

УДК 519.95

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ И МОРФОЛОГИЙ КОЛОНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, РАСТУЩИХ НА ПЛОСКОСТИ

© А.А. Арзамасцев, О.А. Соломина

Ключевые слова: моделирование, мультиагентный метод, морфология объектов.

Рассмотрена задача использования мультиагентного метода для моделирования роста биологической популяции. Проведены вычислительные эксперименты с целью исследования начального расположения объектов и их морфологических характеристик.

Растущие на плоскости колонии биологических объектов отличаются значительным разнообразием форм, которые могут зависеть от места засева, наличия питательного вещества, особенностей подложки, условий взаимодействия с другими объектами.

По этой причине разработка алгоритмов, математических моделей и программ, предназначенных для анализа морфологических особенностей объектов, представляет собой актуальную научную проблему.

Целью данной работы является построение и исследование имитационной математической модели роста биологической популяции на дискретной сетке плоскости.

Выбор в качестве модели дискретного представления объекта обусловлен следующими причинами:

- вид реальной популяции, растущей на плоскости, представляет собой дискретную картину, состоящую из отдельных объектов, поэтому дискретное представление в большей степени адекватно реальному объекту, чем непрерывное;

- такое представление удобно для моделирования, поскольку клеточные автоматы являются хорошо изученным аппаратом, который начинает широко использоваться в настоящее время для моделирования в биологических, социальных и других системах.

Исследование роста колонии биологических объектов осуществляется с помощью симулятора на основе мультиагентного метода, который реализован в виде программного комплекса в среде разработки C++ Builder [1].

Объектом моделирования явились накипные лишайники (*Prototermeliopsis muralis* (Schreber) M. Choisy) (см. рис. 3а).

Из рис. 1а видно, что цветовая характеристика подложки, на которой происходит распространение лишайников, неоднородна. Также можно увидеть наличие малоактивных областей, имеющих цвет, отличный от основного цвета популяции.

На рис. 1в – внешний вид популяции по прошествии 44 итераций со следующими значениями основных параметров и начальных условий. Изображение реальной популяции преобразовывалось к размеру 60×60 и определялась середина области распространения центра раз-

вития. Заданы три типа объектов. Первый тип – клетки лишайника. Начальное положение клетки лишайника – 1 ячейка с координатами (38;29). Значения максимальной продолжительности жизни объектов первого типа задаются из промежутка (23;27). Подложка неоднородна и различается концентрацией питательного вещества. Поэтому в модели она представлена объектами двух типов: с большим содержанием питательного вещества и меньшим. Объекты питательной среды занимают все оставшиеся свободные ячейки. Вид взаимодействия – замена объекта, поскольку рост колонии происходит за счет потребления питательного вещества. Причем для управления скоростью роста колонии задается значение времени между действиями замены. В случае взаимодействия с объектами, в которых концентрация питательного вещества больше, это значение равно 1, в обратном случае – 3.

Из сравнения рис. 1а и 1в видно соответствие размера и формы областей в реальной и модельной популяции, а также размеров внутренних областей, где находятся малоактивные области популяции.

На рис. 2 изображен внешний вид популяции плесневых грибов *Aspergillus*, полученной при помощи пассивной воздушной аэрации в помещении. В качестве питательного вещества использовался агар-агар.

На рис. 3 изображен внешний вид модельной популяции со следующими значениями основных параметров и начальных условий: изображение реальной популяции преобразовывалось к размеру 100×100 и определялись середины областей распространения центров развития. Заданы два типа объектов. Первый тип – клетки плесневых грибов. Начальное положение клеток – 2 ячейки с координатами (29;61) и (70;36). Значения максимальной продолжительности жизни объектов первого типа задаются из промежутка (47;50). Подложка однородна, поэтому питательное вещество представлено объектами одного типа. Вид взаимодействия – замена объекта.

Из сравнения рис. 2 и 3 хорошо видно, что форма популяции, которая получилась в модельном эксперименте, качественно соответствует форме популяции, растущей на плоскости. Соответствия наблюдаются как в размерах, так и в форме популяции, небольшие

