



Факультет компьютерных наук  
Высшая школа экономики

23 апреля 2025 г.

# Стохастические симуляции биологической модели стационарных сообществ

Исследовательский проект

**Научный руководитель:**

Никитин Алексей Антонович

к.ф.-м.н. доцент ВМК ГУ

**Работу выполнил:**

Артёмов Михаил Сергеевич

Студент БПМИИ2310, 2 курс



## Цель и актуальность проекта

- **Цель:** Разработка библиотеки для стохастических симуляций и изучение механизмов сосуществования двух видов.
- **Актуальность:**
  - Изучение экосистем требует длительных эмпирических наблюдений;
  - Компьютерное моделирование позволяет преодолеть временные ограничения;
  - Классические модели игнорируют пространственное расположение особей;
  - Модель Дикмана-Лоу учитывает пространственное распределение и конкуренцию;
  - До сих пор не было настолько удобного инструмента для моделирования.



### **Особенности:**

- Высокопроизводительное ядро на C++;
- Удобный интерфейс вызова симуляции на Python;
- Связь между Python и C++ осуществляется через Cython;
- Поддержка различных конфигураций:
  - Многовидовые симуляции;
  - 1D, 2D и 3D пространства;
  - Различные граничные условия;

### **Преимущества:**

- Гибкая архитектура (использование шаблонов C++);
- Простая установка и использование;
- Широкие возможности для визуализации результатов;
- Не требуется глубоких знаний программирования;



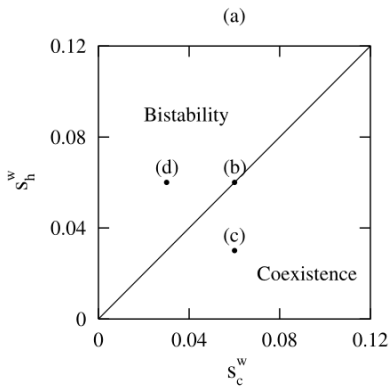
## Проделанная работа

- Реализация пространственно-событийной модели Дикмана-Лоу;
- Исследование механизмов сосуществования на основе статьи Murrell и Law:
  - Heteromyopia (НМ);
  - Competition-colonization trade-off (ССТО);
- Проведение симуляций:
  - Доминирование одного вида;
  - Сосуществование видов;
  - Случайный дрейф при идентичных параметрах;



## Heteromyopia

Механизм, при котором особи внутри вида конкурируют на большем расстоянии, чем особи разных видов.





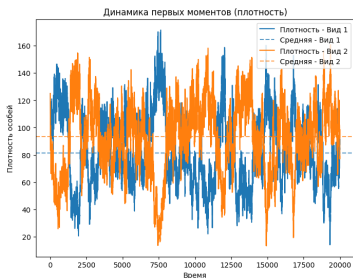
## Вымирание одного вида

- Радиус внутривидовой конкуренции меньше межвидовой;
- Более благоприятные условия для себя;



## Сосуществование

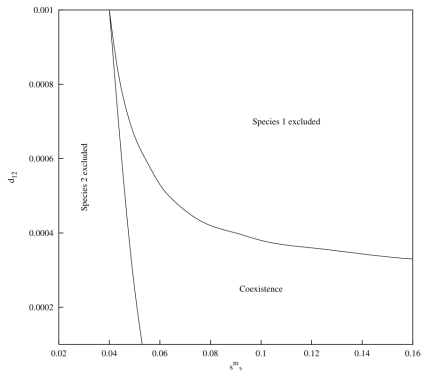
- Радиус внутривидовой конкуренции больше межвидовой;
- Более благоприятные условия для конкурента;





## Competition-colonization trade-off

Механизм, при котором один вид обладает более сильными конкурентными свойствами, а другой — более высокой способностью к распространению.





# Результаты симуляций ССТО

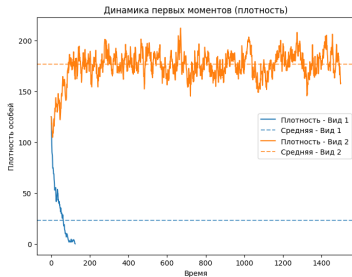
## Доминирование конкурентного вида

- Вид 1 имеет преимущество в прямой конкуренции;
- Вид 2 не может выжить из-за недостаточной скорости расселения;



## Доминирование колонизирующего вида

- Вид 2 получает преимущество за счёт быстрого расселения;
- Вид 1, несмотря на силу в конкуренции, не может выжить;

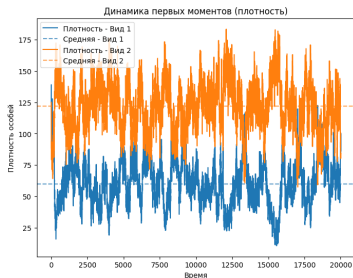






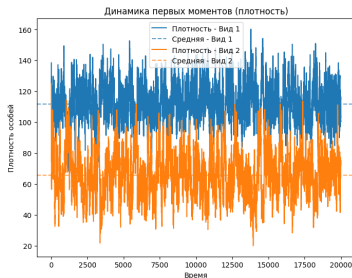
## Преобладание колонизатора

- Снижение конкурентного давления;
- Вид 2 распределяется равномерно, вид 1 очагами;



## Преобладание конкурента

- Минимальное конкурентное давление;
- Более равномерное распределение обоих видов;





## Случайный дрейф при идентичных параметрах

Эксперимент с двумя видами, имеющими абсолютно идентичные параметры, демонстрирующий принцип конкурентного исключения.



- Случайные флуктуации создают небольшое численное преимущество;
- Эффект усиливается за счёт положительной обратной связи;
- Чем больше особей одного вида, тем сильнее давление на конкурента;
- Результат: полное вытеснение одного из видов;



**Работа отправлена для комментариев и рекомендаций Ульфу Дикману**

(одному из авторов используемой модели)

*В настоящий момент ожидаем ответа*



- Разработана библиотека для стохастических симуляций на C++ с Python-интерфейсом;
- Достоверность библиотеки подтверждена успешным воспроизведением результатов статьи Murrell и Law;
- Успешно реализованы классические механизмы сосуществования видов;
- Созданы инструменты для моделирования биологических сообществ, не требующие глубоких навыков программирования;