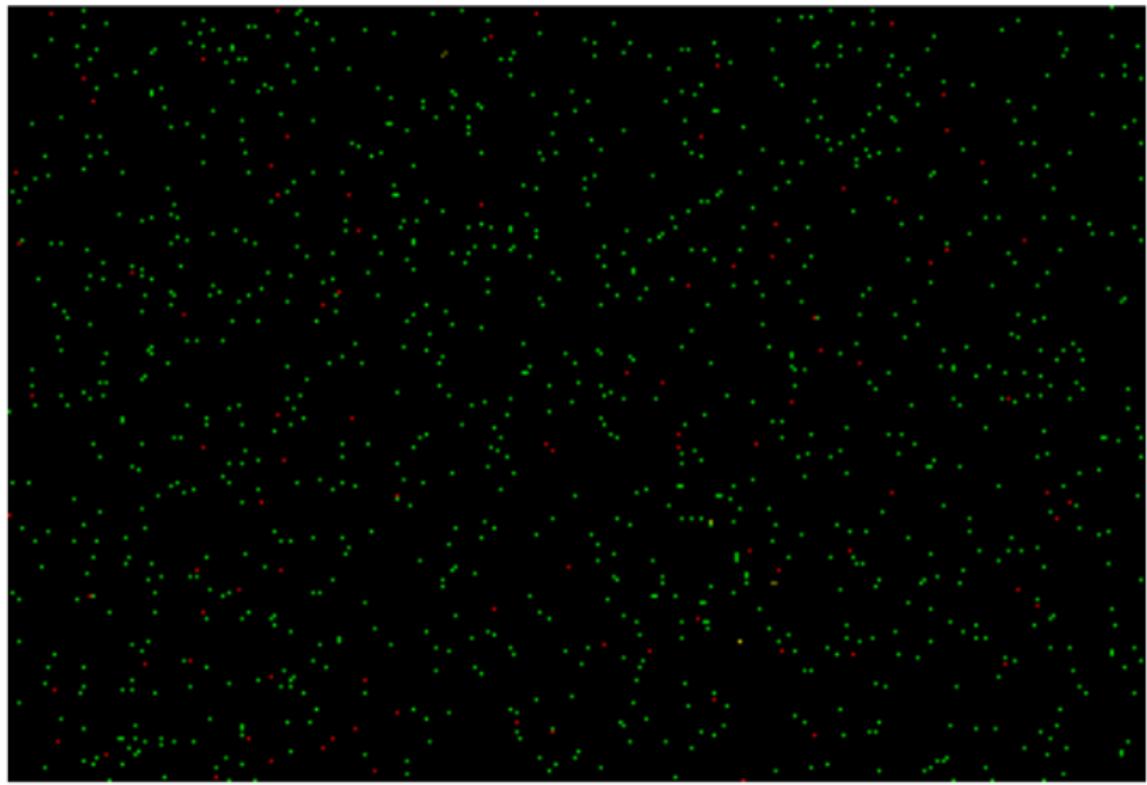
- ▶ пространство - набор квадратных ячеек
- ▶ муравей может двигаться в 8-ми направлениях
- ▶ движения муравья - случайное блуждание по большой территории (за счёт большего числа возможных направлений)
- ▶ асинхронный алгоритм обработки агентов

