11. Рассказать об устройстве рабочего поля перколяционно-клеточного автомата и прокомментировать пример его прикладнго применения.

Рассказать об устройстве рабочего поля перколяционно-клеточного автомата и прокомментировать пример его прикладного применения.

Пусть задано конечное мн-во X_0 – состояний одной клетки. Для простоты считаем, что

$$X_0 = \begin{cases} -(p-1),\dots,-1, & \text{если она имеет синий цвет (с)} \\ 0, & \text{если она имеет белый цвет (б)} \\ 1,\dots,(p-1), & \text{если она имеет красный цвет (к)} \end{cases}$$

Пусть $X_{ij} = X_0$ для каждой клетки с координатами (i,j) двумерной целочисленной решетки $Z = Z^2$, предварительно разместив цвета клеток равномерно случайно по рабочему полю согласно условию: $N(s)_к + N(s)_с + N(s)_б = N_0$ - const, где $N(s)_{к,с,б}$ – число клеток данного цвета в момент времени s, при этом $N(s)_б, N_0$ – const.

Каждая клетка с координатами (i,j) опрашивает своих соседей по окрестности Мура с $r=1$ об их цвете:

- если цвета совпадают, то состояния этих клеток не меняются;
- если цвета разные, то:
  • в случае белого цвета, помимо его сохранения, через эту клетку строится вектор длины $r=2$, и в клетке на конце этого вектора цвет не меняется;
  • в случае иного цвета, состояние клетки меняется на 1 в пользу цвета клетки-источника, помимо такого акта, через эту клетку строится вектор длины $r=2$, и в клетке на конце этого вектора цвет также изменится, если она не белая, и не одного цвета с клеткой источником.

Применение клеточных автоматов для математического моделирования динамических процессов

Пожалуй наиболее частое и развитое направление применения клеточных автоматов — это математическое моделирование динамических процессов. При математическом моделировании физических явлений часто возникает ситуация, когда рассматриваемую задачу нельзя решить аналитически, а расчет ее а виде разностной схемы приводит к появлению различного рода неустойчивостей. Ряд проблем возникает при решении задач в областях сложной формы.
В процессе описания физического явления при помощи совокупности дифференциальных уравнений происходит замена физической реальности, часто носящей дискретный характер (молекулы в газодинамике, элементарные заряды в электричества и т. д.), непрерывной моделью. При переходе к разностным схемам пространство и время в этой непрерывной модели делаются вновь дискретными, а после реализации их на компьютере все величины рассматриваются с ограниченной точностью.

Отсюда напрашивается вывод о том, что целесообразно сразу строить дискретные модели физических явлений. Одним из классов таких моделей являются клеточные автоматы.
Разумеется, этот подход не является панацеей и имеет наряду с достоинствами ряд серьезных недостатков. Поэтому тем более важно выяснить, какова «экологическая ниша» таких моделей, в частности, в газовой динамике.
Клеточный автомат представляет собой математическую модель физического процесса, в которой время и пространство дискретны (совокупность значений, принимаемых пространственными координатами называется полем клеточного автомата), а все зависимые величины могут принимать конечный набор значений. Клеточный автомат обладает свойством локальности, т. е. на каждом временном шаге новое состояние некоторой точки зависит лишь от состояния точек в небольшой её окрестности. Кроме того, эта зависимость однородна в пространстве в каждой точке применяются одни и те же правила.

В настоящее время клеточные автоматы используются, как вычислительный инструмент для большого круга различных задач. Они могут упрощать расчеты в тех случаях, когда традиционные подходы приводят к сложным и требующим большого времени вычислениям.
Вероятно, это послужило основанием для того, чтобы применить решеточные газы - один из классов клеточных автоматов - для решения задач газодинамики.

Одной из первых удачных попыток такого рода был "HPP-газ" (названный по первым буквам фамилий своих создателей). Поле этого клеточного автомата представляет собой ортогональную решетку (2-х или 3-х мерную).

Возможные состояния клетки соответствуют наличию в ней частиц, движущихся параллельно осям координат (не более одной частицы на каждое направление). На каждом временном шаге частица перемещается на одну клетку. Столкновения частиц считаются абсолютно упругими. Несмотря на имеющуюся ярко выраженную анизотропию модели (скорости частиц строго параллельны осям координат), макроскопическая картина поведения автомата является изотропной.

