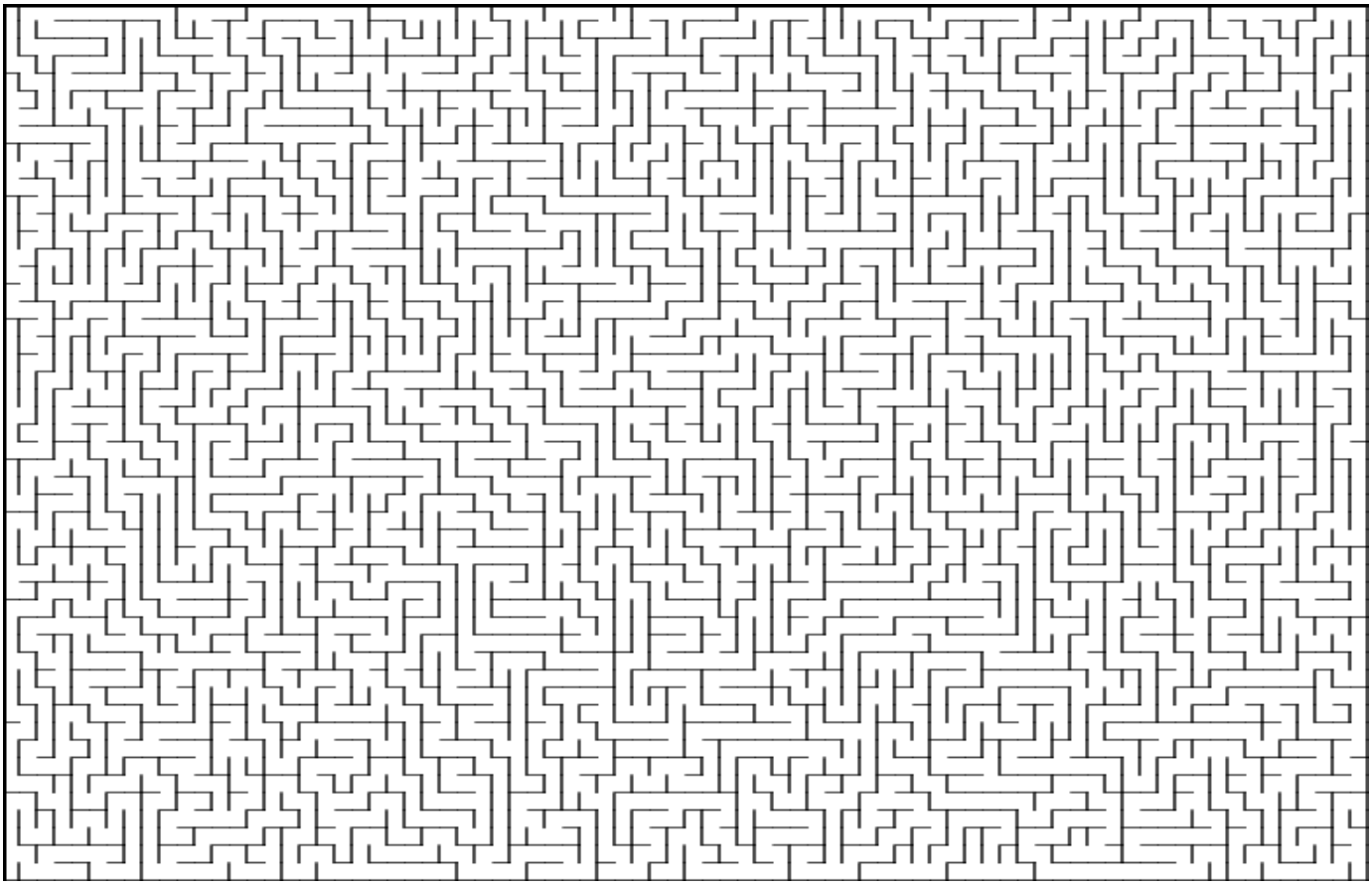
RussDragon
23 янв 2017 в 15:16

Классические алгоритмы генерации лабиринтов. Часть 1: вступление

8 мин 58K

Программирование*, Разработка игр*, Алгоритмы*, Lua*

Туториал



Предисловие

На написание статьи меня сподвигло практически полное отсутствие материалов на русском языке про алгоритмы генерации лабиринтов. На Хабре, из того, что вообще есть по теме, можно отметить две статьи: раз и два. Ценность и пользу из которых несет лишь вторая. В первой – просто перевод формального алгоритма и небольшое его пояснение. Что, конечно, неплохо, но очень скудно и не вызывает желания изучать тему дальше.

Если моя статья Вам понравится, я продолжу писать о различных алгоритмах. Мы рассмотрим два самых примитивных и простых случая – генерация двоичного дерева и Сайдвиндер, который, по своей сути, просто чуть измененная версия двоичного дерева с

одним заметным плюсом. **ОСТОРОЖНО ТРАФИК**.

Дам один совет – не подглядывайте в код до тех пор, пока вы не напишите свою реализацию. Вы получите гораздо больше удовольствия и пользы от исправления багов и поиска ошибок, чем если просто переведете с одного языка на другой.

Серьезно. Прислушайтесь к совету. Вы, верно, потратите больше времени, но оно стоит стоит. У меня, например, из-за пары ошибок появился очень забавный генератор «инопланетных» текстов, который можно использовать в различных Sci-Fi играх для создания текста. Надеюсь, Вы изучаете тему для себя и никуда не спешите.

P.S.:

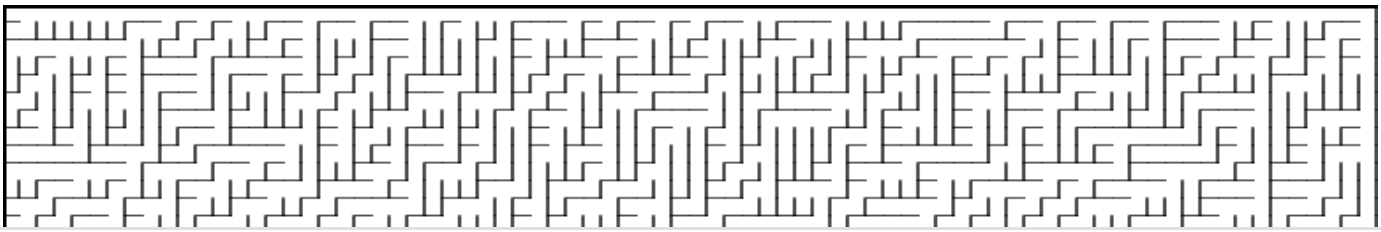
Я буду использовать термин «**смещение**», предполагая английский bias. Т.е. пристрастие алгоритма к направленности в какую-либо сторону. Например, правое смещение – алгоритм генерирует лабиринты с длинными правыми проходами.

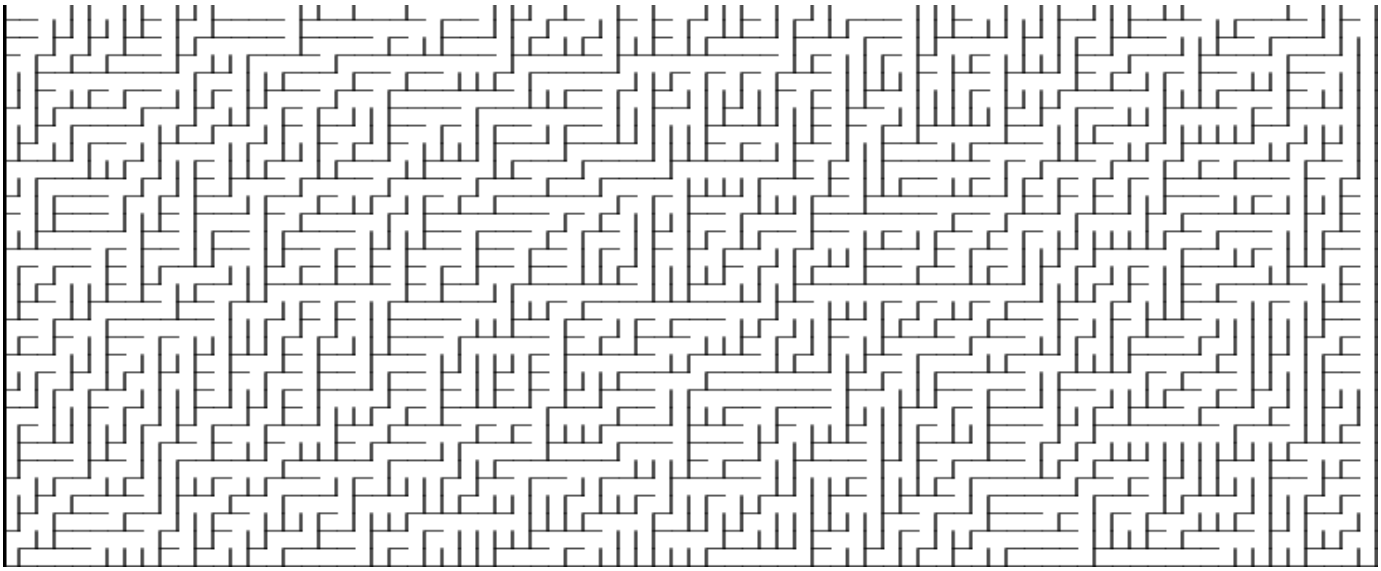
Раскраска лабиринтов происходит относительно расстояния от крайнего левого угла поля до некоторой клетки. Чем дальше от начальной координаты – тем темнее будет цвет.

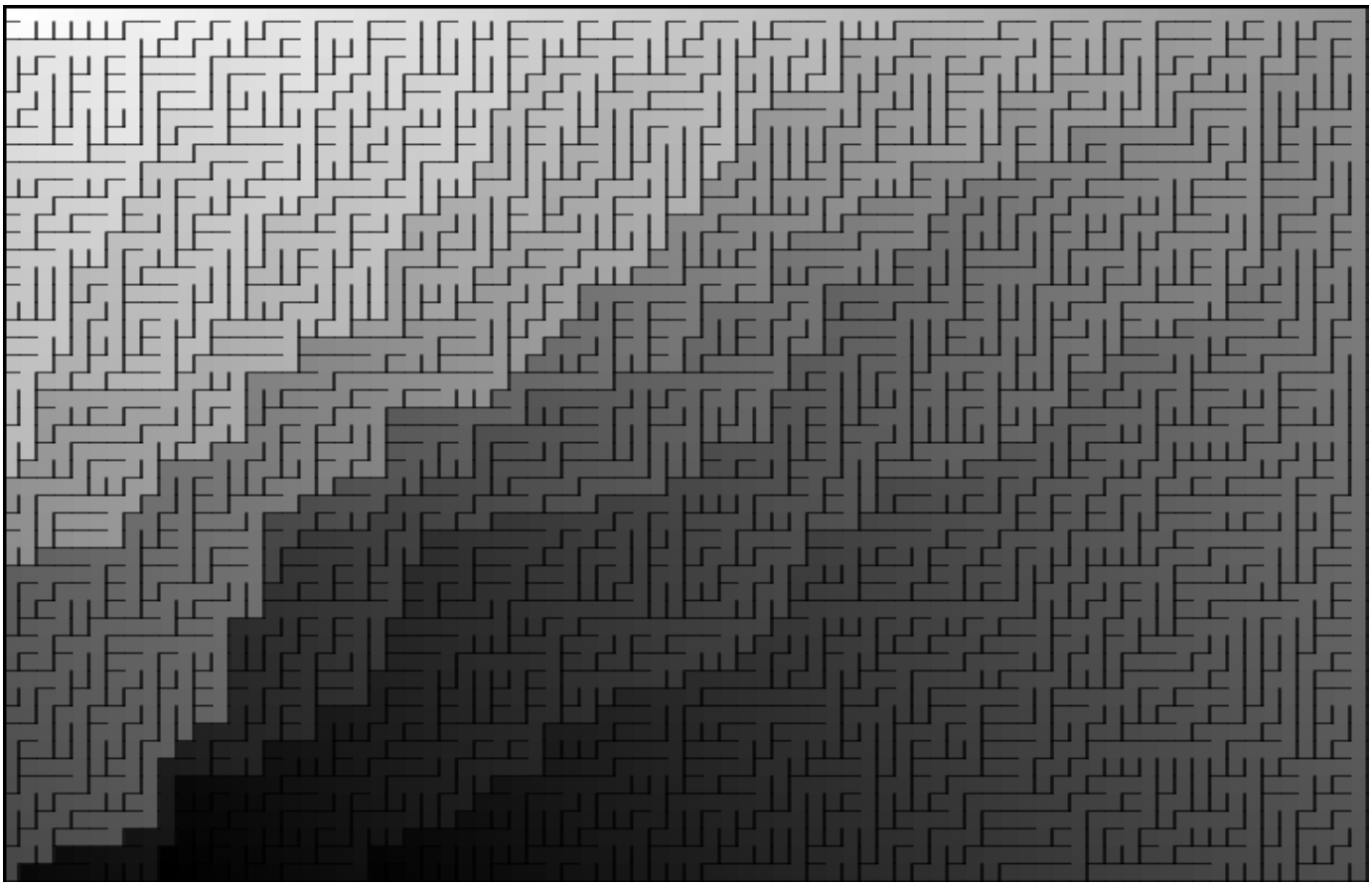
Идеальный лабиринт – такой лабиринт, в котором одна клетка связана с другой одним единственным путем. Иначе говоря, остовное дерево.