Поведение муравья

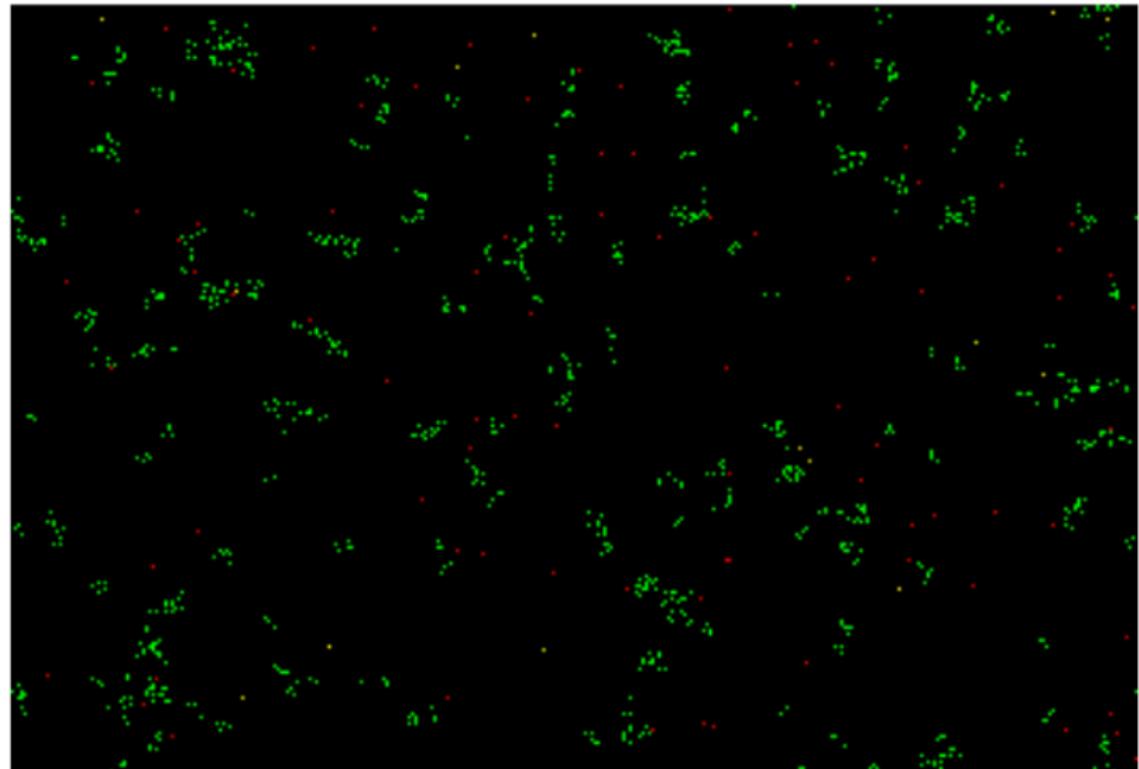
- ▶ Муравьи обходят препятствия (других муравьёв, трупы и др.)
 - ▶ Муравей всегда подбирает труп если ничего не несёт
 - ▶ Муравей всегда бросает труп, когда видит другой труп



