

## ТЕОРИЯ

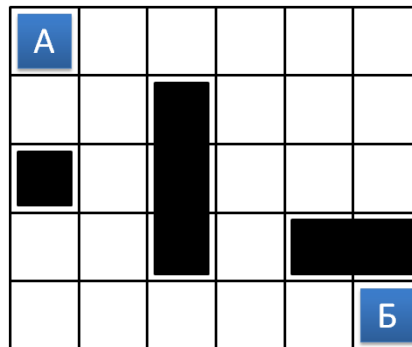
Алгоритм волновой трассировки (wave routing algorithm), также известный как волновой алгоритм или алгоритм Ли [1] (по фамилии его разработчика) является примером реализации алгоритма поиска в ширину и разработан для нахождения кратчайшего расстояния между двумя точками на плоскости (в общем случае – на графе) с учётом препятствий.

В настоящее время существует большое число его модификаций, например, алгоритм  $A^*$  [2]. Одна из последних модификаций волнового алгоритма, алгоритм JSP [3], была представленной общественности в 2011 году.

Суть волнового алгоритма сводится к следующему.

Пусть имеется поле с равномерной сеткой (каждая клетка поля имеет координату +1 относительно предыдущей), также называемое дискретным рабочим полем (ДРП).

На поле изначально имеются 2 вида объектов: пустые клетки и препятствия. Также имеется информация о том, между какими клетками необходимо найти кратчайшее расстояние (рисунок 1, точки А и В).



*Рисунок 1. Пример ДРП с расставленными препятствиями и точками А и В, между которыми требуется найти кратчайшее расстояние.*

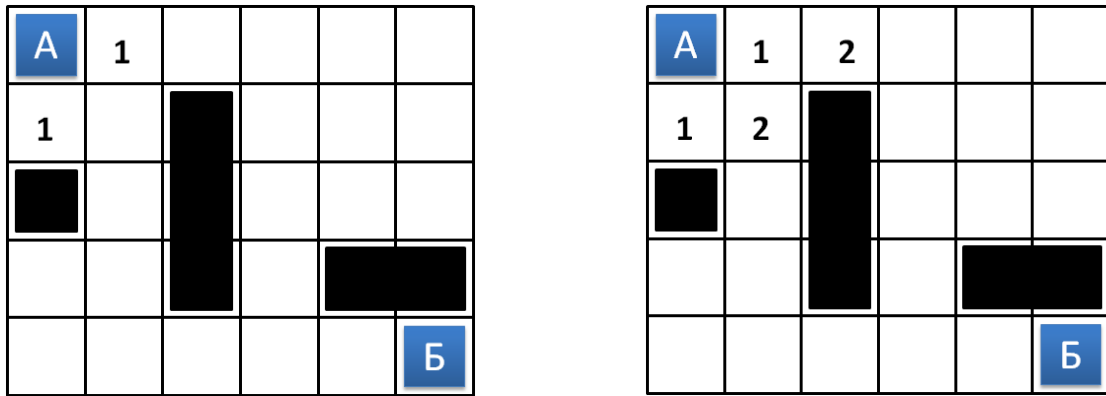
Алгоритм в ходе своей работы последовательно распространяет волны от точки А до тех пор, пока либо не встретится точка В, либо не заполнится вся область ДРП.

Существует два варианта реализации алгоритма, учитывающие при проставлении волн разное число соседей:

- окрестность фон Неймана (von Neumann neighborhood), при которой учитываются 4 соседа (сверху, снизу, слева и справа);
- окрестность Мура (Moore neighborhood), при которой учитываются 8 соседей (те же, что и для окрестности фон Неймана, но добавляются 4 клетки по диагонали).

Рассмотрим пример работы волнового алгоритма для окрестности фон Неймана.

Сначала вокруг ячейки, в которой находится точка А, распространяется волна с номером 1 (рисунок 2-а). Затем вокруг ячеек, в которые распространилась волна 1, распространяется волна 2 (рисунок 2-б), заполняя соседние ячейки с ячейкой 1, затем начинается распространение волны 3 вокруг ячеек с волной 2 и так далее до тех пор, пока не прекратится выполнение алгоритма.