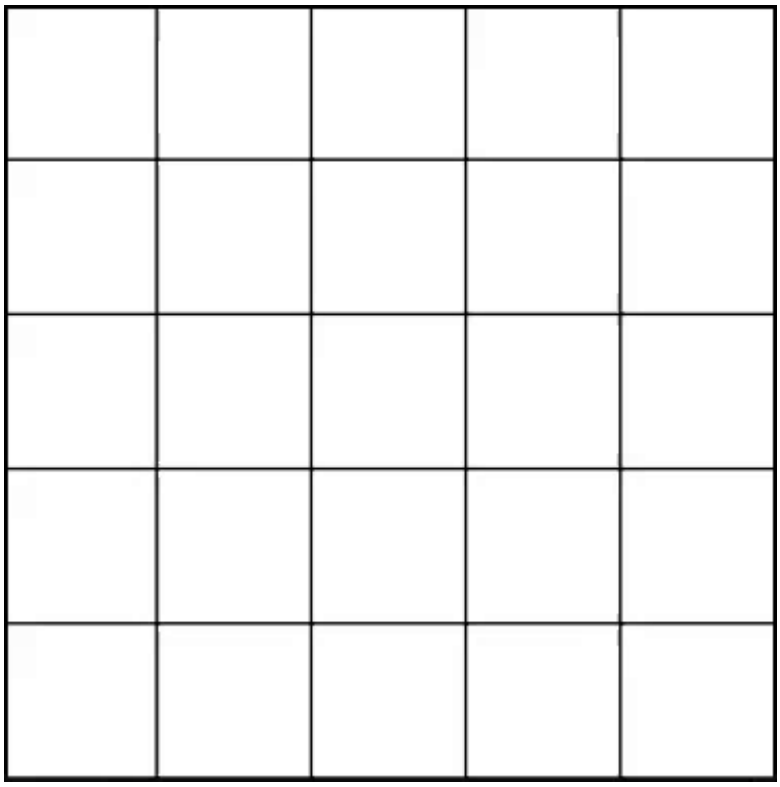
- Про Lua

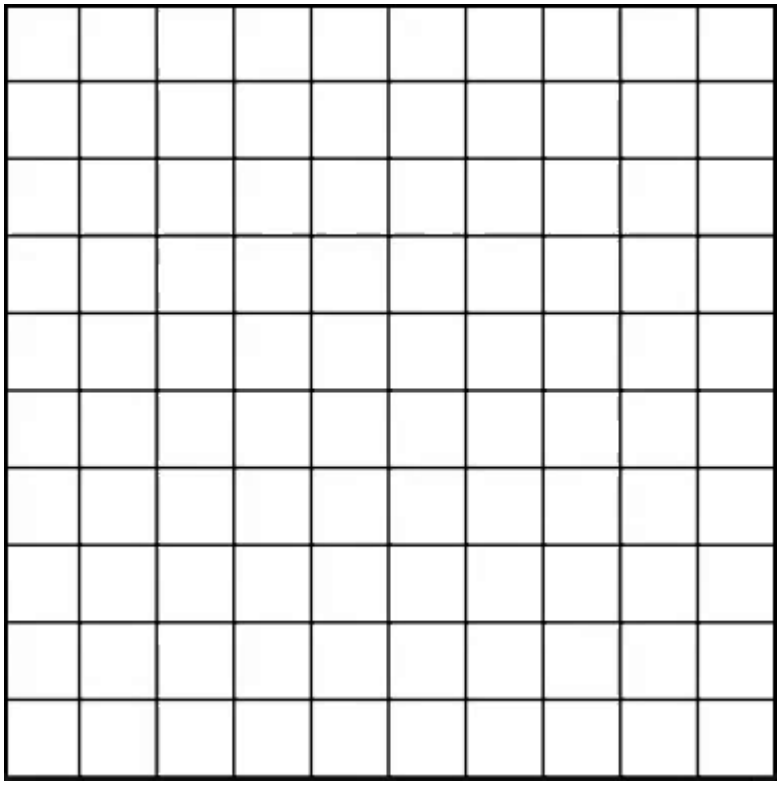
Алгоритм двоичного дерева











Описание:

Самый первый и самый простой алгоритм в понимании, который я рассмотрю. Его суть заключается в том, чтобы проложить путь в случайном направлении из каждой клетки поля: в моей реализации либо наверх, либо вправо (зависит от выбранного Вами смещения). Мы обрабатываем только 1 клетку за единицу времени, следовательно, мы можем генерировать лабиринты бесконечного размера, сохраняя лишь конечный результат (лабиринт) без необходимости хранить какую-либо побочную информацию.

Такой способ генерации имеет два побочных эффекта:

1. Лабиринты обладают сильным диагональным смещением и отсутствием тупиков в его направлении. Посмотрите на скриншоты выше и Вы увидите, что каждый из коридоров стремится к правой верхней клетке, и, как итог, имеет ровно один путь к ней, и нигде на пути нет тупика:

2. Два пустых коридора по сторонам лабиринта. Когда алгоритм «прокапывается» до конца строки/столбца, ему не остается выбора, кроме как продолжить путь в одном единственном направлении, создавая пустые «границы».

К слову, название не просто так совпадает со структурой данных. Результат его работы – случайное двоичное дерево, в котором из каждой клетки (вершины) есть ровно 1 путь по направлению к корню (родительской вершине), и, соответственно, ровно 1 путь к любой другой клетке. Как следствие, любая клетка имеет не более 3 соединений со своими соседями.

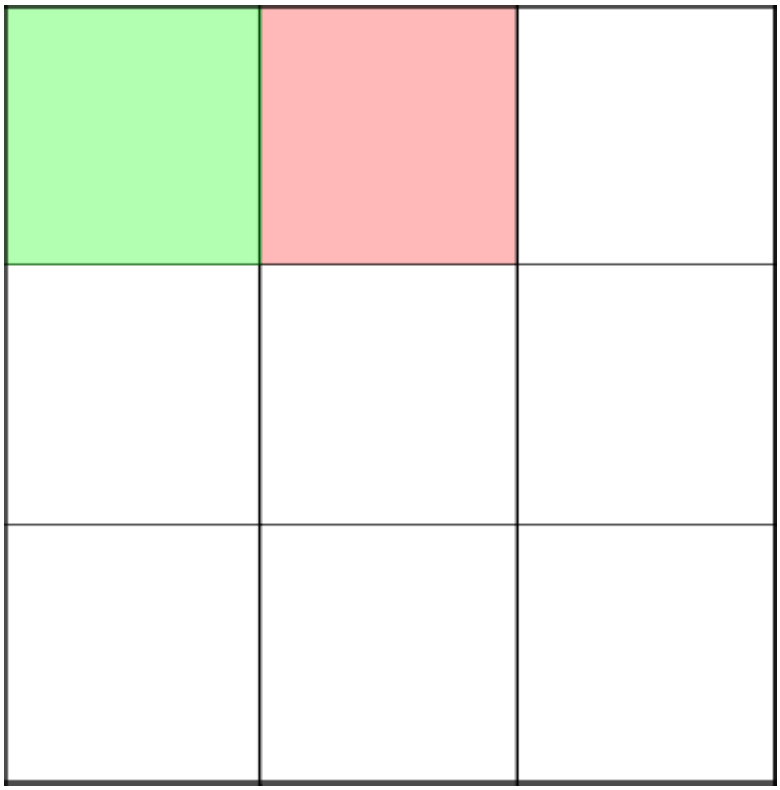
Формальный алгоритм (для северо-восточного смещения):

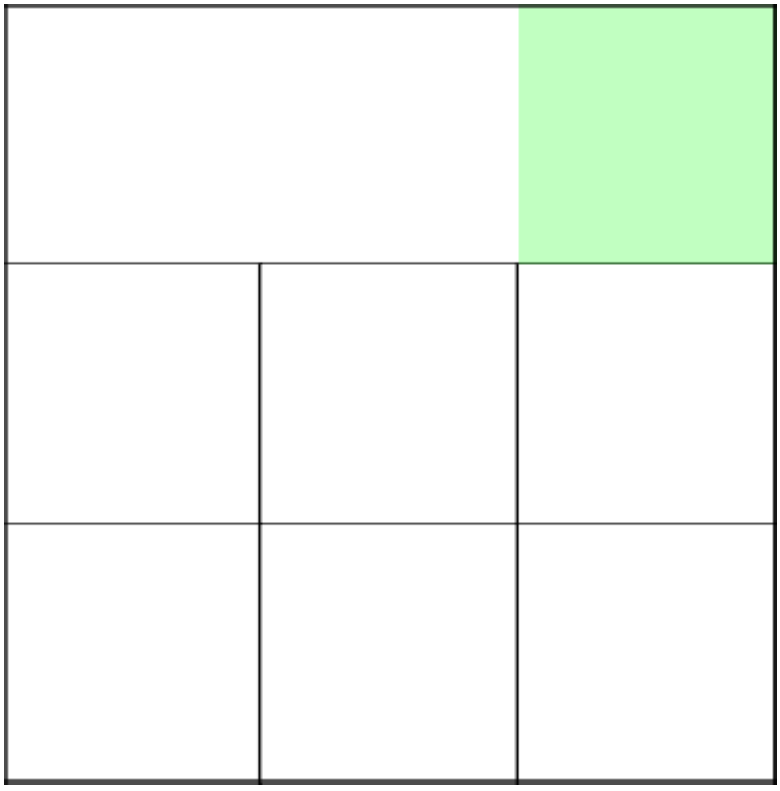
1. Выбрать начальную клетку;
2. Выбрать случайное направление для прокладывания пути. Если соседняя клетка в этом направлении выходит за границы поля, прокопать клетку в единственно возможном направлении;
3. Перейти к следующей клетке;
4. Повторять 2-3 до тех пор, пока не будут обработаны все клетки;

▾ Пример работы

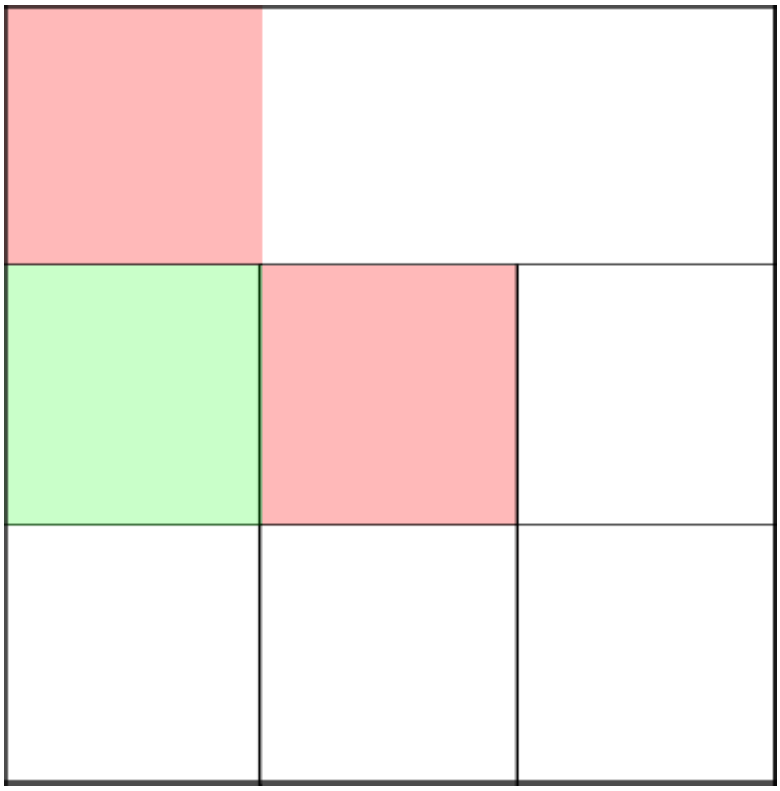
Зеленое – текущая рассматриваемая клетка, красное – фронт, клетки, в которые можно переместиться.