Тем не менее, двумерный вариант этого, автомата имеет один недостаток, который в некоторых случаях является существенным: его макродинамическое поведение не удовлетворяет уравнению Навье-Стокса. Этого недостатка лишен автомат «ТИР-газ», поле которого - гексагональная решетка, образованная равносторонними треугольниками. Более высокий порядок симметрии обеспечивает выполнение уравнения Навье-Стокса для этого клеточного автомата. С другой стороны, особая структура поля несколько усложняет его реализацию на компьютере и замедляют вычисления.
Газ, описываемый данным клеточным автоматом, естественно, является идеальным, т. е. взаимодействие между частицами сводится к упругим столкновениям. Последнее исключает возможность моделирования газодинамических процессов, в которых вещество существует в различных фазах, в частности, процессов, происходящих на границе раздела сред. Между тем, при решении подобных задач с помощью разностных методов возникают трудности, подчас непреодолимые, и использование в этом случае клеточных автоматов могло бы быть вполне уместным.

Одним из существенных недостатков всех этих моделей является их принципиальная изотермичность.
Решеточные газы не являются единственным классом клеточных автоматов при помощи которых можно моделировать процессы в газах.

Влияние на развитие наук

Хотя игра состоит всего из двух простых правил, тем не менее она более сорока лет привлекает пристальное внимание учёных. Игра «Жизнь» и ее модификации повлияла (в ряде случаев взаимно) на многие разделы таких точных наук как математика, информатика, физика. Это, в частности:

- Теория автоматов,
- Теория алгоритмов,
- Теория игр и математическое программирование,
- Алгебра и теория чисел,
- Теория вероятностей и математическая статистика,
- Комбинаторика и теория графов,
- Фрактальная геометрия,
- Вычислительная математика,
- Теория принятия решений,
- Математическое моделирование.

Кроме того, многие закономерности, обнаруженные в игре, имеют свои аналогии в других, подчас совершенно «нематематических» дисциплинах.

Вот список наук, теории которых имеют интересные точки соприкосновения с феноменами «Жизни»:

- Кибернетика. Сама игра является удачной попыткой Конвея доказать существование простых самовоспроизводящихся систем.
- Биология. Внешнее сходство с развитием популяций примитивных организмов впечатляет.
- Физиология. Рождение и смерть клеток аналогичны процессу возникновения и исчезновения нейронных импульсов, которые и формируют процесс мышления. А также аналогичны созданию импульсов в нервной системе многоклеточных организмов.
- Астрономия. Эволюции некоторых сложных колоний удивительным образом схематично повторяют этапы развития спиралевидных галактик.
- Физика твёрдого тела. Теория автоматов вообще и игра «Жизнь» в частности используются для анализа «явлений переноса» — диффузии, вязкости и теплопроводности.
- Квантовая физика. Поведение «жизненных» ячеек (рождение новых и взаимное уничтожение) во многом напоминают процессы, происходящие при столкновении элементарных частиц.
- Наномеханика. Стационарные и пульсирующие колонии являются показательным примером простейших устройств, созданных на основе нанотехнологий.
- Электротехника. Правила игры используются для моделирования самовосстанавливающихся электрических цепей.
- Химия. Конфигурации, подобные строящимся в игре, возникают во время химических реакций на поверхности, в частности в опытах М. С. Шакаевой возникают движущиеся молекулярные конструкции аналогичные «жизненному» планеру. Также предпринимаются попытки объяснить периодические химические реакции с помощью многомерных клеточных автоматов. Самоорганизацией элементарных частиц также занимается супрамолекулярная химия.
- Социология. Процессы доминации, вытеснения, поглощения, сосуществования, слияния и уничтожения популяций во многих аспектах схожи с явлениями, происходящими при взаимодействии больших, средних и малых социальных групп.
- Философия. Приведённый список примеров снова наводит на мысль, что всё во Вселенной развивается по одним и тем же нескольким фундаментальным законам, пока ещё не познанным человеком.

Возможно, эта игра связана и с другими научными явлениями, в том числе и с теми, о которых современной науке пока неизвестно. Также возможно, что не открытые на сегодня законы Природы и Общества станут более понятными благодаря «Жизни» и ее модификациям.

Источник
https://neuronus.com/theory/ca/654-kletochnye-avtomaty-chast-iii-primenenie-kletochnykh-avtomatov.html