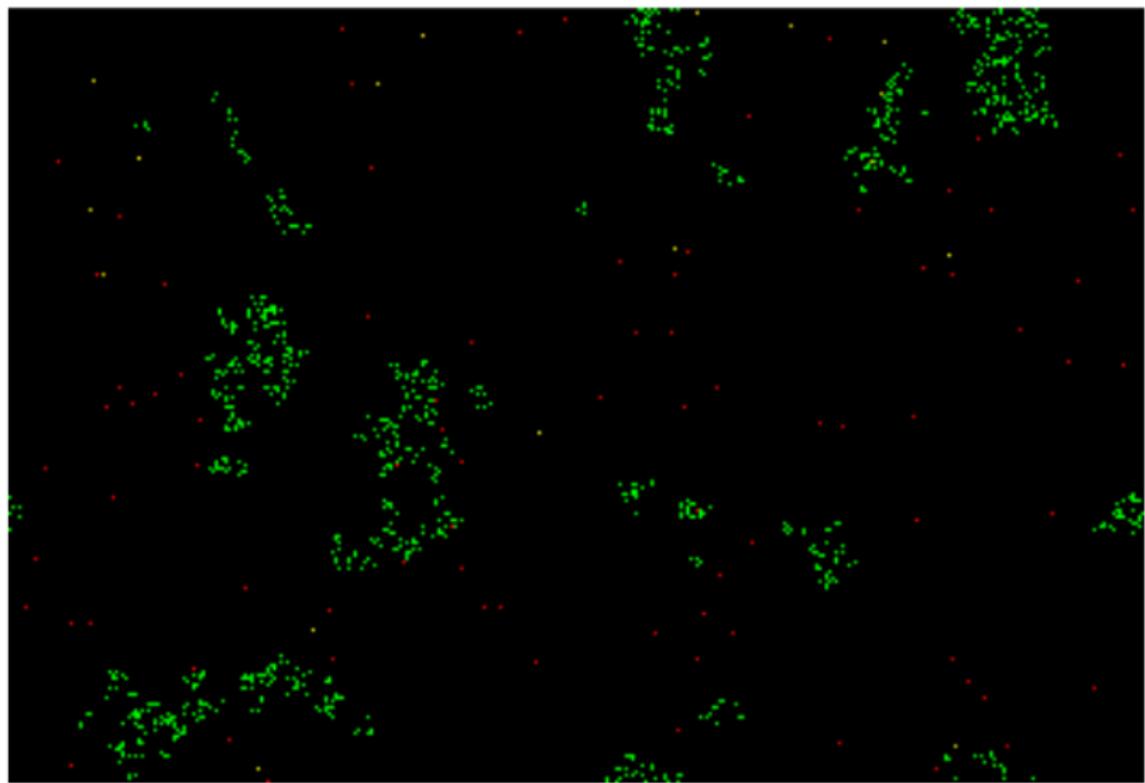
Пример 2. I



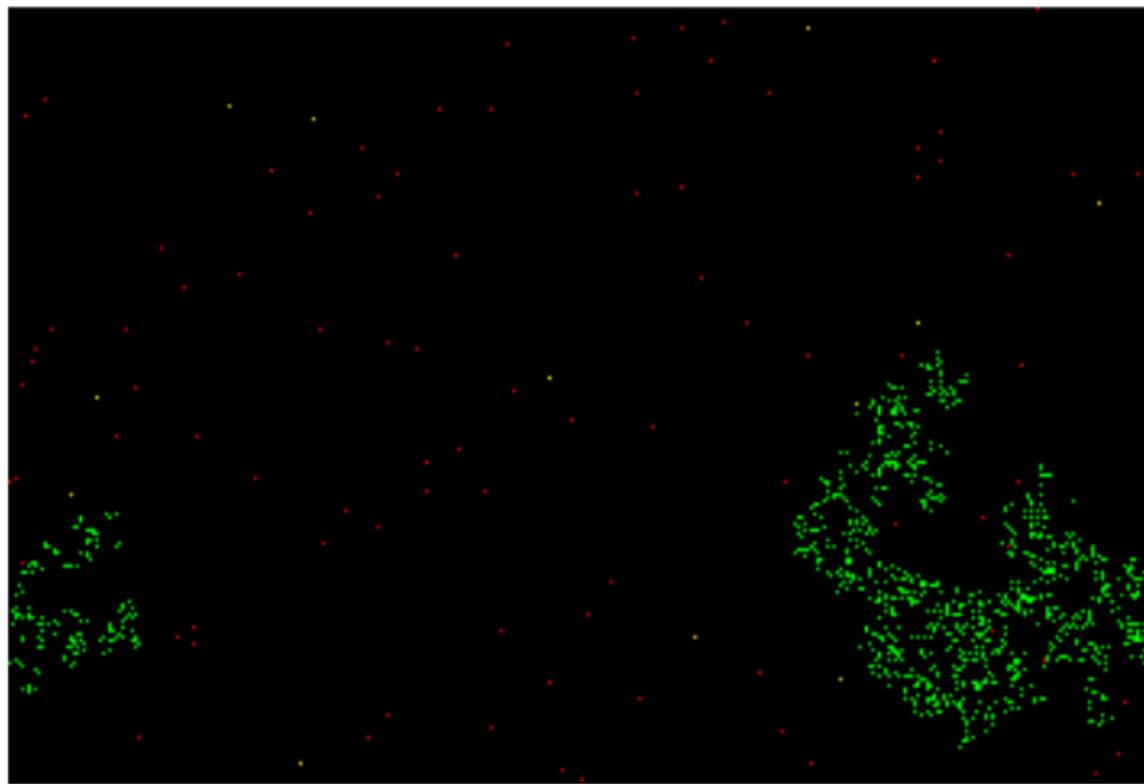
Пример 2. II



Пример 2. III



Пример 2. IV



- ▶ Вероятность добавления или удаления трупа из кучи одинакова
- ▶ Для муравья нет разницы, большая перед ним куча или нет