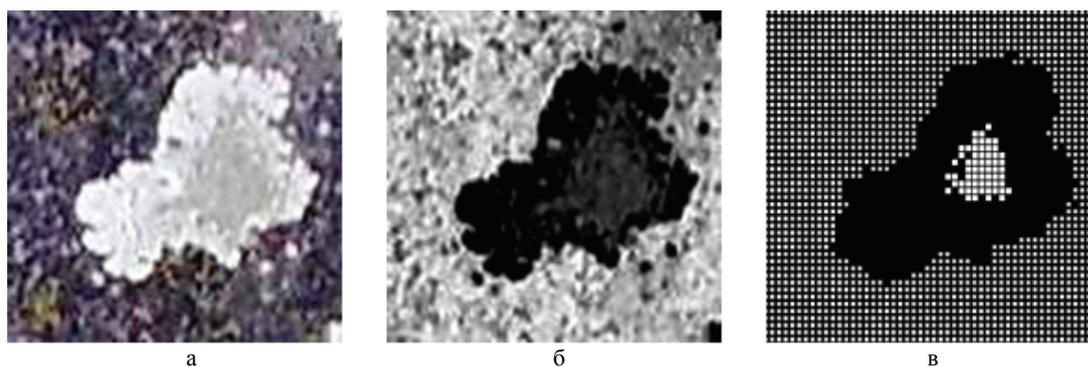


Рис. 1. Сравнение форм колоний *Protoparmeliopsis muralis* (Schreber) M.Choisy, полученных в эксперименте и по модели: а – исходное изображение; б – дополнительная обработка (увеличение контрастности); в – вычислительный эксперимент

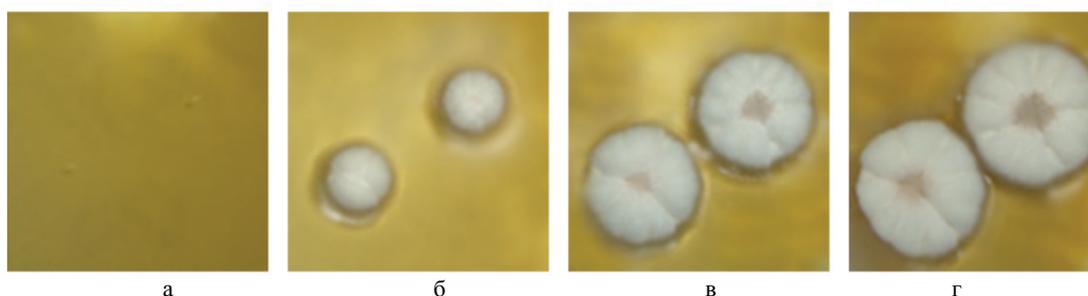


Рис. 2. Форма колонии, полученной в эксперименте в различные моменты времени: а) – 0, б) – 40, в) – 60, г) – 75 часа после засева. Размер области 3×3 см

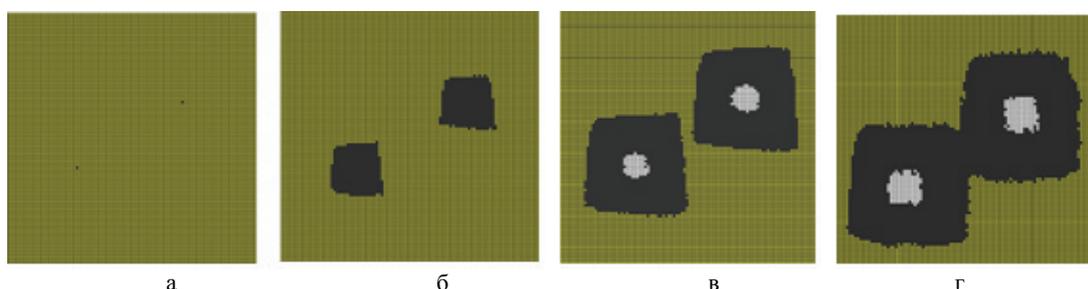


Рис. 3. Внешний вид популяции в различные моменты времени: а) – 0, б) – 40, в) – 60, г) – 75 итераций. Одна итерация равняется 1 ч

отклонения от округлых форм в модельной популяции объясняются дискретностью сетки и учетом взаимодействия с восемью ближайшими ячейками. Столкновения областей распространения рис. 2 и 3 имеют много общего для экспериментальной и модельной популяции, и имеют одинаковую динамику. Внутри областей распространения в эксперименте имеются темные пятна, связанные с малоактивными областями, также эти области хорошо заметны и в модели и развиваются похожим образом. Из сравнения заметно, что динамика экспериментальной и модельной популяции имеет много общего и происходит с одинаковой скоростью.

Таким образом, можно утверждать, что математическая модель роста колоний на плоскости позволяет описывать различные процессы роста реальных колоний на плоскости и исследовать их динамику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломина О.А., Арзамасцев А.А. Универсальный симулятор на основе клеточного автомата // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. Тамбов, 2008. Т. 13. Вып. 1. С. 109-111.

Поступила в редакцию 18 ноября 2008 г.

Arzamastsev A.A., Solomina O.A. Calculative experiment on modeling of dynamics and morphologies of colonies of the biological objects growing on a plane surface. Task of the multi-agent method usage for modeling of biological population growth is considered. Calculative experiments aimed to research the initial arrangement of objects and their morphological characteristics are spent.

Key words: modeling, multi-agent method, morphology of objects.

LITERATURE

1. Solomina O.A., Arzamastsev A.A. Universal'nyy simulyator na osnove kletochnogo avtomata // Vestnik Tambovskogo universiteta Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Tambov, 2008. T. 13. Vyp. 1. S. 109-111.