

## РАСШИРЕНИЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ НА СЛУЧАЙ ПРОИЗВОЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ВИДОВ.

*Зеленков Виктор Константинович<sup>1</sup>*  
*Мисютин Данила Владимирович<sup>2</sup>*

1: Студент, факультет компьютерных наук НИУ ВШЭ, Москва, Россия

2: Студент, факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

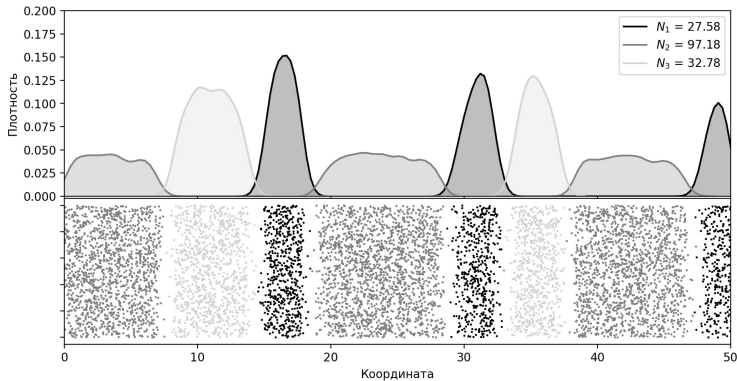
E-mail: zelenkvik@gmail.com, fueldanich@yandex.ru

Настоящая работа посвящена обобщению модели стационарных экологических сообществ (Ulf Dieckmann, Richard Law) [1–2] при поиске положения равновесия (конфигурации расположения особей при явно заданных начальных условиях, которая не меняется во времени). При этом виды характеризуются при помощи средних ожидаемых плотностей каждого вида  $N_i$  и средних ожидаемых плотностей всевозможных видовых пар на расстоянии  $\xi$ :  $C_{ij}(\xi)$ , используя различные приближения, описывающие среднюю ожидаемую плотность видовых троек  $T_{ijk}(\xi, \xi')$ . В работе исследуется расширение этой модели с двухвидового на многовидовой случай при использовании одного из возможных приближений (замыканий).

В результате такого обобщения мы получаем систему, содержащую большее количество уравнений и неизвестных, но с теми же «нелинейностями», как и в одно- и двухвидовых вариантах, что позволяет использовать уже известные в контексте данного исследования численные методы. Также появляется возможность оценить вычислительную сложность всех этих методов в зависимости от количества видов в модели. Проверка на соответствие «реальности» полученных решений производится их сопоставлений с результатами работы стохастических симуляций.

Данная симуляция реализована для ограниченной области, которая ограничена многомерным кубом, с убывающими границами. Это позволяет изучить влияние граничных условий на среднюю численность особей в зависимости от близости к границам. Моделирование происходит путём последовательной итерации событий, которые бывают двух типов. Первый это рождение особи, а второй это смерть. Таким образом, особи не имеют способности самостоятельно передвигаться. А потомки рождаются на некотором расстоянии от родителя. В статье [3] более подробно разобрана работа симуляции.

## Иллюстрации



Пример работы трёхвидовой симуляции. Видно кластеризацию особей по видам. Они отображены различными цветами. В легенде указана средняя плотность особей для каждого вида. Сверху нарисован график плотностей, а снизу расположение особей. Вертикальная координата выбрана равномерно.

Доклад подготовлен в результате проведения исследования (№ проекта 18-05-0011) в рамках Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2018 – 2019 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

## Литература

1. Law R., Dieckmann U. Moment approximations of individual-based models // *The Geometry of Ecological Interactions: Simplifying Spatial Complexity* / Ed. by U. Dieckmann, R. Law, J. Metz. Cambridge University Press, 2000. P. 252–270.
2. Law R., Murrell D., Dieckmann U. Population Growth in Space and Time: Spatial Logistic Equations // *Ecology*. 2003, V. 84, № 1, P. 252–262. <http://www.jstor.org/stable/3108013>
3. Е. Г. Галкин, В. К. Зеленков, А. А. Никитин Компьютерные симуляции и численные методы в двухвидовой модели пространственных сообществ // *International Journal of Open Information Technologies* T. 7 № 12, 2019