Начинаем с координаты (0;0). Наверх в этом ряду пойти не можем, так как иначе выйдем за границы лабиринта. Идем вправо до упора, по пути снося все стены.

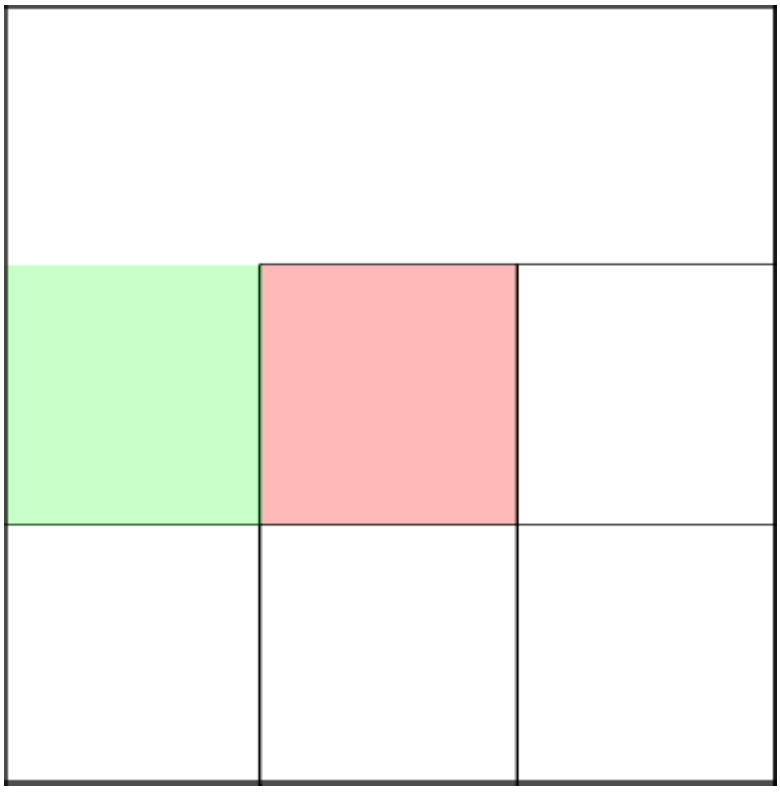




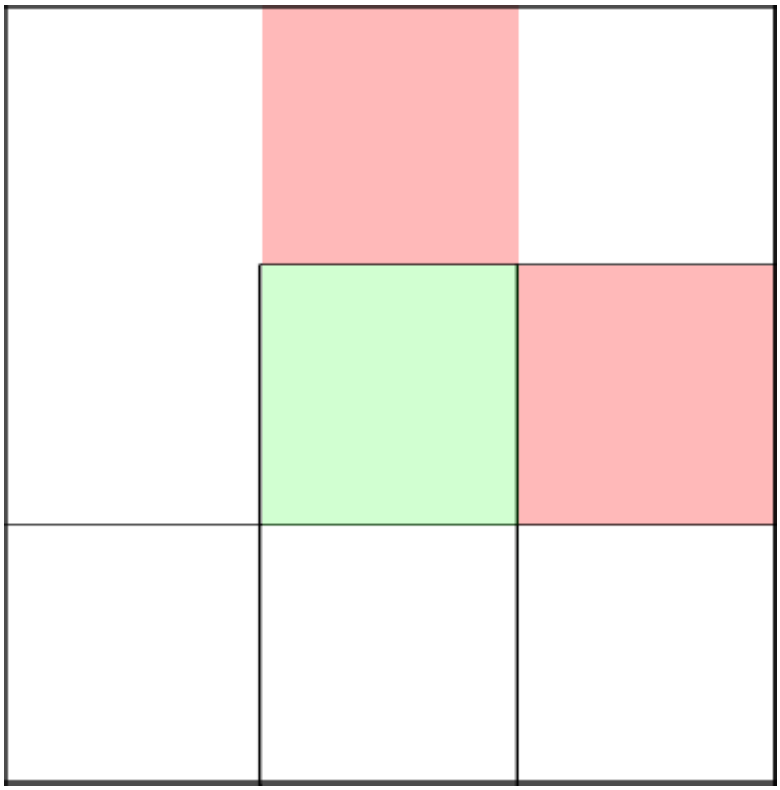
Всё, тупик. Идти некуда. Перемещаемся на следующий ряд и видим, что теперь есть возможность пойти наверх и вправо.

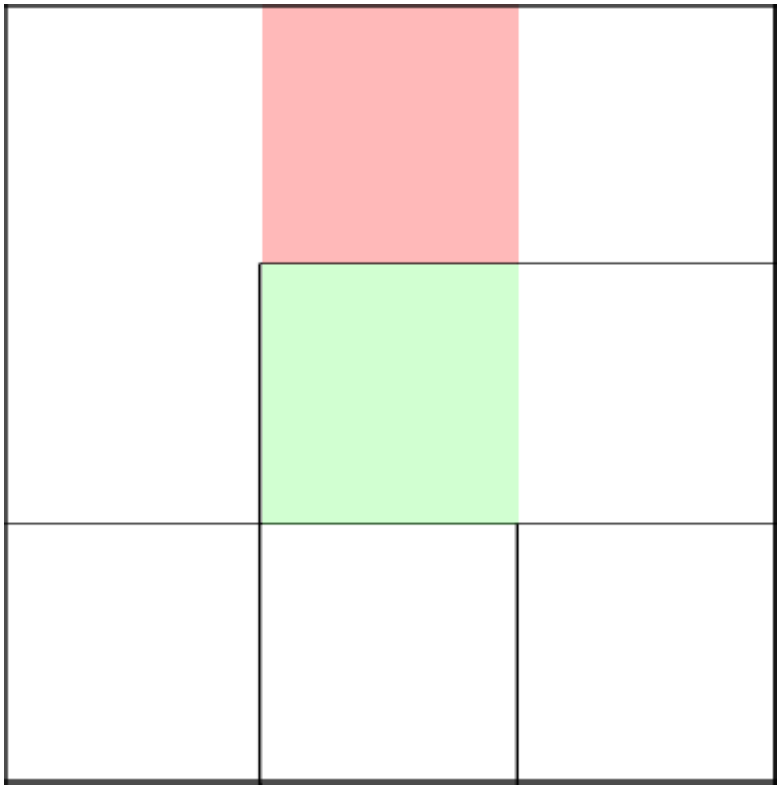


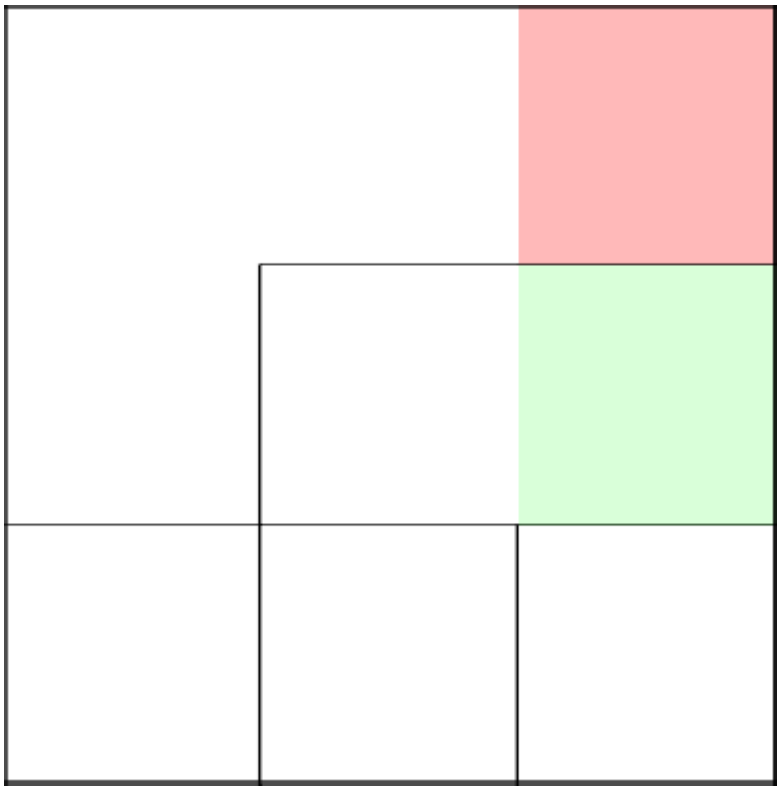
Кидаем монетку и выбираем… Верх. Убираем стену и переходим к следующей клетке.



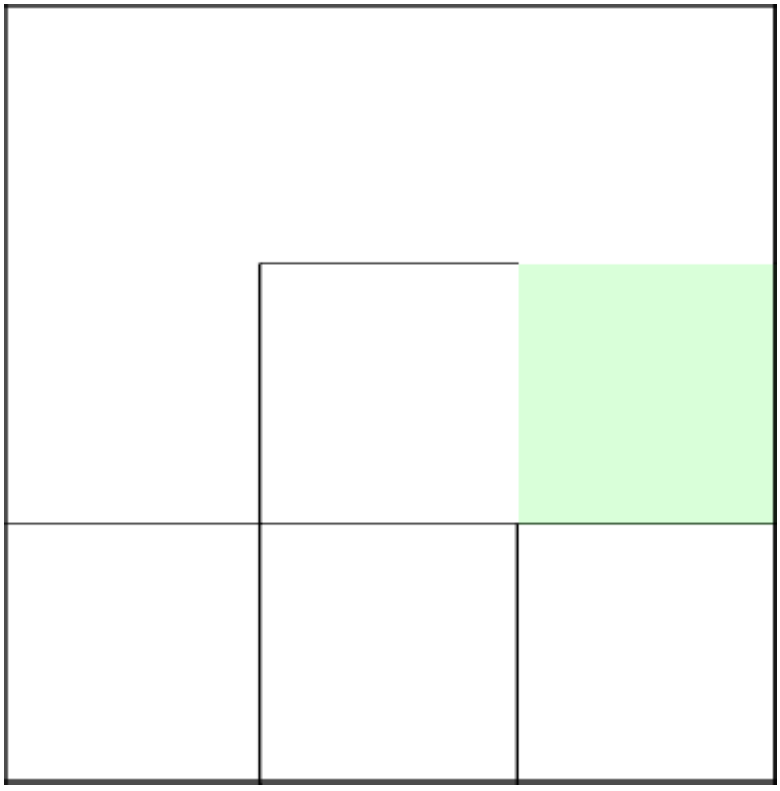
Отлично. Случай подсказывает нам идти направо. Убираем стену и перемещаемся в следующую клетку.

