

УДК 51-76

**Анализ агентных моделей динамики популяции
методом рекуррентных диаграмм**

А.К. Букасова, А.В. Абрамова
АлтГУ, г. Барнаул

Рекуррентные диаграммы – это метод анализа временных рядов, который состоит как из визуальных возможностей (непосредственно самих диаграмм), так и мощного численного аппарата (всевозможных мер). Сам по себе метод является обширным полем для исследования, в том числе возможности и специфики применения метода в практике построения математических моделей. Изучение и разработка алгоритмов применения рекуррентных диаграмм в математическом моделировании, в том числе разработка гибкого инструментария для реализации метода, являются важными проблемами.

Рекуррентная диаграмма – это двумерное представление, которое отображает корреляцию расстояния в динамических рядах. Рекуррентные диаграммы являются эффективным способом визуализации геометрии поведения динамической системы.

Цель исследования – определить с помощью количественных методов анализа рекуррентных диаграмм границы применимости дискретных моделей динамики популяции. В работе [1] рассматриваются наиболее распространённые обоснования использования дискретных моделей для описания популяционной динамики, такие как непосредственный переход от непрерывного уравнения к рекуррентному с помощью прямой дискретизации, моделирование популяций с перекрывающимися поколениями и др. Визуальный анализ модельных данных методом рекуррентных диаграмм показал отсутствие периодических и хаотических режимов, наблюдаемых при использовании дискретных аналогов моделей популяционной динамики. Поэтому было принято решение продолжить исследование и проанализировать модельные данные с помощью количественных методов анализа рекуррентных диаграмм [2].

Для достижения цели работы было создано семейство агентно-ориентированных моделей и проведена серия компьютерных экспериментов в среде имитационного моделирования AnyLogic. Идея состояла в том, чтобы попытаться использовать модельные данные в качестве замены полевых наблюдений над численностью реальных природных популяций.

В качестве объекта моделирования выбиралась условная популяция агентов с определёнными законами поведения:

- агенты могут свободно случайным образом передвигаться по области обитания;

- агенты потребляют возобновляемые пищевые ресурсы, распределённые по области обитания;

- в определённый момент времени агенты (самки) дают потомство (один раз за период своей жизни или несколько раз);

- смертность агентов обуславливается ограниченностью ресурсов и случайным их распределением по ареалу обитания: если агент за определённое время не находит пищевой ресурс, он погибает от голода;

- ресурсы возобновляются с определённой скоростью;

- интенсивность размножения зависит от соответствующего параметра модели (рассматривалось количество потомков от 1 до 4).

На рисунке 1 показана визуализация работы разработанной агентной модели.



Рисунок 1 – Визуализация работы агентной модели динамики условной популяции

Материал для статистической обработки формируется за счёт происходящей с заданной регулярностью периодической фиксации мгновенных значений общей численности. Затем полученные сколь угодно длинные ряды наблюдений используются в качестве исходных данных

для построения рекуррентных диаграмм с целью выявления режимов динамики, характерных для разностных моделей классического типа.

Количественный анализ рекуррентных диаграмм основан на подсчете элементов рекуррентных диаграмм в некоторых соотношениях. Численный анализ рекуррентных диаграмм позволяет вычислять меры сложности структур рекуррентных диаграмм, такие как мера рекуррентности, мера детерминизма, мера энтропии и др. [3]. Предполагается, что расчёт количественных мер рекуррентных диаграмм позволит убедиться в отсутствии хаотических и периодических режимов в численности моделируемых популяций и сделать вывод о границах применимости дискретных моделей в моделировании популяционной динамики.

В качестве инструмента для решения задачи была выбрана среда имитационного моделирования AnyLogic, позволяющая строить и анализировать модели разного типа, в том числе агентно-ориентированные модели. Построение рекуррентных диаграмм и расчёт количественных мер осуществлён в прикладном пакете Matlab.

Библиографический список

1. Топаж А. Г., Абрамова А. В., Толстопятов С. Е. Дискретные модели популяционной динамики: достоинства, проблемы и обоснование // Компьютерные исследования и моделирование – М., 2016. – Т. 8, №2. – С. 267–284.
2. Киселев В. Б. Рекуррентный анализ – теория и практика // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики – СПб., 2006. – №29. – С. 118–127.
3. Киселев В.Б., Крылов Б.А. Исследование динамики процессов методом вычисления мер количественного рекуррентного анализа в окне, смещаемом вдоль главной диагонали рекуррентной диагонали // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб., 2008. – №11(56). – С. 62–72.

УДК 51-76

Моделирование вертикальной структуры фитопланктона с учетом активных перемещений зоопланктона

Е.Е. Гиричева

ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток

Пространственная структура планктонного сообщества определяется рядом биотических и абиотических факторов. На нее влияет как температура воды, освещенность, диффузионные процессы, так взаи-