

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ДЛЯ МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ

*Куркин Максим Леонидович<sup>1</sup>  
Чуканов Илья Валерьевич<sup>2</sup>*

1: Студент, Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

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

*E-mail: maxkurkin@inbox.ru, tchukanovilya@yandex.ru*

Настоящая работа посвящена исследованию поведения модели (Ulf Dieckmann, Richard Law) [1] стационарных биологических сообществ в состоянии равновесия, описываемом неизменностью по времени средней ожидаемой плотности вида  $N$  и средней ожидаемой плотности пар особей, расположенных на расстоянии  $\xi$  друг от друга:  $C(\xi)$ . Также используется приближение ожидаемой плотности троек  $T(\xi, \xi')$ . В случае аналитического решения модель можно описать следующей системой интегральных уравнений и замыканием для неё:

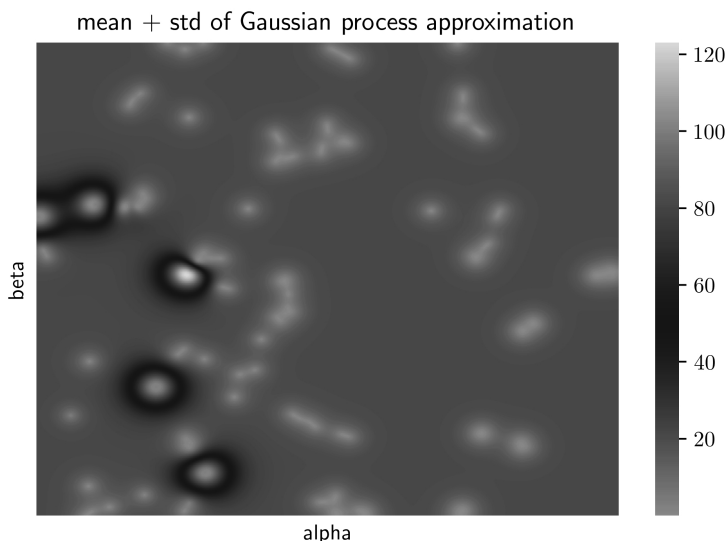
$$\begin{cases} 0 = \frac{dN}{dt} = (b - d)N - d' \int_{\mathbb{R}} C(\xi)\omega(\xi)d\xi \\ 0 = \frac{dC(\xi)}{dt} = bm(\xi)N + \int_{\mathbb{R}} bm(\xi') C(\xi + \xi') d\xi' - (d + d'\omega(\xi)) C(\xi) \\ \quad - \int_{\mathbb{R}} d'\omega(\xi') T(\xi, \xi') d\xi' \\ \begin{cases} T(\xi, \xi') \approx \frac{1}{\alpha + \gamma} \left( \alpha \frac{C(\xi)C(\xi')}{N} + \beta \frac{C(\xi)C(\xi - \xi')}{N} + \gamma \frac{C(\xi')C(\xi - \xi')}{N} - \beta N^3 \right), \\ \alpha + \beta + \gamma = 1 \end{cases} \end{cases}$$

Эта система решается численным методом рядов Неймана, сходимость которого обоснована в работе [2].

При численном же подходе модель описывается точечным Пуассоновским процессом, подробно описанным в статье [3]. Для минимизации погрешности аппроксимации аналитического решения численным был проведён априорный анализ значения ошибки в зависимости от параметров метода  $\alpha, \beta$  и получены доверительные интервалы для лучших значений и области для выбора начального приближения для дальнейшего поиска оптимальных значений параметров, а так же разработан сам алгоритм градиентного спуска для адаптивного поиска параметров в зависимости от данного численного реше-

ния.

## Иллюстрации



Априорная оценка относительной ошибки(в процентах) аппроксимации второго момента, полученного в результате симуляций с помощью численного метода в зависимости от различных значений параметров  $\alpha, \beta$ .

## 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. Николаев М. В., Никитин А. А. О существовании и единственности решения одного нелинейного интегрального уравнения // Доклады Академии наук. — 2019. — Т. 488, № 6. — С. 501–507.
3. Галкин Е. Г., Никитин А. А. Стохастическая геометрия для моделирования популяционной динамики: модель Дикмана с неподвижными особями // Вестник Моск. ун-та. Сер. 15 — 2020. — № 2. — С. 11–18.