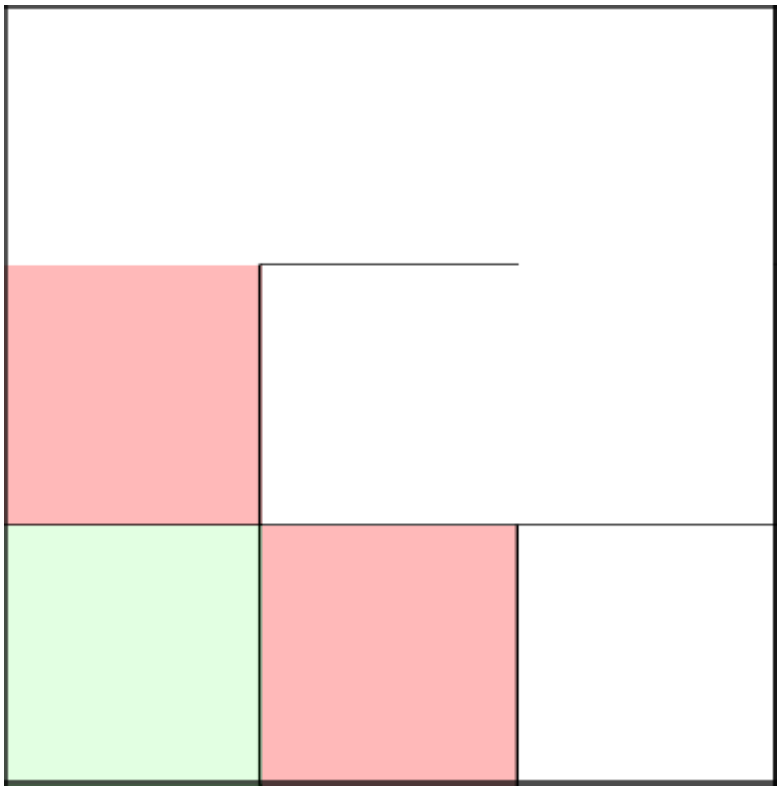




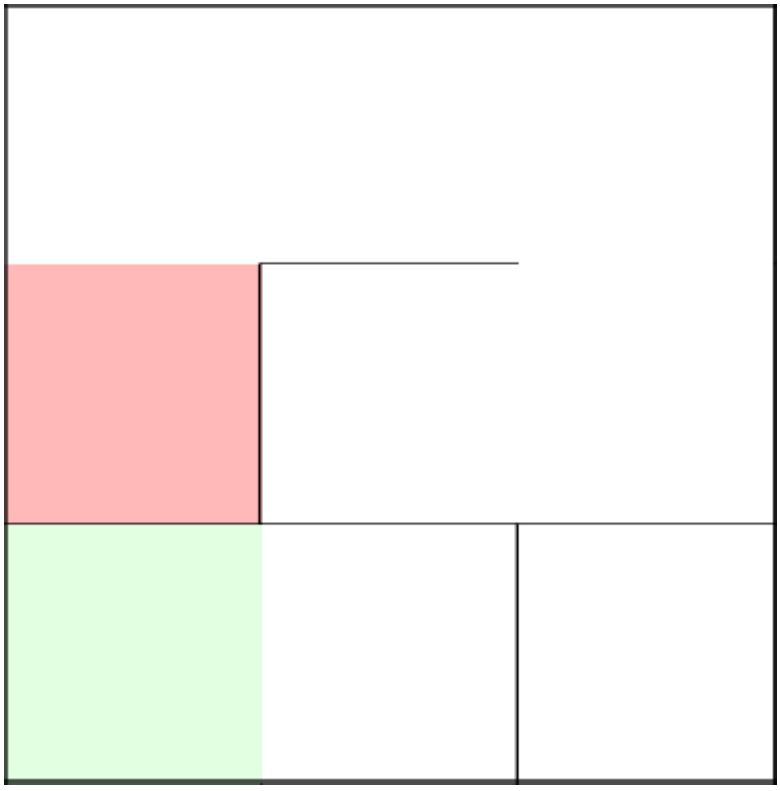


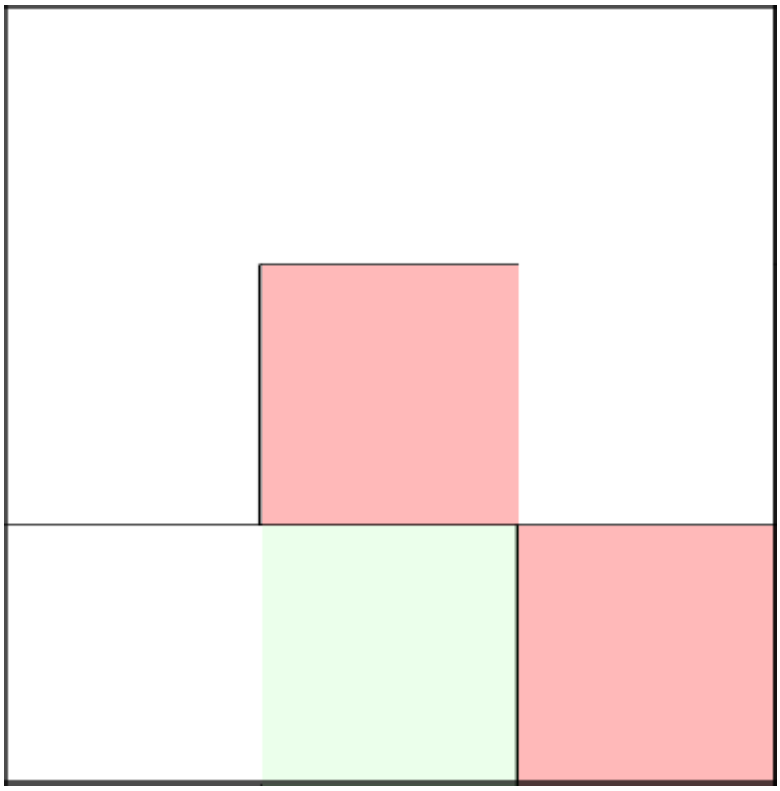
Выбора у нас нет, налево пойти не можем, значит, убираем стену сверху и идем на следующий ряд.



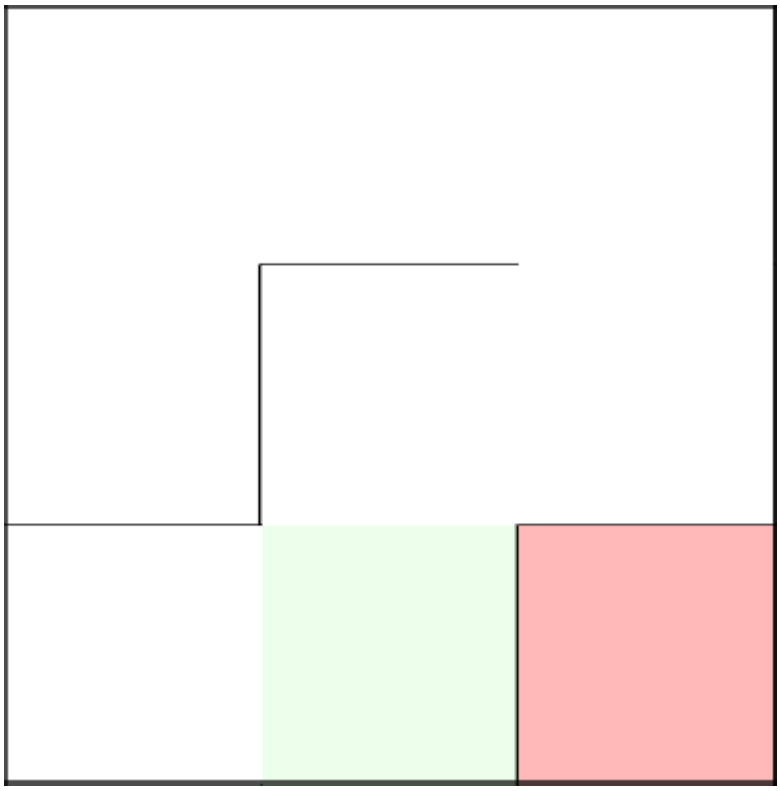


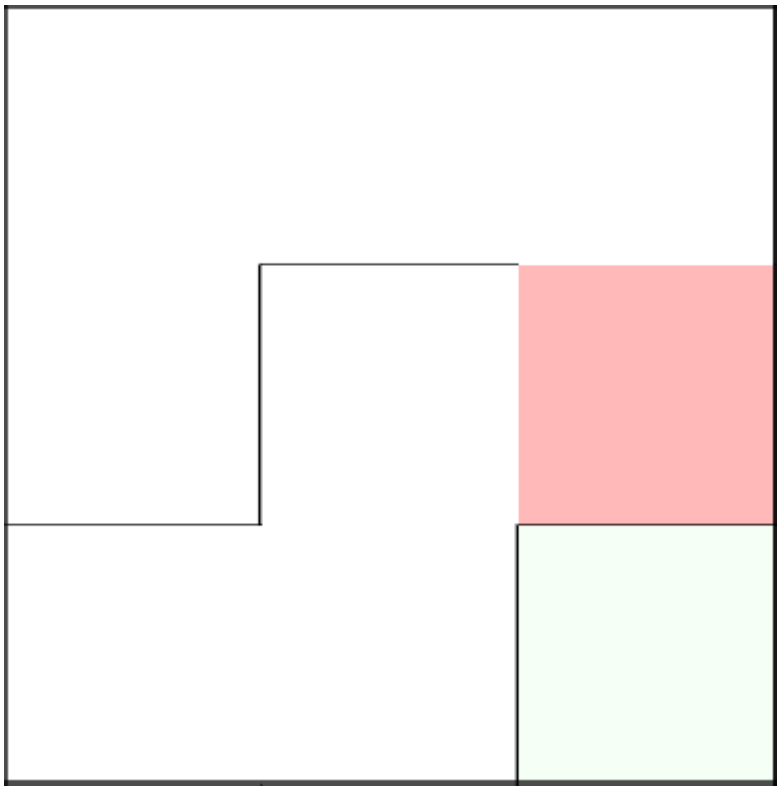
Монета убеждает нас пойти направо. Что же, слушаемся. Убираем стену и переходим к слеудующей клетке.

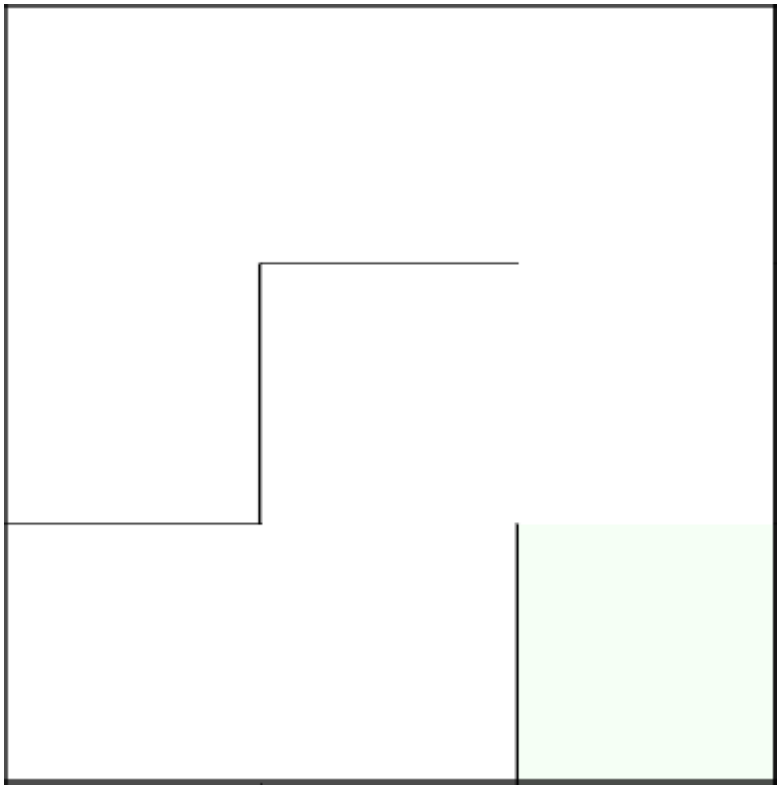




Прокатившись метр, наш несчастный кусок металла падает и говорит, что пора идти наверх. Сносим стену, шагаем к следующей клетке, и, так как она крайняя в этом ряду, убираем стену сверху. Лабиринт закончен.