а) б)  
Рисунок 2. Распространение волны по ячейкам поля.

На рисунке 3 показано состояние рабочего поля после пяти итераций распространения волны.



Рисунок 3. Рабочее поле на пятой итерации алгоритма.

Когда волна достигает конечной точки Б, распространение волн заканчивается и начинается построение обратного пути от точки Б к точке А. Вокруг точки Б находится ячейка с минимальным ненулевым значением, соответствующее номеру первой дошедшей волны. На рисунке 4 показан пример полностью заполненного поля, минимальное (и единственное) значение волны рядом с точкой Б равно 8.

В случае, если вокруг точки Б есть несколько ячеек с одинаковыми номерами волн, первая ячейка для построения кратчайшего пути выбирается произвольно, т.к. очевидно, что если номера волн в них одинаковые, то какой бы

обратный путь не был выбран, он приведёт от точки Б к точке А за одинаковое число шагов.

А	1	2	3	4	5
1	2		4	5	6
	3		5	6	7
5	4		6		
6	5	6	7	8	Б

Рисунок 4. Вид поля после завершения распространения волн.

После того, как выбрана первая точка обратного пути, относительно неё начинается уже описанная процедура нахождения ячейки с минимальным номером волны. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнута начальная точка А.

### ПРИМЕЧАНИЕ

При защите лабораторной работы будет проверяться, в том числе, ситуация, когда пути от точки А до точки Б не существует. Это возможно в случае, когда одна из точек полностью изолирована от другой с помощью препятствий. **Алгоритм должен корректно определять эту ситуацию** и выдавать сообщение, что путь не найден.

Алгоритм должен корректно обрабатывать в том случае, если точки расположены рядом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Lee, C.Y. «An Algorithm for Path Connections and Its Applications», Sept. 1961, Electronic Computers, IRE Transactions on (Volume:EC-10 , Issue: 3), pp. 346-365
2. Алгоритм А\* - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм\\_поиска\\_А\\*](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_поиска_А*)
3. Алгоритм поиска пути Jump Point Search - <http://habrahabr.ru/post/162915/>

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫБРАВШИХ БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

В данной лабораторной работе будет требоваться разработать консольную программу на C/C++, которая промоделирует работу волнового алгоритма на сетке размером 20x20 клеток.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо получить три плюса, выполнив следующие этапы (по плюсам).

+	<ul style="list-style-type: none"><li>• Объявить матрицу, которая будет представлять ДРП. Рекомендую работать не с символьной, а с целочисленной матрицей.</li><li>• Вывести на экран ДРП в символьном виде. Пусть пустые клетки будут обозначены символом «_», а препятствия – символом «#».</li></ul>
+	<ul style="list-style-type: none"><li>• Считать с клавиатуры координаты точек А и Б, вывести ДРП с проставленными точками А и Б.</li><li>• Проставить вокруг точки А первую волну, вывести результат на экран.</li></ul>
+	<ul style="list-style-type: none"><li>• Реализовать волновой алгоритм, показать матрицу с волнами.</li><li>• Вывести на экран длину пути от точки А до точки Б.</li></ul>

Выполнение лабораторной работы на базовом уровне оценивается в итоге в 7 баллов максимум. Лабораторная работа считается выполненной, если выполнены задания на все три плюса.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫБРАВШИХ МАКСИМУМ

Необходимо выполнить все задания на минимум. После этого необходимо выполнить дополнительные задания, приведённые ниже.

*Эти задания выполняются последовательно.*

- **Плюс балл.** Вывести ДРП в символьном виде с проставленным путём (волн быть не должно). Пусть путь будет представлен символом «%». Выполнение этого пункта можно совместить со следующим пунктом.
- **Плюс балл.** Реализовать чтение ДРП из файла и вывод результатов работы алгоритма в файл. Файл с исходными данными задаётся в качестве аргументов командной строки. Имя выходного файла – произвольное.
- **Плюс балл.** Имя выходного файла – это имя входного файла, но имеющее добавление к имени «\_out». Например, если входной файл назывался data.txt, то имя выходного файла – data\_out.txt.

За выполнение этой части лабораторной работы даётся максимум 3 дополнительных балла.