- ▶ Вероятность добавления или удаления трупа из кучи одинакова
- ▶ Для муравья нет разницы, большая перед ним куча или нет

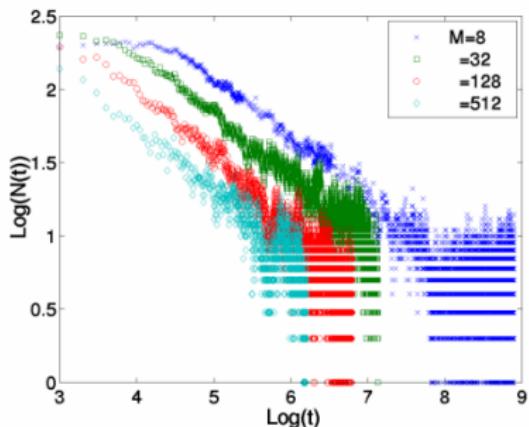
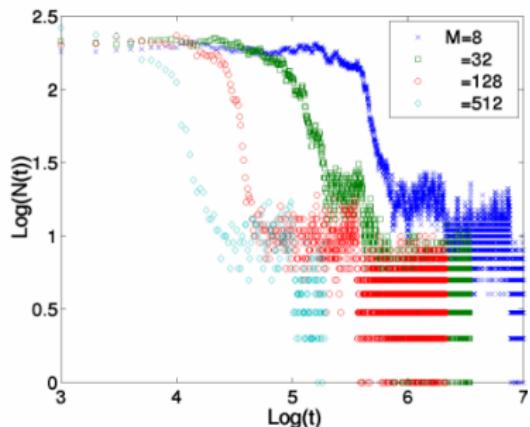
Почему образуются большие кучи?

- ▶ Вероятность добавления или удаления трупа из кучи одинакова
- ▶ Для муравья нет разницы, большая перед ним куча или нет

Почему образуются большие кучи?

- ▶ Если муравей подобрал одиноко лежащей труп, то вокруг него уже не возникнет куча
- ▶ Муравьи оставляют трупы только вокруг других трупов