Плюсы:

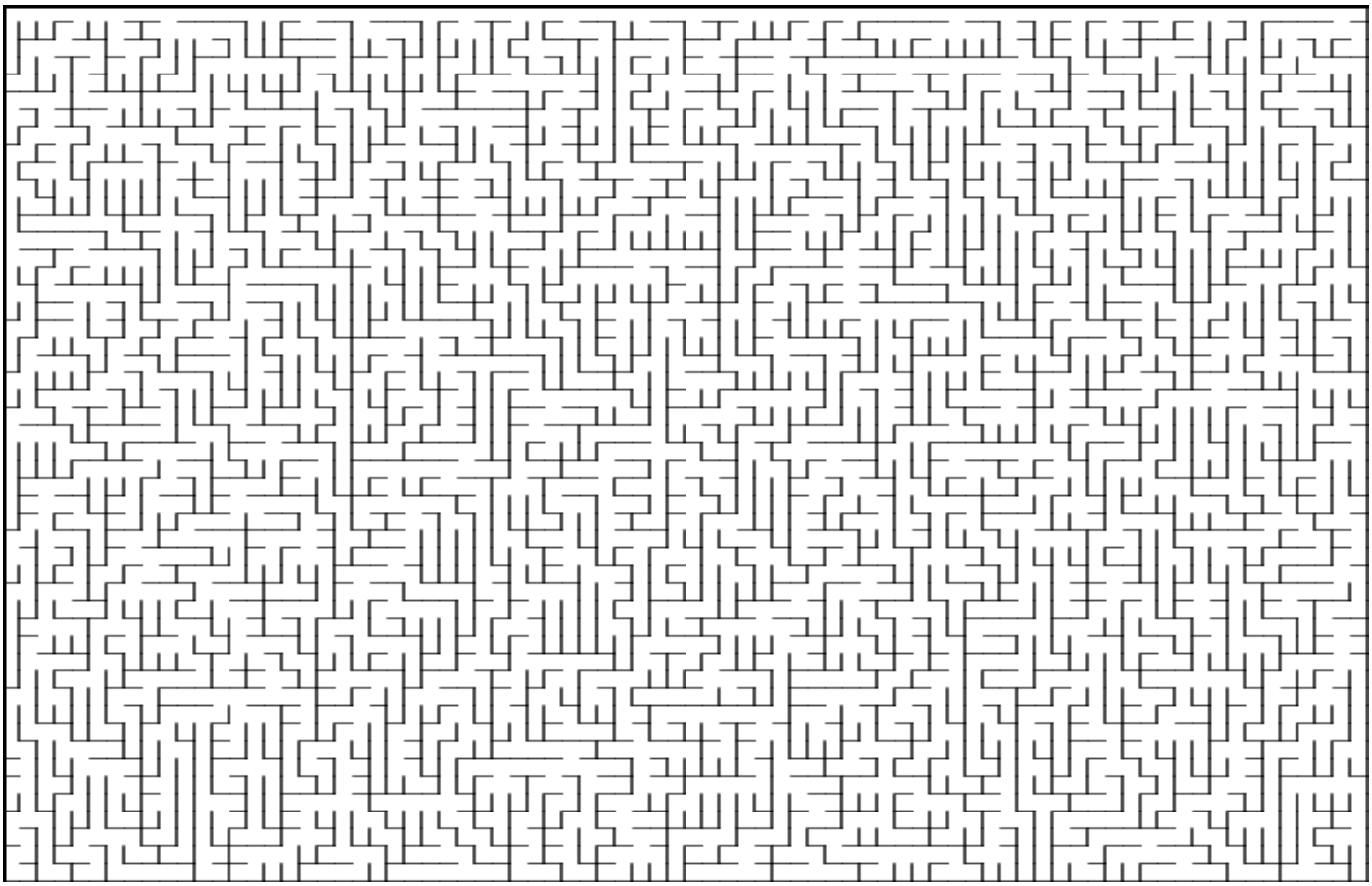
- Простая реализация;
- Высокая скорость работы;
- Возможность генерировать бесконечные лабиринты;

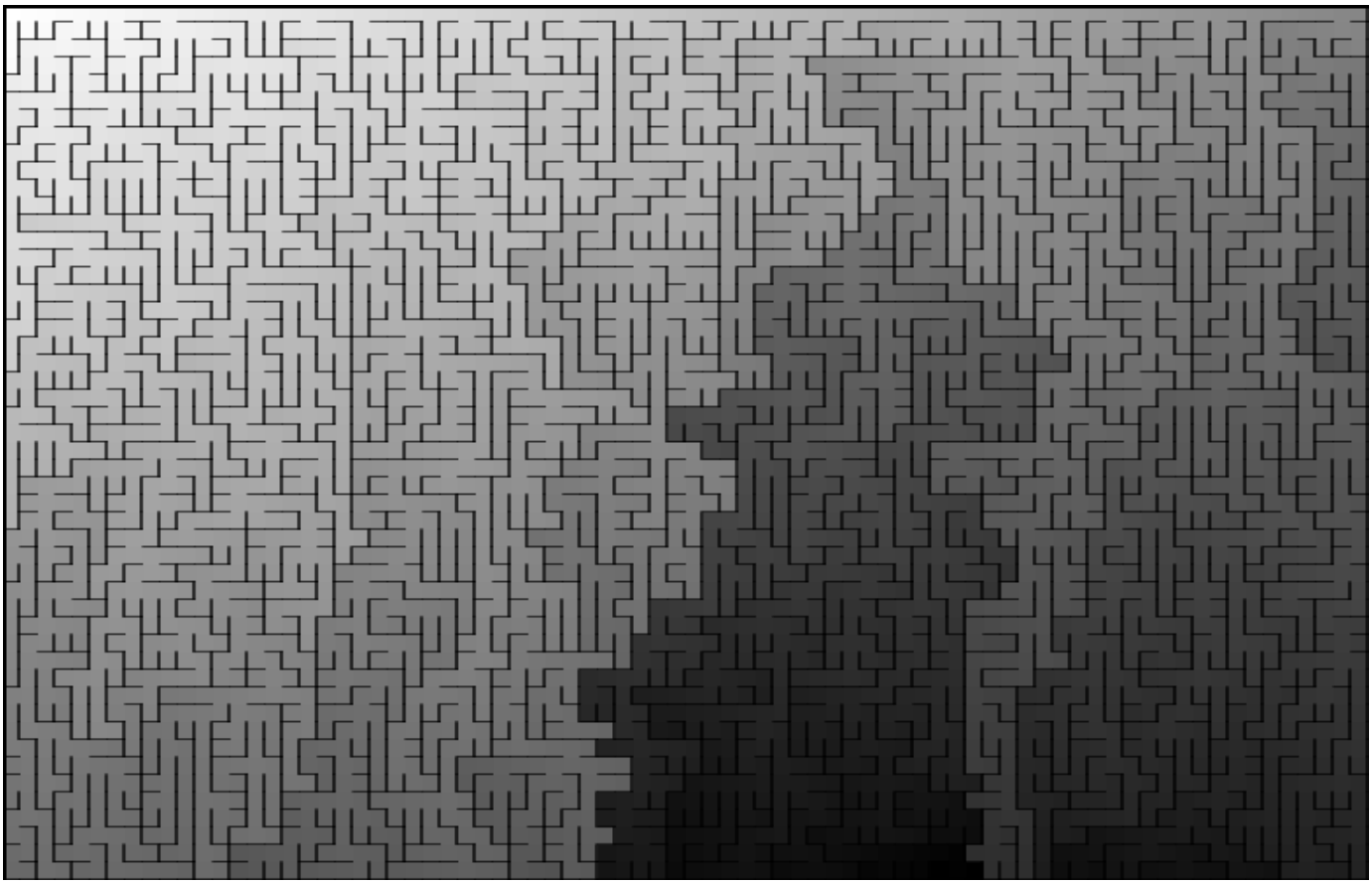
Минусы:

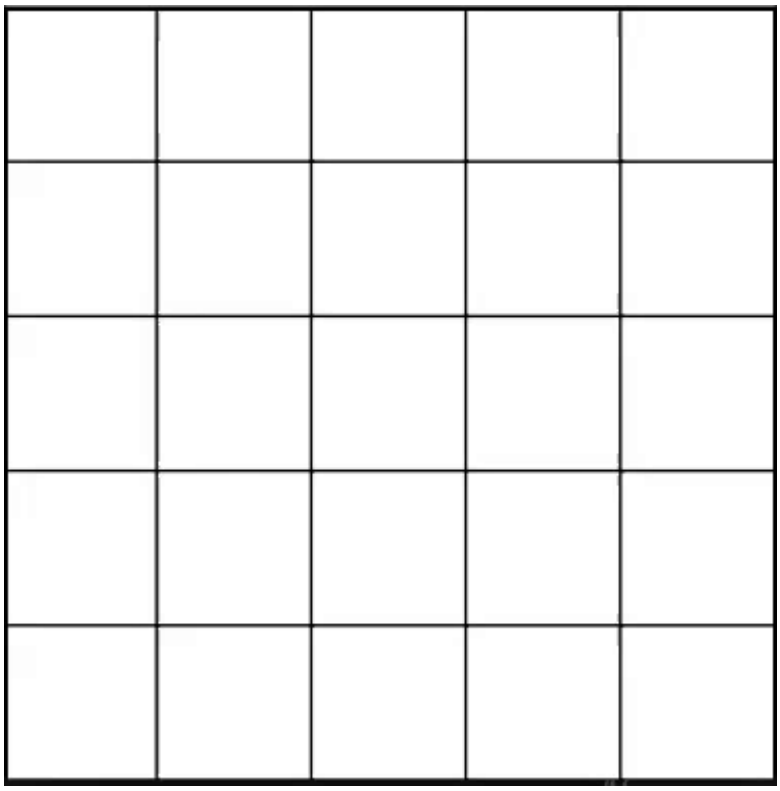
- Низкая сложность рисунка;
- Сильное смещение по диагонали;
- Отсутствие тупиков по смещению;
- Однообразность сгенерированных лабиринтов;

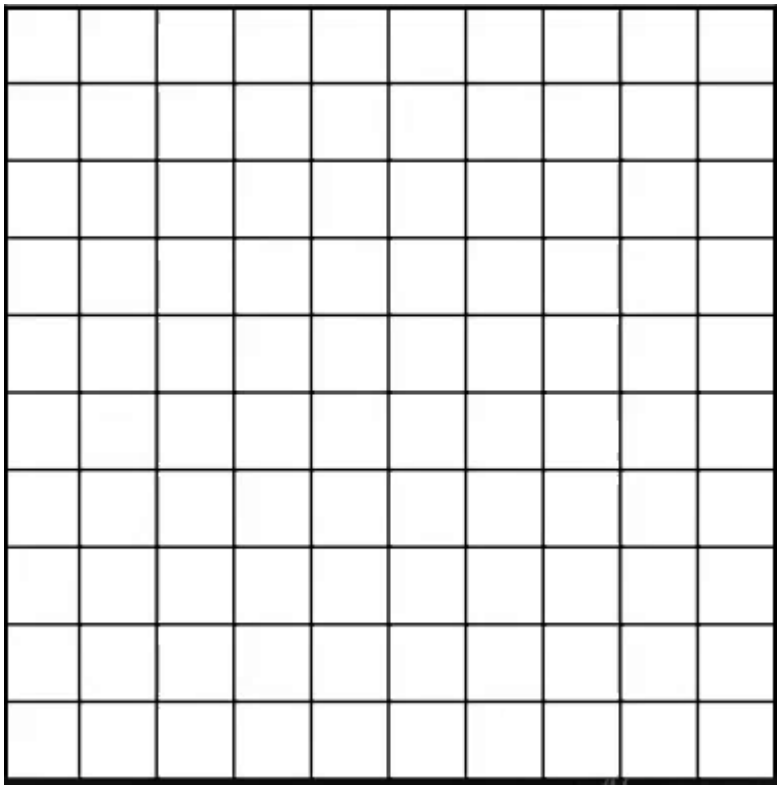
▸ Реализация

Алгоритм «Sidewinder»









Описание:

Алгоритм с непереводимым названием Sidewinder по своей работе очень похож на алгоритм двоичного дерева, в том отличии, что в нём нет характерного смещения по диагонали, одного пустого коридора и клетки мы рассматриваем не по отдельности, а множествами. Лабиринты получаются с преимущественно вертикальным или горизонтальным смещением (в зависимости от реализации), с отсутствием тупиков в их направлении. В сравнении со своим более примитивным собратом, смещение не так заметно и больше похоже на «спираль», которая плавно сменяет вертикальные и горизонтальные коридоры.

Что касается побочных эффектов, то Sidewinder создает только один пустой коридор на одной стороне, вместо двух. Начиная создание множеств с первого ряда поля, у нас отсутствует возможность прокопать путь наверх, так как мы находимся в самом крайнем вертикальном положении и попытка пойти выше приведет к выходу за границы поля. Но и если мы будем организовывать множества без выхода по вертикали, мы создадим несколько изолированных друг от друга областей.

