

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДОМ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА

Бактыбеков К.С., Альжанова А.Е.

Клеточные автоматы могут претендовать на роль универсального инструмента, позволяющего анализировать и моделировать сложнейшее поведение нелинейных динамических систем.

Применение теории клеточных автоматов для исследования сложных динамических систем, в которых важную роль играют диссипативные процессы, является новым направлением их исследования. Клеточные автоматы позволяют описывать сложные механизмы процесса, которые другими методами описаны быть не могут. Иначе говоря, клеточные автоматы – это методика представления задачи, которая ставит перед собой целью разбиение большой задачи на множество дискретных, мелких задач таким образом, что формулировка задачи для одного элемента одновременно является формулировкой всей задачи для всех элементов.

Клеточный автомат – дискретная динамическая система, совокупность одинаковых узлов или клеток, одинаковым образом соединенных между собой.

Отметим основные свойства модели клеточных автоматов: множество состояний узлов конечно, состояние каждого узла обновляется за последовательность дискретных шагов во времени, система тактируемая, взаимодействия узлов локальны, решетка однородная.

По типу эволюции клеточные автоматы классифицируют на четыре класса [1]:

I класс: эволюционируют к однородному в пространстве стационарному состоянию независимо от начальной конфигурации (точка).

II класс: эволюционируют к простым периодическим структурам (цикл).

III класс: представляют сложное хаотическое поведение, зависящее от их начальных условий (странный аттрактор).

IV класс: формируются распространяющиеся конфигурации или стабильные периодические структуры (в зависимости от локальных правил взаимодействия) [2].

Также существуют математические методы исследования нелинейных процессов: мультифрактальный анализ [3], расчет информационной энтропии и условного потенциала взаимодействия. Информационная энтропия вычисляется по следующей формуле:

$$S = -\sum_i p_i \ln p_i$$

где  $p_i$  – вероятность для системы оказаться в  $i$ -м состоянии [4].

Условный потенциал взаимодействия рассчитывается по следующей формуле:

$$U = \frac{1}{2} \sum_k \sum_{i,j} \frac{q_i q_j}{r_{i,j}}$$

где  $i, j$  – индексы компонент пары,  $k$  – количество радиусов взаимодействия узлов, на которые можно разбить исходную решетку,  $q_i, q_j$  – ненулевые значения узлов,  $r_{i,j}$  – расстояние между взаимодействующими узлами клеточного автомата [5].

Мы моделировали вероятностный клеточный автомат в программе MatLab, для этого были созданы m-fail типа function и проведены некоторые операции в Command Window. В листинге программы мы задаем размер клетки, т.е. количество узлов ( $n=50$ ), затем концентрацию объектов + и – объектов в начале (число плюс равно числу минус), затем рекомбинация + и -, расположенных рядом по диагонали в случайном порядке, затем процесс повторяется снова.

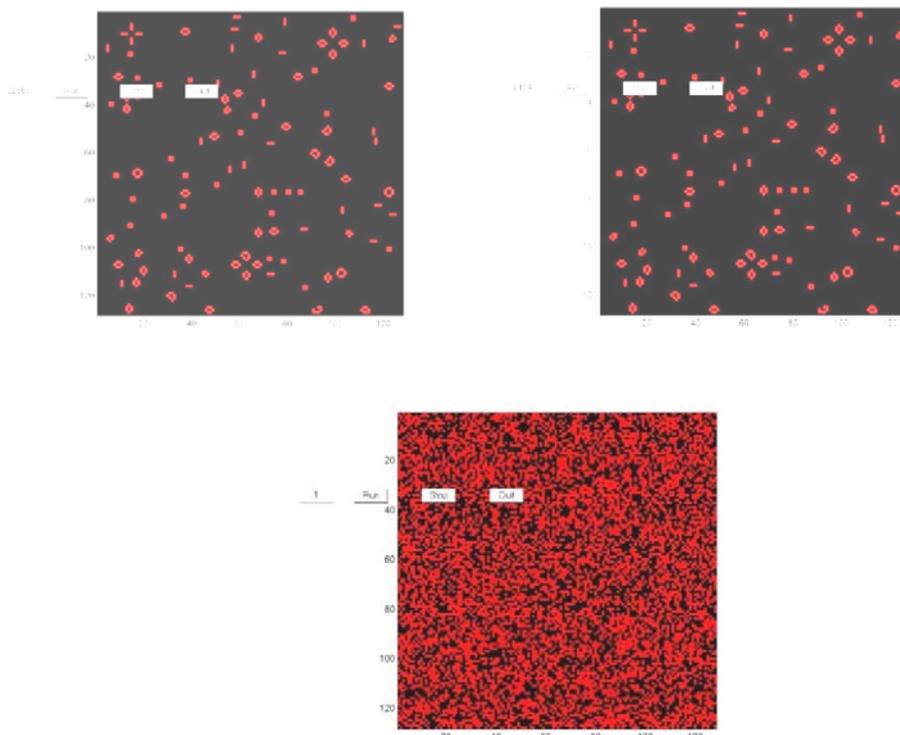


Рис. 1. Клеточный автомат.

После каждого цикла картинка запоминается, число + и – подсчитывается, и они всегда должны быть равны друг другу. Энтропия и условный потенциал взаимодействия строятся в зависимости от шага итерации системы. И так далее, пока концентрация не выйдет на насыщение. Результаты расчетов клеточного автомата представлены на рисунке 1.

