

ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ОТ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ЕЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

© Д.В. Слетков, А.А. Арзамасцев

Sletkov D.V., Arzamastsev A.A. Dependence of population numbers on the fractal dimension of its representation.

Для различных бактериальных колоний, растущих на плоской среде японские ученые [1] исследовали их фрактальную природу и проводили измерения фрактальной размерности. Для различных бактериальных штаммов фрактальная размерность колоний находилась в диапазоне от 1,72 до 1,85. В проведенных нами вычислительных экспериментах [2, 3] фрактальная размерность сформировавшихся популяций находилась в диапазоне от 1,7 до 1,9, что находится в хорошем соответствии с данными [1].

Для получения зависимости численности популяции от фрактальной размерности мы использовали зависимость следующего вида:

$$N = c \times \exp[1/(kd + b)]. \quad (1)$$

где N – количество живых клеток в популяции, d – фрактальная размерность изображения популяции, c , k , b – коэффициенты пропорциональности. Для определения коэффициентов k и b мы использовали линейную регрессию $1/\ln(N)$ от d . В дальнейшем коэффициенты k и b определяли для всего семейства экспериментов с помощью усреднения коэффициентов линейной регрессии для каждого отдельного вычислительного эксперимента. Коэффициент c выбирается отдельно для каждого вычислительного эксперимента.

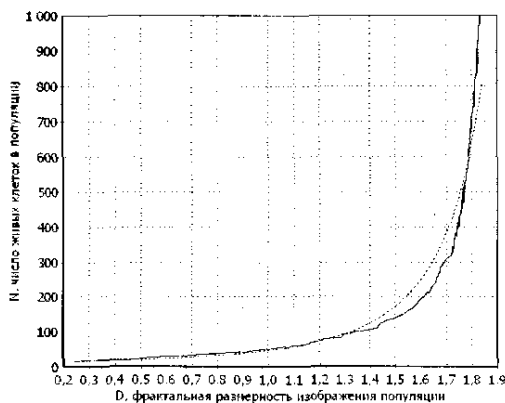


Рис. 1. Зависимость количества живых клеток в популяции от фрактальной размерности изображения популяции при завесе в четыре случайные ячейки и $Q_0 = 100$; $\Delta Q = 1$; $\Delta Q = 0$; $\eta = 0,05$; $\tau_1 = 100$; $\tau_d = 10$. Сплошная линия – данные вычислительного эксперимента, пунктирная линия – аппроксимация кинетической кривой, полученная по формуле (1)

Высокое значение коэффициента корреляции между данными вычислительного эксперимента и их аппроксимацией (табл. 1) говорит о возможности использования фрактальной размерности для определения численности популяции на ее начальном этапе развития. На рис. 1–3 изображены модельная кинетическая кривая и ее аппроксимация для одного эксперимента из каждой серии вычислительных экспериментов.

Таблица 1

Данные по аппроксимации зависимости численности популяции от фрактальной размерности для различных серий вычислительных экспериментов

Показатели	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3
Количество экспериментов	636	100	78
Коэффициент k (Ek^*)	-0,1259	-0,1279	-0,0754
Коэффициент b (Eb^*)	0,3791	0,3793	0,2606
Dk^*	$1,466 \cdot 10^{-4}$	$9,618 \cdot 10^{-5}$	$4,151 \cdot 10^{-6}$
Db^*	$5,706 \cdot 10^{-4}$	$4,185 \cdot 10^{-4}$	$1,875 \cdot 10^{-5}$
Среднее значение коэффициента корреляции между N и $\exp[1/(kd + b)]$	0,9677	0,9593	0,9806
Дисперсия коэффициента корреляции между N и $\exp[1/(kd + b)]$	0,01415	$4,628 \cdot 10^{-6}$	$1,032 \cdot 10^{-6}$

Пояснения к таблице. Вычислительный эксперимент 1: начальное расположение клеток (4 случайные ячейки); вычислительный эксперимент 2: начальное положение клеток – 4 ячейки с координатами (25,25); (25,75); (75,25); (75,75). Вычислительный эксперимент 3: начальное положение клеток – 16 ячеек, с координатами (13,13); (13,37); (13,62); (13,87); (37,13); (37,37); (37,62); (37, 87); (62,13); (62,37); (62,62); (62,87); (87,13); (87,37); (87,62); (87,87). Другие параметры и начальные условия одинаковы для всех трех экспериментов: начальное количество питательного вещества – 100; скорость потребления питательного вещества – 1; скорость восполнения питательного вещества – 0; коэффициент диффузии – 0,05; среднее значение максимальной продолжительности жизни – 100; среднее значение времени между делениями микроорганизма – 10.