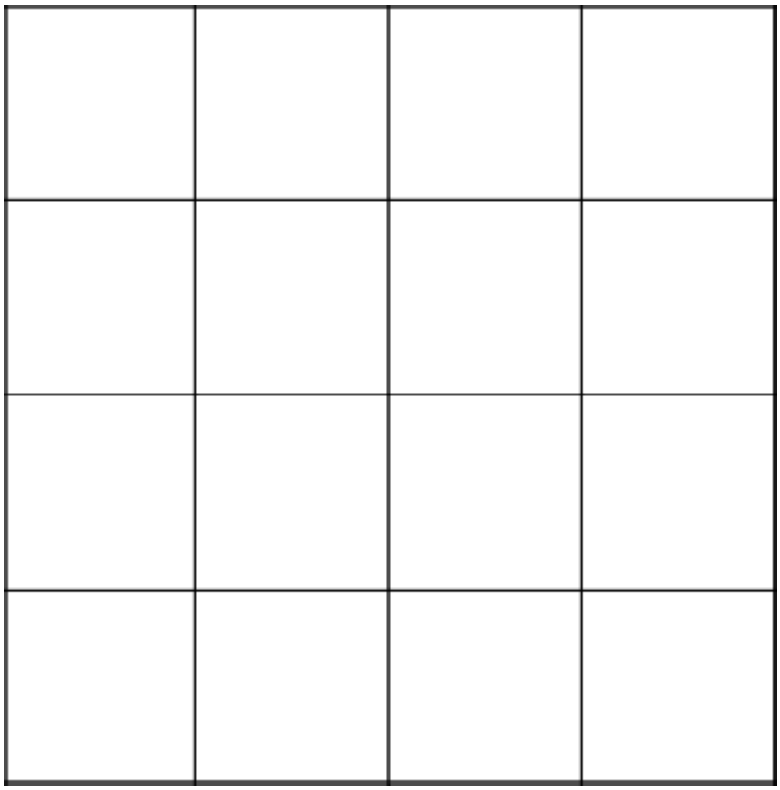
Для примера: 9 клеток первого ряда можно поделить на три множества, между которыми расположены стены. Каждое множество второго ряда будет прокапывать путь к одному из трех «блоков» выше. Третий ряд проложит путь к «блокам» второго. И так до конца поля. В итоге, у нас получатся 3 разветвленные, изолированные друг от друга вертикальные области, что не подходит для идеального лабиринта, в котором из каждой точки поля есть ровно 1 путь в любую другую.

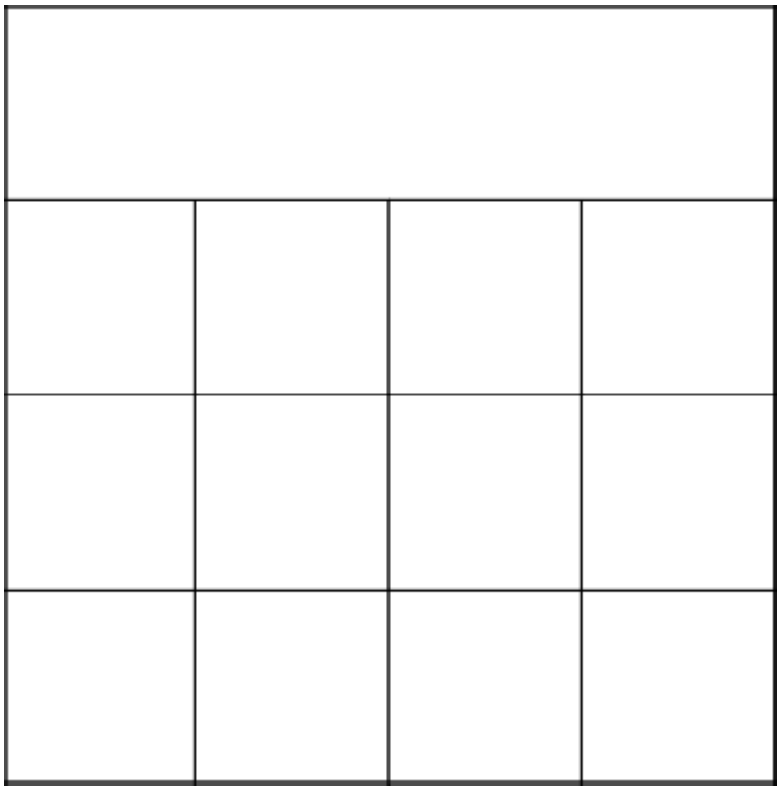
Формальный алгоритм (для стандартного смещения):

1. Выбрать начальный ряд;
2. Выбрать начальную клетку ряда и сделать её текущей;
3. Инициализировать пустое множество;
4. Добавить текущую клетку в множество;
5. Решить, прокладывать ли путь направо;
6. Если проложили, то перейти к новой клетке и сделать её текущей. Повторить шаги 3-6;
7. Если не проложили, выбираем случайную клетку множества и прокладываем оттуда путь наверх. Переходим на следующий ряд и повторяем 2-7;
8. Продолжать, пока не будет обработан каждый ряд;

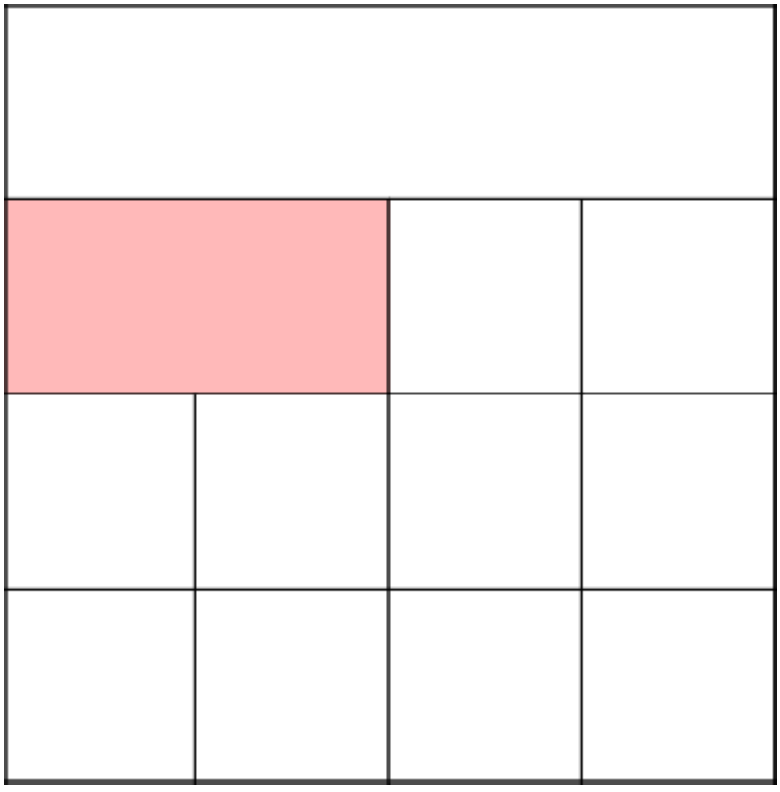
▾ Пример работы

Красные клетки – члены множества.
Мы начинаем с первого ряда и видим, что выше нас – выход за пределы поля. Сносим все стены и идем сразу во второй ряд, создаем пустое множество.

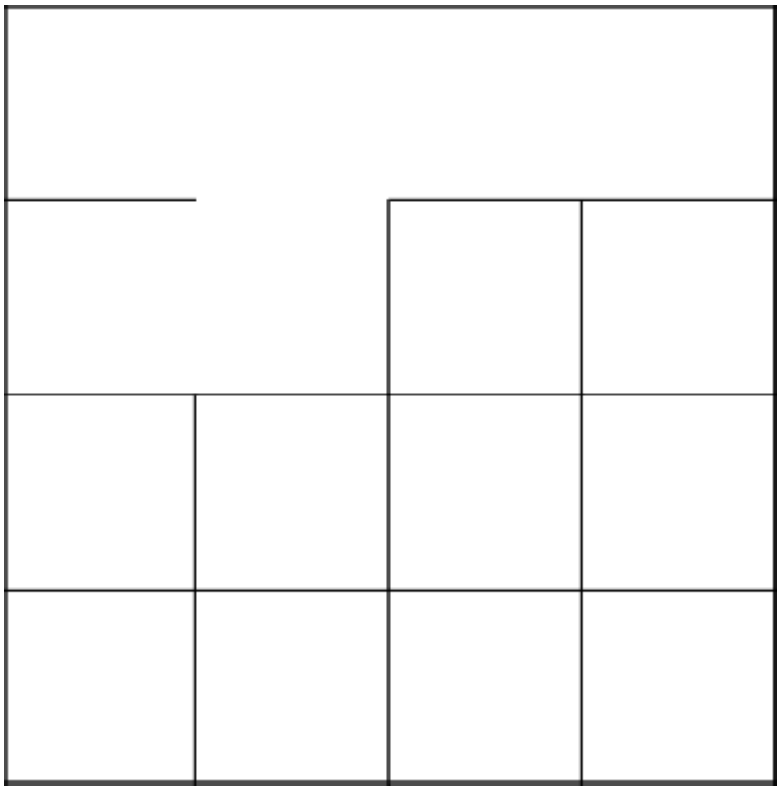




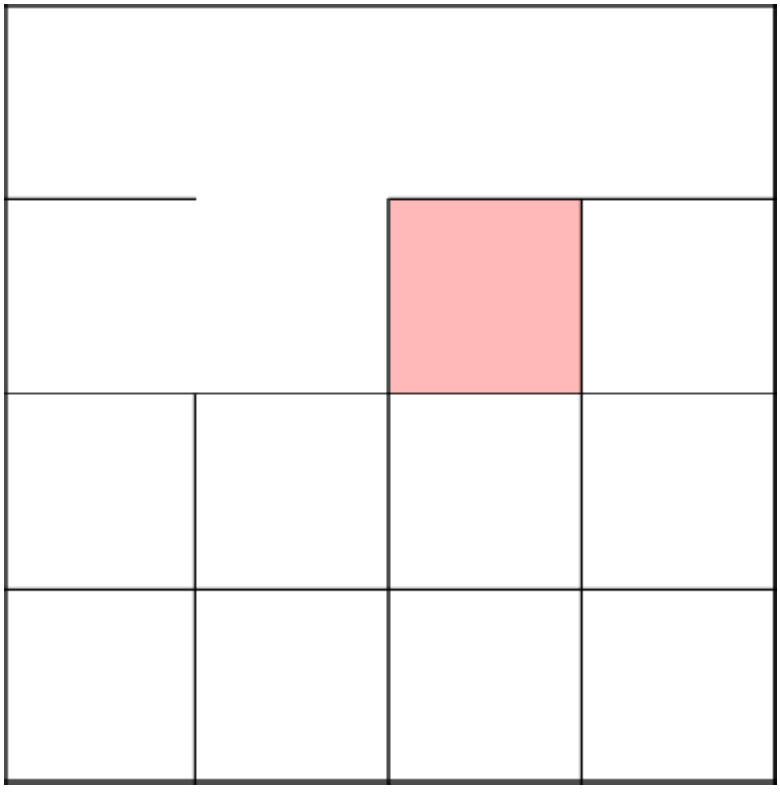
Так, а вот тут интереснее. Давайте добавим в множество первые две клетки ряда.



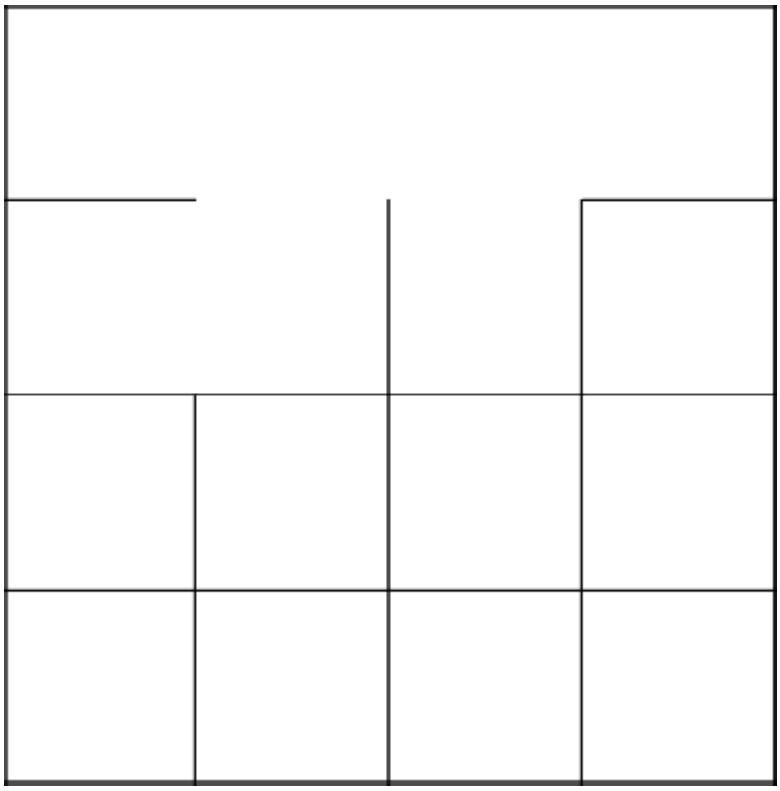
Выбираем одну из этих клеток и убираем относящуюся к ней верхнюю стенку в первый ряд.