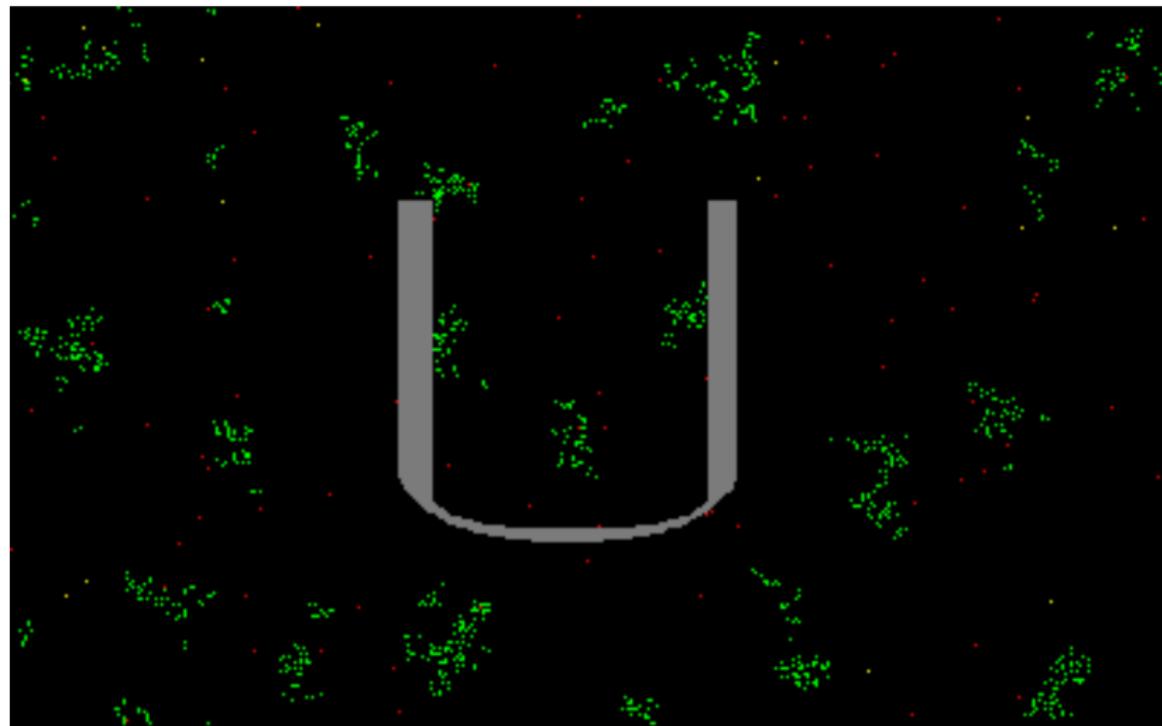
Сравнение моделей



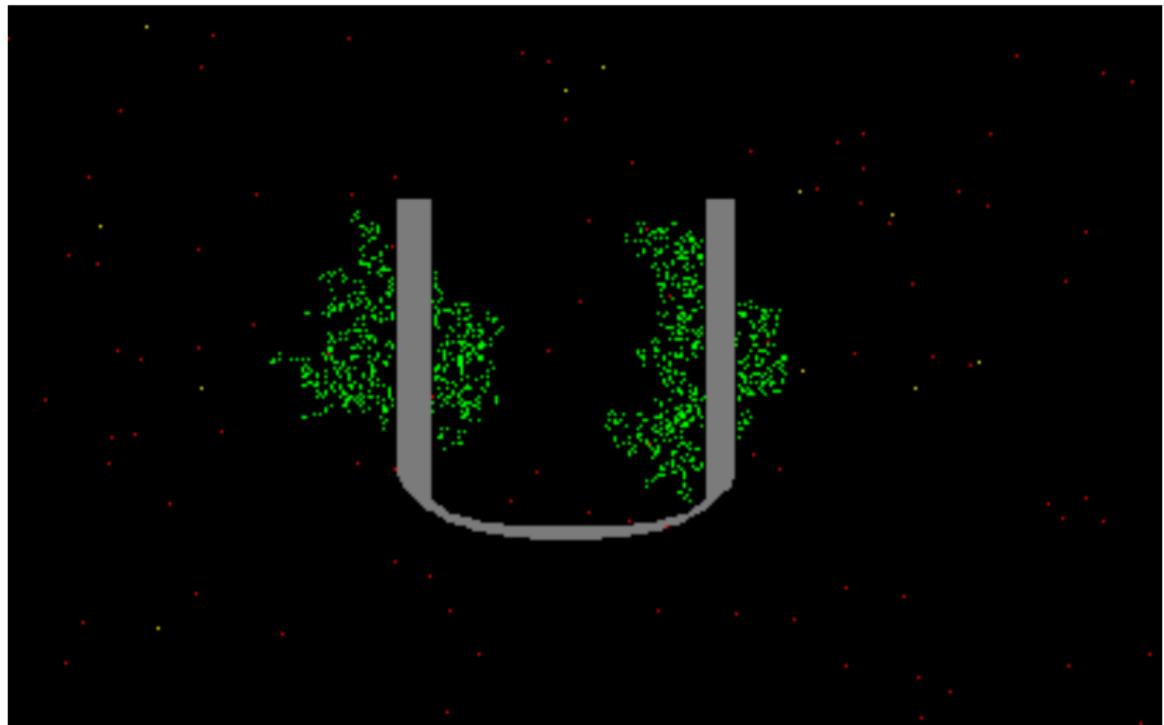
N - число куч

- ▶ In Deneubourg's model converges 10x faster (using better random walk).
- ▶ In both models: not a collective behavior, $N(t) = f(Mt)$
- ▶ One single ant would make it, but slower
- ▶ Ant corps pile construction can be explained by statistical fluctuations
- ▶ Yet, intelligence speeds up the process
- ▶ Not a collective effect, just a collaboration with a linear speedup