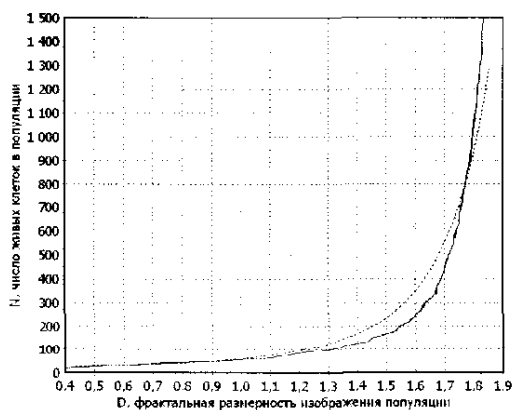


Рис. 2. Зависимость количества живых клеток в популяции от фрактальной размерности изображения популяции при засеве в четыре определенных ячейки и $Q_0 = 100$; $\Delta Q = 1$; $\Delta Q_c = 0$; $\eta = 0,05$; $\tau_l = 100$; $\tau_d = 10$. Сплошная линия – данные вычислительного эксперимента, пунктирная линия – аппроксимация кинетической кривой, полученная по формуле (1)

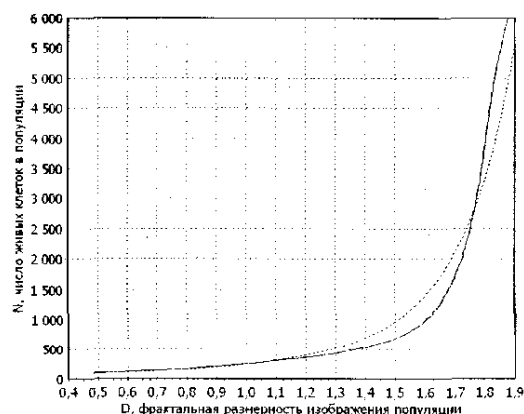


Рис. 3. Зависимость количества живых клеток в популяции от фрактальной размерности изображения популяции при засеве в шестнадцать определенных ячеек и $Q_0 = 100$; $\Delta Q = 1$; $\Delta Q_c = 0$; $\eta = 0,05$; $\tau_l = 100$; $\tau_d = 10$. Сплошная линия – данные вычислительного эксперимента, пунктирная линия – аппроксимация кинетической кривой, полученная по формуле (1)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Matsuyama T., Matsushita M.* Self-similar colony morphogenesis by gram-negative rods as the experimental model of fractal growth by a cell population // *Applied and Environmental Microbiology*. 1993. V. 58. P. 1227-1232.

2. *Слетков Д.В., Арзамасцев А.А.* Дискретная модель роста популяции микроорганизмов на плоскости // *Вестник ТГУ. Сер. Естественные и технич. науки*. Тамбов, 2005. Т. 10. Вып. 1. С. 112.
3. *Слетков Д.В., Арзамасцев А.А.* Дискретная математическая модель формирования колонии микроорганизмов, растущих на плоскости. // *Вестник ТГУ. Сер. Естественные и технич. науки*. Тамбов, 2005. Т. 10. Вып. 2. С. 193-195.

Поступила в редакцию 17 октября 2006 г.

ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

© А.С. Козадаев

Kozadaev A.S. Principals of artificial neuron network realization.

Введение. Широкие вычислительные возможности искусственных нейронных сетей (ИНС), описанные в целом ряде источников [1–5], позволяют применять их в различных сферах деятельности. Отсюда возникает необходимость в нейроэмуляторах – аппаратных, программных либо гибридных реализациях ИНС. Выбор типа реализации ИНС заключается в постановке задачи разработчика. Аппаратная реализация выигрывает в скорости, программная является более гибкой и настраиваемой и наиболее подходящей для проверки идей исследователя-разработчика [2]. Что касается гибридной ИНС, то она является компромиссом между двумя вышеописанными.

При использовании любой из перечисленных реализаций для решения поставленной задачи пользователь (заказчик) будет устанавливать определенные требования для разработчика на разрабатываемый нейроэмулятор. Вне зависимости от задач, решаемых данной ИНС, требования заказчика будут направлены в первую очередь на быстрдействие и точность вычислений. Отбрасывая вариант с трудно-настраиваемой и

зачастую неоправданно дорогой в материальном плане аппаратной реализацией ИНС, остановимся на программном варианте нейроэмулятора.

Выбор стратегии. При написании программы нейроэмулятора первым и важным вопросом для программиста является выбор типа модели нейронов ИНС и методов обучения.

При выборе стратегии обучения можно выделить следующие подходы: обучение с учителем (supervised learning), заключающееся в том, что помимо входных сигналов известны и ожидаемые. И обучение без учителя (unsupervised learning), когда известны только входные сигналы [1, 2, 4].

По причине того, что при обучении без учителя невозможно спрогнозировать или предугадать выходные сигналы, эта стратегия обучения теряет смысл, когда известны ожидаемые значения. Таким образом, для большинства задач анализа и прогнозирования можно использовать программную реализацию ИНС, используя стратегию обучения с учителем.