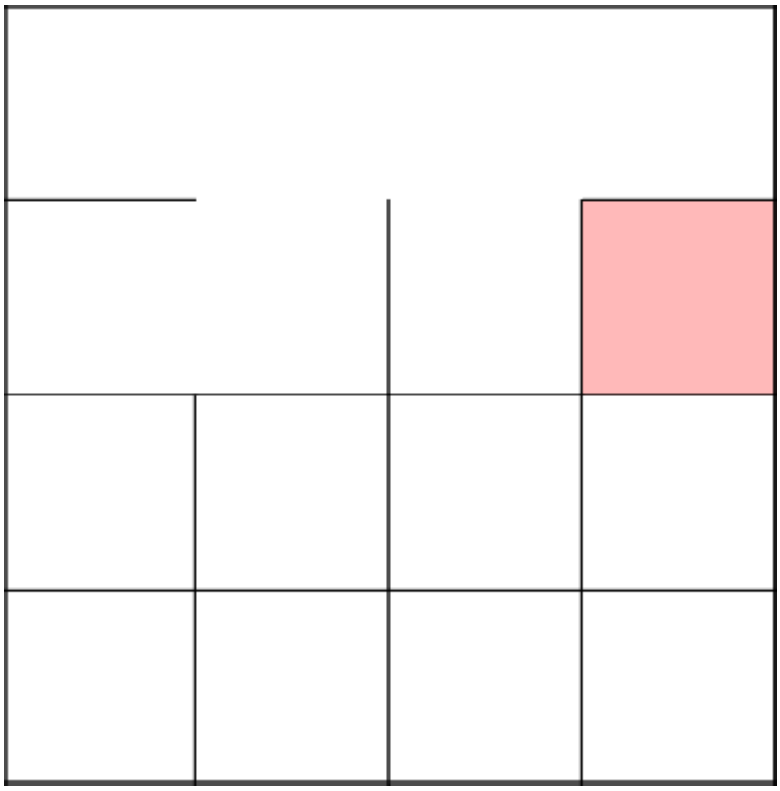
Обнуляем множество, добавляем в нее следующую клетку ряда.

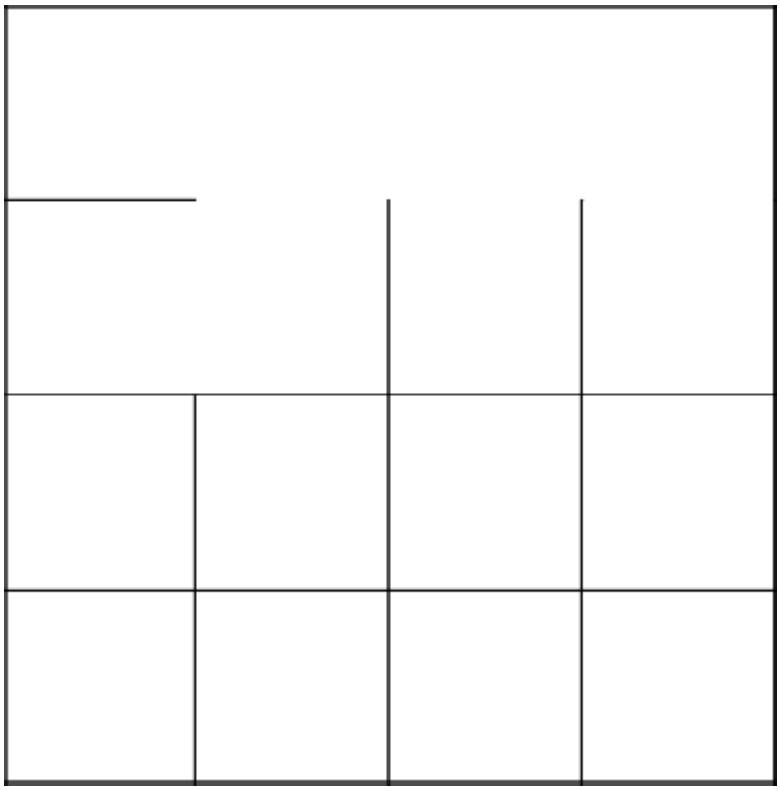


В этот раз ни с кем не объединяем, просто прокладываем путь наверх прямо из этой единственной клетки.

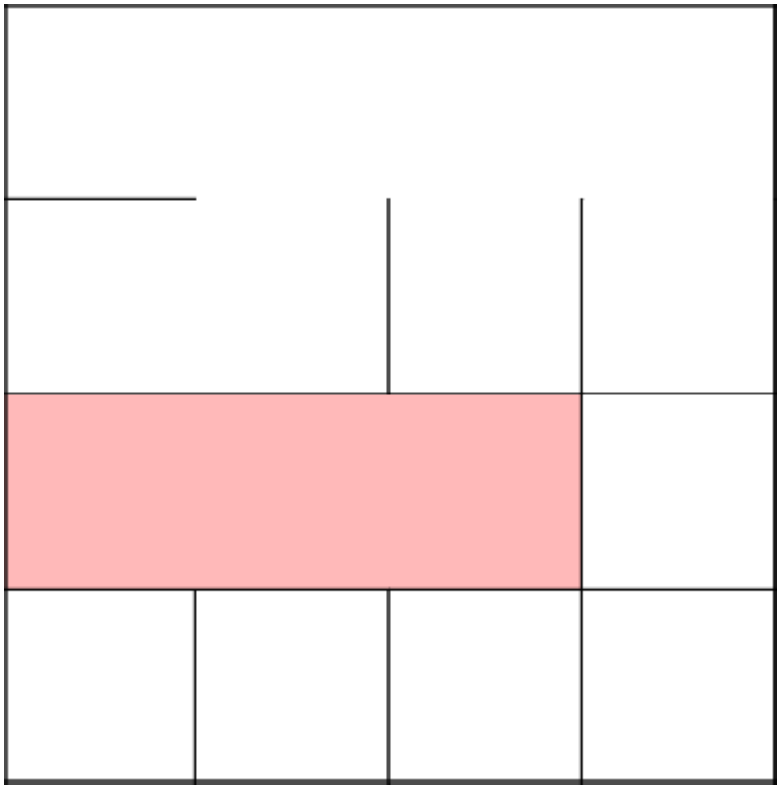


Повторяем наши действия. Обнуляем множество, переходим в следующую клетку, добавляем её… А так как она осталась последней в ряде, то так же убираем стену сверху и идем в ряд ниже.

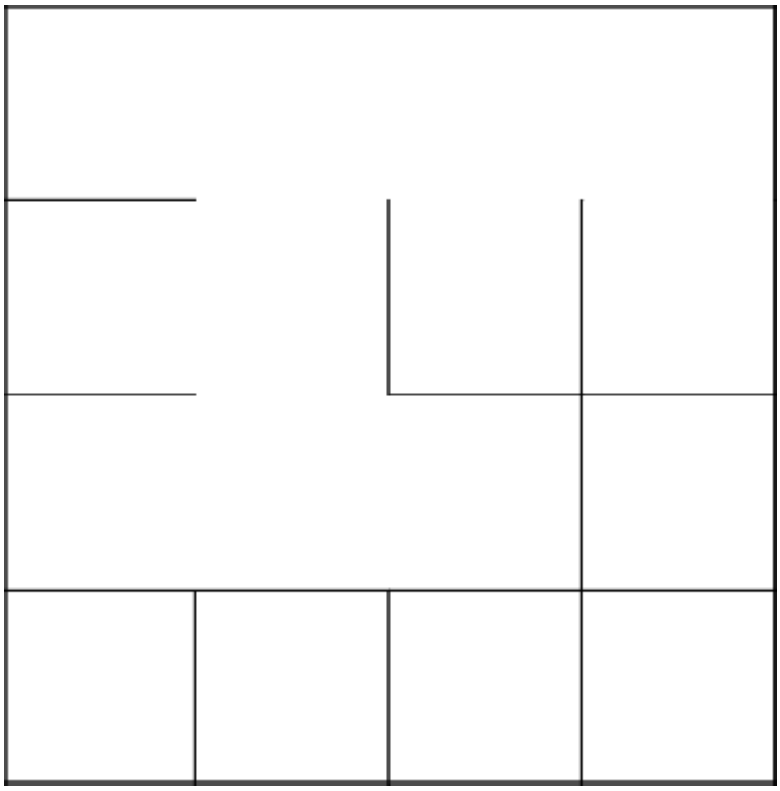




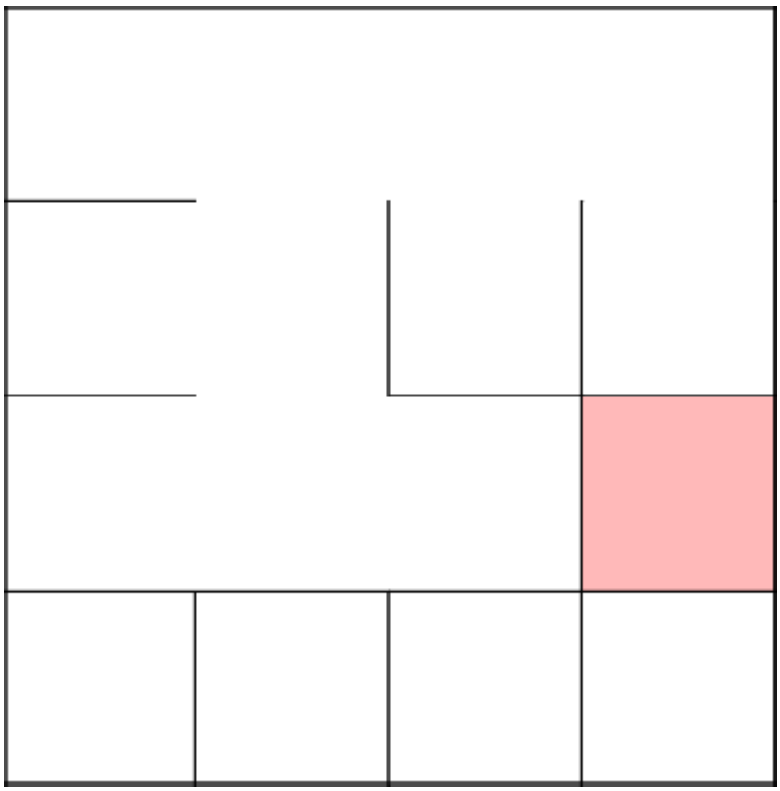
А теперь сразу объединяем три первые клетки в одно множество.

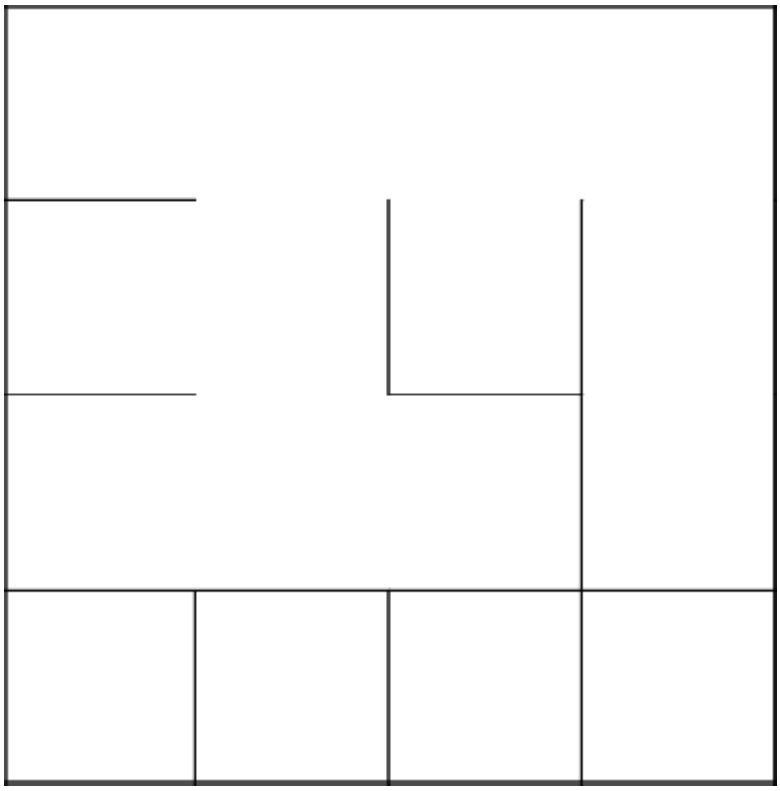


Случайно выбираем клетку, в нашем случае, вторую и убираем стену сверху к предыдущему ряду.

