

# Лекция №11. Ограниченная диффузией агрегация

На прошлой лекции немного разобрали случайное блуждание частицы. Теорию перколяции рассказать могу, но не очень хочу. Мне лень было ее писать.

Поэтому поговорим про ОДА. Он же алгоритм ограниченной диффузией агрегации. Модель представляет собой некое представление процесса роста кристаллов, электрохимического осаждения частиц на поверхность — гальваники и некоторых подобных процессов. Отдельные частицы свободно блуждают, но, столкнувшись, слипаются. Для уменьшения сложности моделирования можно принять, что кластер — формируемая структура — единственный предмет, к которому могут прилипнуть блуждающие частицы, а друг с другом они не слипаются, находясь в растворе.

Кроме этого текста стоит одним глазом глянуть на описание этой модели в книге Тарасевича.

**Постановка 1.** Пусть есть прямоугольное поле. Размеры поля заданы заранее. Например, 10x20 клеток.

Поле будет использоваться для хранения результата осаждения. Поле можно задать, например, двумерным массивом целых чисел. «Дно» поля — подложка, при столкновении с ней частица прилипает. При прилипании клетка поля считается занятой и к прилипшей частице тоже могут прилипать другие частицы. Поле замкнуто цилиндрически, при переходе через боковые границы частицы оказываются на противоположной стороне на той же высоте над подложкой, что и были. Частицы двигаются шагами. Движение носит случайный характер, то есть является броуновским. Частица может ходить вверх-вниз и в стороны, то есть в четыре соседних ячейки. Если частица передвигается в клетку, рядом с которой находится подложка или прилипшая частица, пришедшая частица прилипает и становится частью кластера.

Подсказки.

- В процессе моделирования можно одновременно двигать множество частиц, но в процессе движения друг к другу они не прилипают и могут находиться в одной и той же ячейке независимо. То есть в движении частицы не замечают друг друга. Хорошим вариантом будет в качестве структуры данных, хранящей информацию о движущейся частице, использовать только ячейки с ее нынешними координатами, а не передвигать ее аватар по полю, так можно избежать проблем с пересечением положений нескольких частиц.

- Для того, чтобы блуждания носили достаточно случайный характер, частицы должны перед прилипанием сделать достаточно много шагов, что означает, что расстояние от места появления до подложки должно быть достаточно большим, например не менее 50. В случае большого количества прилипших частиц «высота» выросшей структуры может достигнуть больших значений и новые клетки могут находиться слишком близко к кластеру, поэтому имеет смысл при росте максимальной высоты структуры увеличивать и высоту появления новых частиц.
- При уходе частицы на большую высоту в процессе блуждания время возвращения может вырастать до весьма больших значений и может мешать быстройдействию моделирующей программы, поэтому частицы, ушедшие слишком далеко, должны исключаться из моделирования. Высота, на которой частица считается потерянной, должна существенно превышать высоту генерации новых частиц, например в 2-3 раза.
- При блужданиях частицы нет необходимости ограничиваться только заданным заранее полем. В случае хранения состояния частицы в виде пары координат, нет разницы, находится ли частица на поле или нет. Просто в случае нахождения ее на поле можно проверить, не заняты ли соседние ячейки.

**Алгоритм.** Ход: частица блуждает случайно. Каждый ход делает движение в одну из четырех сторон. В случае нахождения на поле, проверяем соседние клетки на занятость, в случае столкновения с подложкой или прилипшей частицей, ход частицы прекращает моделироваться, а на поле появляется новая прилипшая частица. Например, свободные клетки поля можно задать нулями, а клетки с прилипшими частицами — единицами. Переход через границу обсуждался на прошлой лекции и с тех пор способы его рассмотрения не поменялись.

Проверка соседей: для проверки требуется для начала узнать координаты соседних клеток. Для этого можно использовать тот же способ, что и для передвижения, то есть  $x_{\text{прав}} = (x + 1 + Q_x) \% Q_x$ ;  $x_{\text{лев}} = (x - 1 + Q_x) \% Q_x$ . Для вертикальной координаты все проще, но также нужно учитывать, что не для всех клеток есть соседи, находящиеся внутри поля. Поэтому предлагается обрабатывать случай нулевой высоты отдельно и при достижении ее тут же прилеплять частицу, а также не обрабатывать клетки на верхней границе, чтобы не писать множество дополнительных условий в обработке хода. Для проверки наличия соседей достаточно посчитать сумму значений в соседних клетках, и если сумма не равна нулю, то частица прилипает.



Рис. 1: Дендрит на подложке

В качестве окончания моделирования можно принять дораствание кластера до высоты поля за исключением верхней границы.

В качестве иллюстрации результатов приведу картинку, нарисованную самописной программкой. Структуры, порожденные таким способом, имеют некоторую степень фрактальности, впрочем о ней — позже.