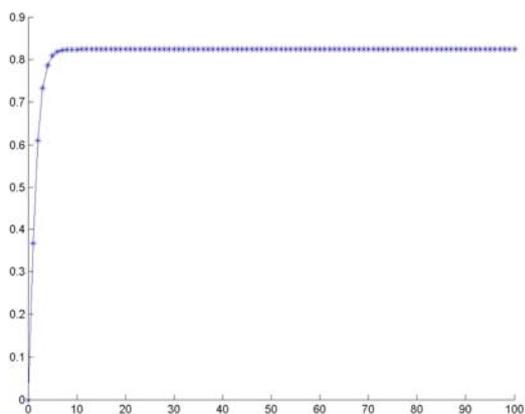


Рис. 2. Изменение информационной энтропии.

На рисунке 2 изображена эволюция энтропии в зависимости от числа итерации системы. Из рисунка видно, что энтропия

растет, насыщается и стремится к постоянному значению.

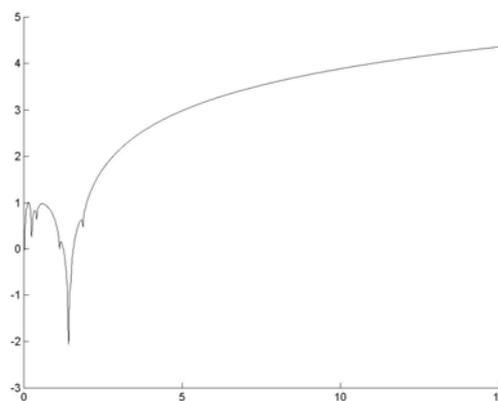


Рис. 3. Условный потенциал взаимодействия.

Из рисунка 3 видно, что условный потенциал взаимодействия сначала положительный, затем принимает отрицательные значения, а потом снова растет.

Клеточные автоматы позволяют нам моделировать нелинейные процессы в открытых системах. При моделировании процессов с помощью клеточных автоматов появляется возможность пошагово следить за изменениями параметров системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 S. Wolfram. *Rev. Mod. Phys.* (1983) 55 601-644
- 2 Ваняг В.К. // УФН. – 1999. – Т.169. – №5. – С. 481-504.
- 3 Божокин С.В., Паршин Д.А.. Фракталы и мультифракталы. – Москва-Ижевск: НИЦ «РХД», 2001.–128 с.
- 4 Хакен Г. Информация и самоорганизация.–М.: Мир, 1991. – 240 с.
- 5 K.S. Baktybekov, S.G. Karstina, E.N. Vertyagina. *Eurasian Phys. Tech. J.* (2004) 1 No.1 19-23.

## Түйін

Бұл баптада біз компьютерлік моделдеу жасадық. MatLab программа арқасында клеткалық автоматтың және энтропияның эволюцияны реализацияларыны көрсеттік.

## Conclusion

In this paper we do the computer model. We use the MatLab program to show the realization of cellular automat and entropy evolution.

**ВИДОВОЙ СОСТАВ, ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ  
БАТРАХОФАУНЫ И ГЕРПЕТОФАУНЫ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Брагина Т.М., Валяева Е.А.,  
Соловьев А.И.**

Батрахо- и герпетофауна являются важной составной частью многих фаунистических комплексов наземных позвоночных, в то же время амфибии и рептилии остаются мало изученными во многих регионах Северного Казахстана, в том числе в Костанайской области.

Целью данной работы явилось изучение особенностей распределения и морфометрических показателей некоторых представителей земноводных и рептилий. Измерения отдельных особей земноводных проводились в период пеших маршрутов по стандартной методике [1], в том числе измерялись длина тела, бедра, голени и задней лапки. Морфометрии подвергались разновозрастные, но уже бесхвостые особи и отдельно – взрослые экземпляры. У ящериц проведены замеры туловища и хвоста, у змей – длина тела.

Сборы и учеты были проведены на 6 маршрутах, в том числе обследованы следующие участки: г. Костанай – район Большого моста; правый берег р. Тобол (23.07.10); район п. Затобольска (23.07.10); Сарыкольский район – окрестности п. Новое (31.07.10); Карасуский район – окрестности п. Карамырза (2.08.10); Боровской район – окрестности п. Молодёжное (12.08.10.); Фёдоровский район – окрестности п. Кена-

рал (20.08.10.); Каменное озеро – Костанайский район (30.08.10.). Кроме того, наблюдения проводились в период комплексных экспедиций в разные точки региона. В период специальных исследований было отловлено и измерено 174 экземпляра зеленой жабы, 16 экземпляров остромордой лягушки, 40 экземпляров прыткой ящерицы, 9 экземпляров обыкновенного ужа и 11 экземпляров обыкновенной гадюки.

Некоторые сведения об амфибиях и рептилиях Костанайской области и сопредельных территорий приводятся в литературе [2-6], среди которых наиболее обстоятельна работа Л.Г. Динесмана, изучавшего этих позвоночных на юго-востоке Тургайской столовой страны и в Северном Приаралье [2], однако им была посещена преимущественно южная часть территории Костанайской области. Анализ материалов и проведенных исследований показал, что на территории Костанайской области возможно обитание 5 видов амфибий – обыкновенная чесночница (*Pelobates fuscus* Laur., 1786), зелёная жаба (*Bufo viridis* Laur., 1786), остромордая лягушка (*Rana terrestris* Nilsson 1842), травяная лягушка (*Rana temporaria* L., 1758) и озерная лягушка (*Rana ridibunda* Pall., 1771), при этом последний вид был отмечен Л.Г. Динесманом только в пресновод-