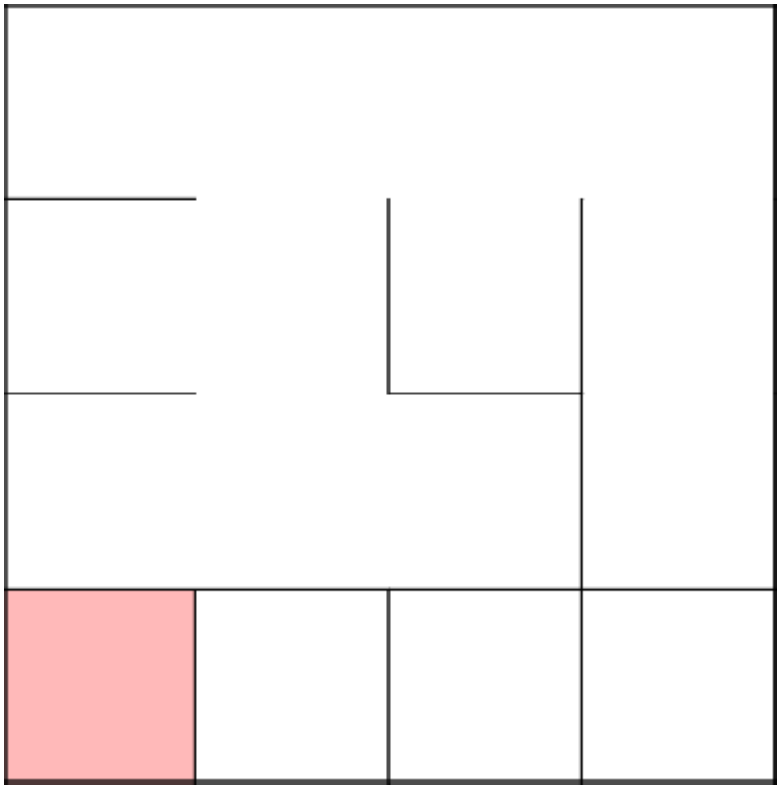


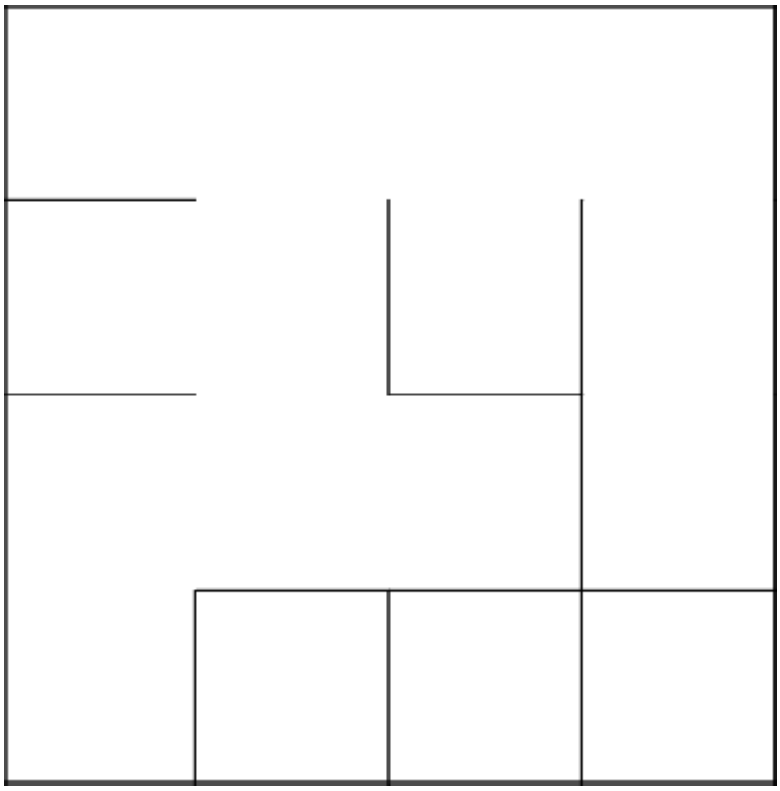
Ну, тут у нас опять нет выбора, убираем стену наверху и идем на ряд ниже.



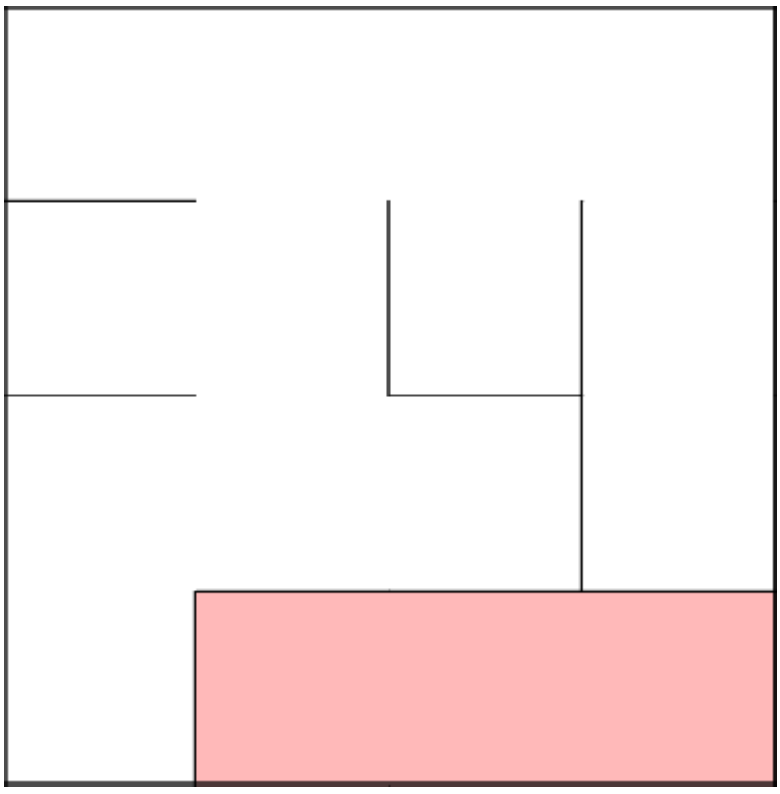


На этот раз, самую перваую клетку мы сделаем единственной. Убираем стену к предыдущему ряду и идем дальше, в следующую клетку.

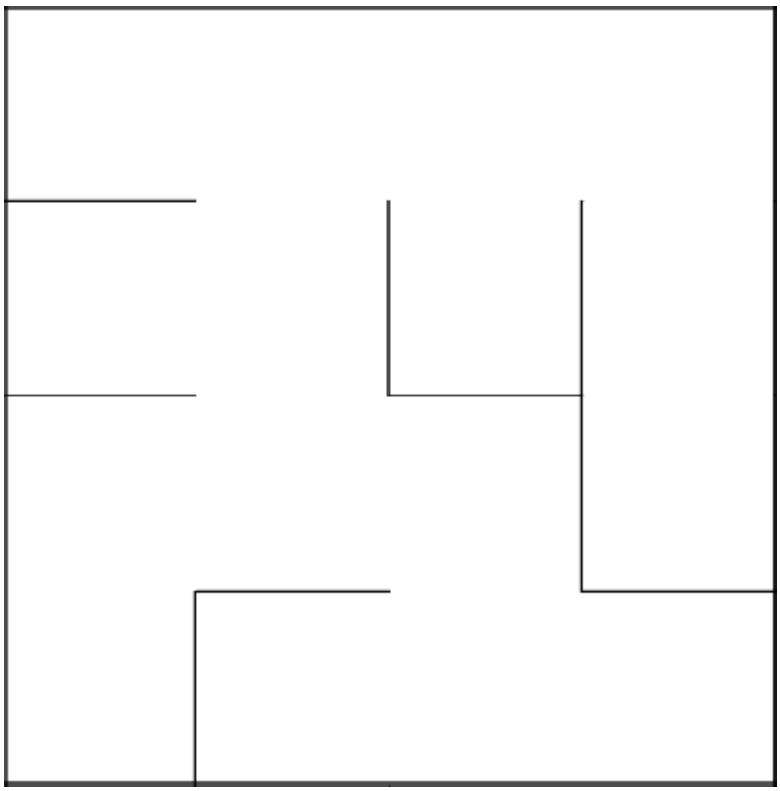




Предположим, что захотели в конце объединить три клетки.



И снова нам приглянулась средняя клетка из множества, из которой и убираем стену наверх. Всё, наш лабиринт готов.



Плюсы:

- Возможность генерировать бесконечные лабиринты;
- Только 1 пустой коридор;
- Более сложный рисунок, в отличии от алгоритма двоичного дерева;

Минусы:

- Более запутанная реализация;
- Отсутствие тупиков по смещению;
- Сильное вертикальное смещение;

▾ Реализация

```
local mod = {}
local aux = {}

aux.width = false
```

```
aux.height = false
aux.sx = false
aux.sy = false
aux.grid = false

function aux.createGrid (rows, columns)
  local MazeGrid = {}

  for y = 1, rows do
    MazeGrid[y] = {}
    for x = 1, columns do
      MazeGrid[y][x] = {bottom_wall = true, right_wall = true}
    end
  end
  return MazeGrid
end

function mod.createMaze(x1, y1, x2, y2, grid)
  aux.height, aux.width, aux.sx, aux.sy = y2, x2, x1, y1
  aux.grid = grid or aux.createGrid(y2, x2)
  aux.sidewinder()
  return aux.grid
end

function aux.sidewinder()
  local cx = aux.sx --[[ cx – координата начала множества по x. У нас нет н
  for y = aux.sy, aux.height do
    for x = aux.sx, aux.width do
      if y ~= aux.sy then
        if math.random(0, 1) == 0 and x ~= aux.width then
          aux.grid[y][x].right_wall = false
        else
          aux.grid[y-1][math.random(cx, x)].bottom_wall = false

          if x ~= aux.width then
            cx = x+1
          else
            cx = aux.sx
          end
        end
      else
        if x ~= aux.width then
          aux.grid[y][x].right_wall = false
        end
      end
    end
```

```
    end
  end

  return mod
```

Эпилог

Надеюсь, Вам понравилась статья и Вы почерпнули новые знания о примитивной процедурной генерации лабиринтов. Я выбрал два самых простых в реализации и работе алгоритма, чтобы новичкам было проще «пощупать» тему и понять, хотят ли они изучать её дальше. Мне важно знать, интересны ли такие статьи людям на Хабрахабре и стоит ли продолжать их писать. Для читателей у меня есть еще минимум 9 классических алгоритмов, которые стоит рассмотреть. Какие-то представляют из себя случайное блуждание по полю, как, например, алгоритм Прима или Уилсона, какие-то требуют больше ресурсов для работы, так как работают с графами, например, Эллер и Крускал, а какие-то выдерживают золотую середину. Но и это не конец – у меня в рукаве есть такие вещи, как: полярные (круглые) лабиринты, генерация лабиринтов на различной сетке (гексы, треугольник и пр.), маскинг лабиринтов в надписи и формы, 2.5Д лабиринты и 3Д, теория лабиринтов, статистическое сравнение алгоритмов, комбинированные алгоритмы генерации. В конце концов, у нас есть еще огромное множество вариаций типов лабиринтов. Например, сейчас мы рассматриваем идеальные алгоритмы, в которых из каждой точки есть ровно один путь в любую другую. Но ведь есть еще и те, которые позволяют одной клетке иметь несколько путей для любой другой! Например, Quake, Doom и прочие шутеры в только-только зарождающемся жанре использовали такие алгоритмы для генерации уровней, по некоторым слухам.

Поэтому, если Вам понравилась статья, тема, и Вы хотите видеть их дальше – то, пожалуйста, напишите об этом в комментарии. Так же, буду очень рад любой критике, как в техническом плане, так и в лингвистическом и стилистическом.

Теги: Lua, процедурная генерация, лабиринты, програмирование, алгоритмы

Хабы: Программирование, Разработка игр, Алгоритмы, Lua