**Постановка 2.** В данной постановке базовые вещи остаются теми же. Поле прямоугольное. Ход в соседние 4 клетки, прилипание к прилипшим частицам. Отличия: нет подложки, основой для формирования кластера является единственная ячейка в центре поля. Новые частицы появляются на расстоянии от центра поля и условие прекращения моделирования частицы — вылет на слишком большое расстояние от центра поля, поле не является замкнутым. По сути пространство для этой модели может быть бесконечным в двух координатах, но это не выгодно с точки зрения времени моделирования.

Все остальное то же самое.

В пример привести рисунок именно от такой же модели не могу — было лень писать новую программу, а среди старых сходу не нашел. На примере программа, моделирующая рост кластера не в клеточном автомате, частицы не распределены по клеткам поля, а находятся в любой точке пространства, прилипают при приближении на достаточное или меньшее расстояние к прилипшим частицам. Ход частицы моделируется случайным выбором направления и длины хода (в некотором заданном диапазоне). К

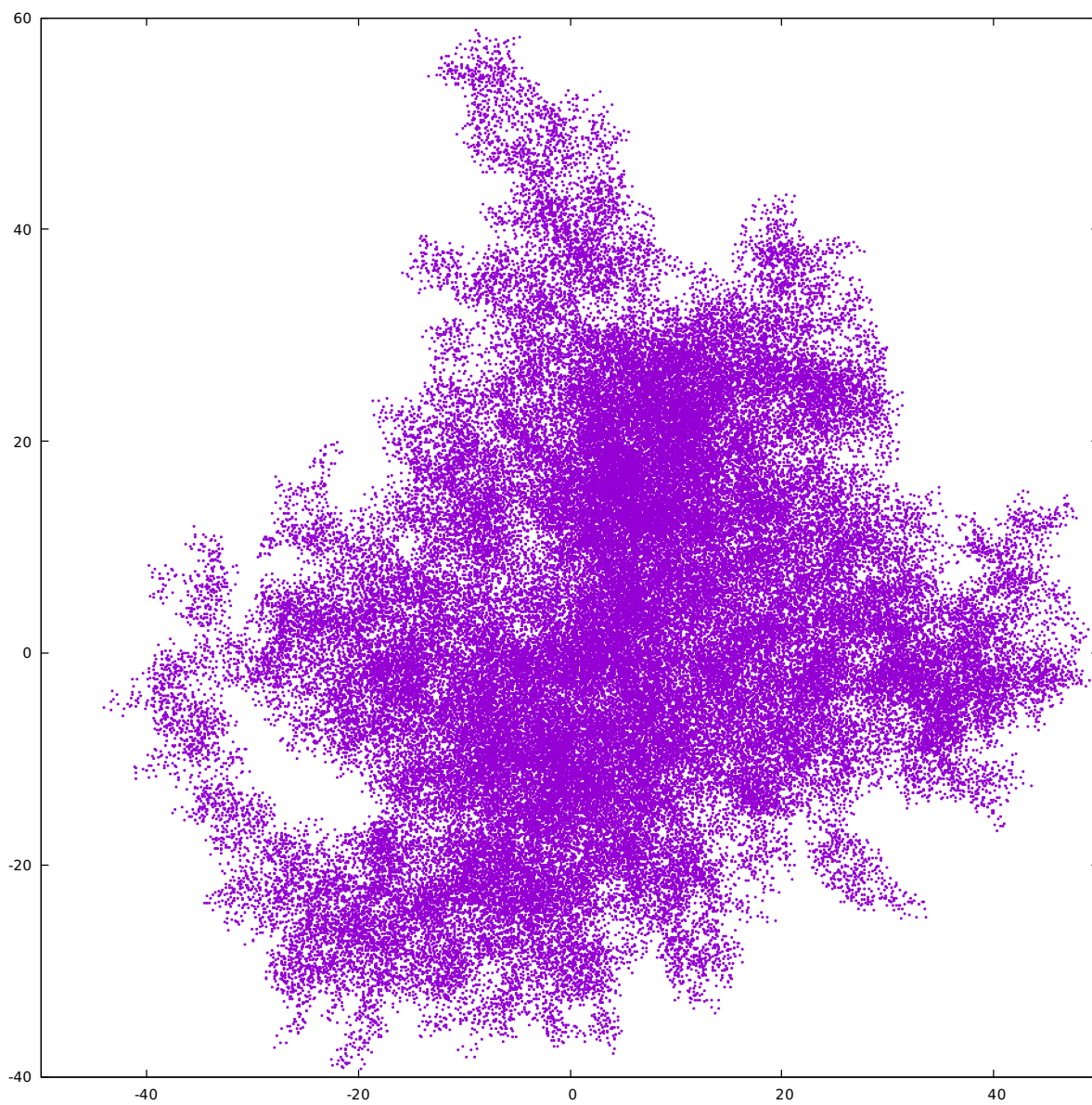


Рис. 2: Кластер

слову, это одна из лабораторных на автомат.

### **Контрольные вопросы.**

1. Сколько вариантов хода у частицы? В каких направлениях и на какое расстояние за один ход она может подвинуться?
2. В первой постановке как определить, что частица находится внутри поля?
3. Ограничено ли количество шагов, которые может в течение полета сделать частица?
4. Какие есть варианты хранения состояния частицы?