

Лабораторная работа № 1

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Цель работы: получить навык имитационного моделирования сложных динамических систем с использованием клеточных автоматов на примере моделей биологических систем.

Задание на лабораторную работу

Задача I. Клеточный автомат "*Жизнь*"

Выполнить программную реализацию клеточного автомата, функционирующего в соответствии со следующими правилами:

- 1) клетка может находиться в двух состояниях - пассивном и активном;
- 2) в качестве окрестности рассматривается восемь соседних клеток;
- 3) если в окрестности пассивной клетки две активных, то данная клетка также становится активной ("рождается");
- 4) если в окрестности активной клетки три или более активных клеток, то она становится пассивной ("умирает").

Реализовать алгоритм на клеточном пространстве 32х32 ячеек. Начальное распределение активных и пассивных клеток – случайное, подчиняющееся равномерному закону распределения. Также подобрать начальные распределения, соответствующие стационарным и циклическим структурам (по три примера каждой структуры).

Задача II. Клеточный автомат "*Нейронная сеть*"

Данный автомат имитирует явления в однородной двумерной нейронной сети, состоящей из возбудимых элементов и функционирует по следующим правилам:

- 1) клетка может находиться в трех состояниях: покоя, активном и состоянии восстановления;
- 2) в качестве окрестности рассматриваются восемь соседних клеток;
- 3) переход в состояние активности зависит от некоторого параметра, называемого *уровнем активатора*. В возбужденном состоянии клетки уровень активатора равен 1. В других состояниях он распадается на $A\%$ за такт;
- 4) если клетка была в покое и общее количество активатора в восьми соседних и в данной клетке превысило порог активации Π , то клетка возбуждается на T тактов;
- 5) через T тактов возбужденная клетка переходит в состояние восстановления на B тактов, а затем в переходит в состояние покоя.

Реализовать алгоритм при следующих параметрах: клеточное пространство 256×256 ячеек, $A = 30\%$, $\Pi = 3$, $T = 5$, $B = 8$. Начальное распределение состояния клеток задано плоским фронтом. Также имеется периодический источник возбуждения (3×3 клетки) с периодом 15 тактов. Выявить характер взаимодействия между собой различных фронтов возбуждения.

Задача III. Клеточный автомат "Организмы - питательная среда"

Клеточный автомат моделирует взаимодействие одноклеточных организмов с питательной средой и функционирует по следующим правилам:

- 1) клеточное пространство образует поле $N \times N$ клеток;
- 2) окрестность клетки составляют восемь соседних клеток;
- 3) каждой клетке соответствует значение P степени питательности раствора (энергоемкости), которое может изменяться от 0 до P_{\max} ;
- 4) прирост ΔP питательности (энергоемкости) раствора клетки за такт времени выполняется следующим образом: $\Delta P = 0$ при $P = P_{\max}$ и $\Delta P = r$ при $P < P_{\max}$, где r – скорость прироста питательности;
- 5) общий запас энергии питательного раствора определяется суммарной питательностью (энергией) всех клеток и не может быть более $N^2 P_{\max}$;
- 6) клетка может быть свободной или содержать не более одного одноклеточного или другого живого организма;
- 7) отдельная особь одноклеточного черпает энергию из питательного раствора клетки, в которой она находится, снижая его питательность и повышая свой запас энергии на Δp за такт;
- 8) максимально возможное количество энергии, запасаемое одноклеточным, не превышает p_1 ;
- 9) на свои нужды отдельная особь затрачивает Δe энергии за такт;
- 10) особь всегда старается перейти на соседнюю свободную клетку, выбирая направление перехода случайным образом;
- 11) время жизни отдельной особи составляет L тактов;
- 12) если время жизни особи превысило продолжительность жизни для данных организмов или запас энергии снизился до нуля, то особь умирает;
- 13) начиная с возраста T тактов особь считается зрелой и может производить себе подобных, затрачивая Δg энергии при каждом делении дополнительно. При этом старая особь переходит на свободную соседнюю клетку, а новая остается в старой. Если свободных клеток в окрестности нет, то деления не происходит;
- 14) начальное распределение особей по клеточному пространству подчинено равномерному закону распределения. Начальное число особей составляет $A\%$ максимально возможного, равного N^2 .

Реализовать алгоритм при следующих параметрах: клеточное пространство 256×256 ячеек, $P_{\max} = 10$, $r = 1$, $A = 30\%$, $L = 15$, $T = 3$, $\Delta p = 5$, $p_1 = 35$,

$\Delta e=2$, $\Delta r=3$. Выявить характерные зависимости в поведении колонии одноклеточных.

Задача IV. Модифицированный клеточный автомат "Организмы - питательная среда"

Выполнить модификацию алгоритма из задачи III, заменив правило 10 на следующее: особь всегда старается перейти на соседнюю свободную клетку с наибольшим уровнем энергоемкости. Если ячейки в окрестности, имеют меньший запас энергии, то особь остается в прежней клетке.

Как изменится *поведение колонии одноклеточных? Какие явления самоорганизации в данном случае возникают?*

Отчетность

По результатам решения задач I – IV составить отчет по лабораторной работе, который должен содержать постановку решаемых задач, описание особенностей программной реализации приведенных клеточных автоматов, визуализацию характерных состояний автоматов, анализ полученных результатов и выводы по работе.