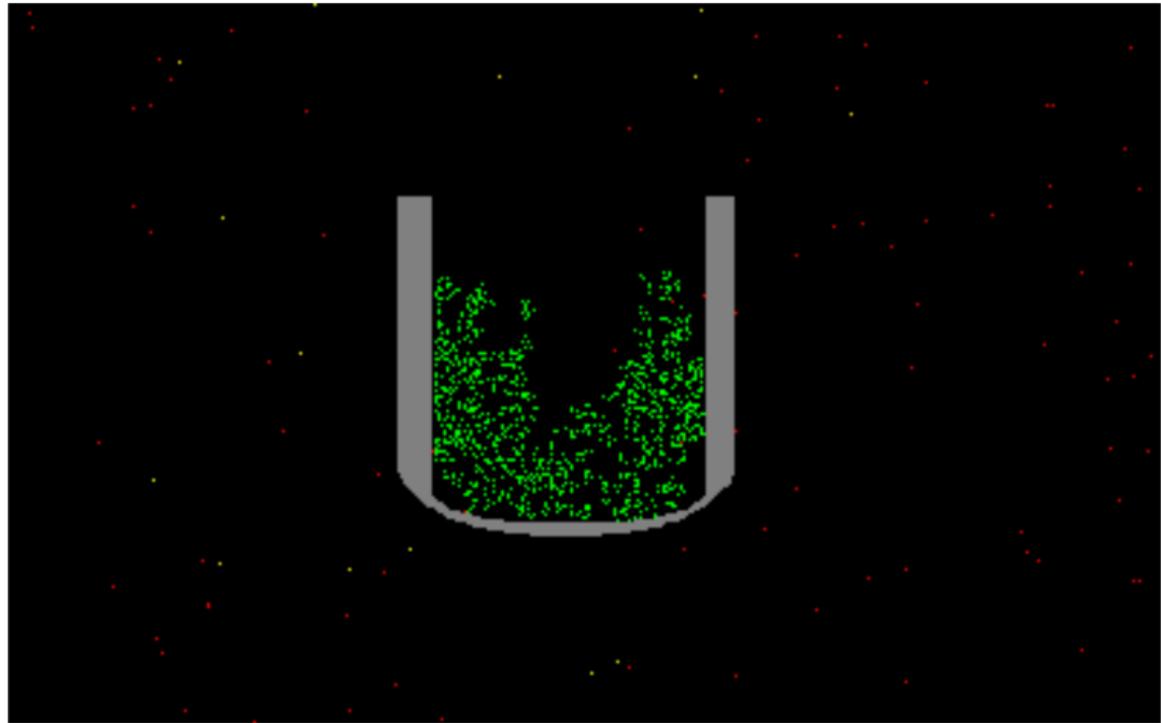
Пример 3. Поле с препятствиями. I



Пример 3. Поле с препятствиями. II



Пример 3. Поле с препятствиями. III



Outline

Прошлые темы

Агентное моделирование

Системы с множеством агентов

Реализация модели

Моделирование поведения мурьвьёв

Программы для моделирования

Программы для моделирования

- ▶ AnyLogic

Используется во многих отраслях и исследователями.

Бесплатная версия ограничивает время моделирования.

Кроссплатформенная.

- ▶ NetLogo

Широко используется в образовании. Используется исследователями. Есть веб версия. Кроссплатформенная

- ▶ StarLogo

Использованы материалы курса Simulation and modeling of
natural processes
coursera.org/learn/modeling-simulation-natural-processes/

Ссылки

Материалы курса

github.com/ivtipm/computer-simulation