

49 | 搜索：如何用A*搜索算法实现游戏中的寻路功能？

2019-01-18 王争



朗读人：修阳

时长09:58 大小9.13M



魔兽世界、仙剑奇侠传这类 MMORPG 游戏，不知道你有没有玩过？在这些游戏中，有一个非常重要的功能，那就是人物角色自动寻路。当人物处于游戏地图中的某个位置的时候，我们用鼠标点击另外一个相对较远的位置，人物就会自动地绕过障碍物走过去。玩过这么多游戏，不知你是否思考过，这个功能是怎么实现的呢？

算法解析

实际上，这是一个非常典型的搜索问题。人物的起点就是他当下所在的位置，终点就是鼠标点击的位置。我们需要在地图中，找一条从起点到终点的路径。这条路径要绕过地图中所有障碍物，并且看起来要是一种非常聪明的走法。所谓“聪明”，笼统地解释就是，走的路不能太绕。理论上讲，最短路径显然是最聪明的走法，是这个问题的最优解。

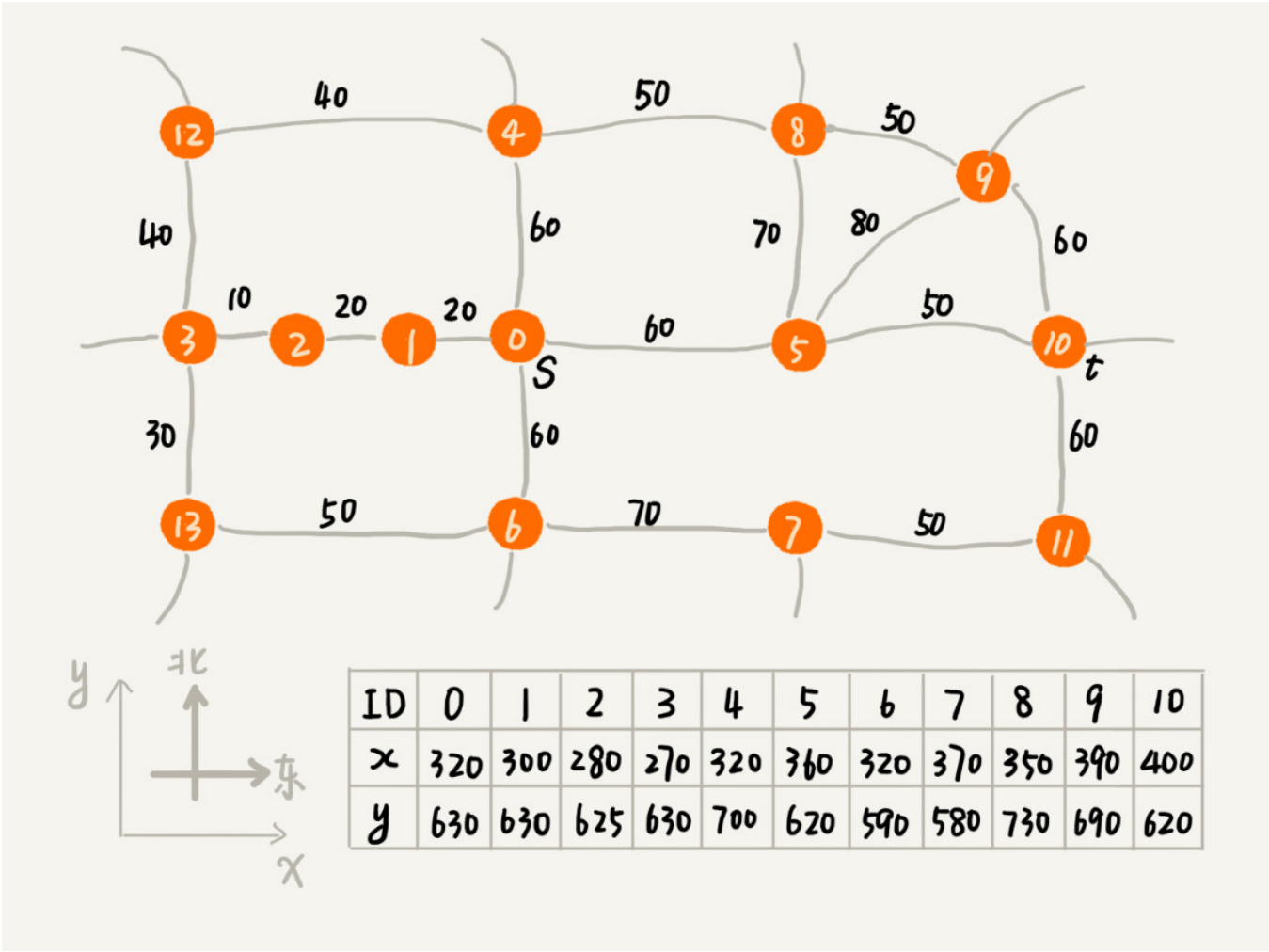
不过，在[第 44 节](#)最优出行路线规划问题中，我们也讲过，如果图非常大，那 Dijkstra 最短路径算法的执行耗时会很多。在真实的软件开发中，我们面对的是超级大的地图和海量

的寻路请求，算法的执行效率太低，这显然是无法接受的。

实际上，像出行路线规划、游戏寻路，这些真实软件开发中的问题，一般情况下，我们都不需要非得求最优解（也就是最短路径）。在权衡路线规划质量和执行效率的情况下，我们只需要寻求一个次优解就足够了。那**如何快速找出一条接近于最短路线的次优路线呢？**

这个快速的路径规划算法，就是我们今天要学习的**A* 算法**。实际上，A* 算法是对 Dijkstra 算法的优化和改造。如何将 Dijkstra 算法改造成 A* 算法呢？为了更好地理解接下来要讲的内容，我建议你先温习下第 44 节中的 Dijkstra 算法的实现原理。

Dijkstra 算法有点儿类似 BFS 算法，它每次找到跟起点最近的顶点，往外扩展。这种往外扩展的思路，其实有些盲目。为什么这么说呢？我举一个例子来给你解释一下。下面这个图对应一个真实的地图，每个顶点在地图中的位置，我们用一个二维坐标 (x, y) 来表示，其中，x 表示横坐标，y 表示纵坐标。



在 Dijkstra 算法的实现思路中，我们用一个优先级队列，来记录已经遍历到的顶点以及这个顶点与起点的路径长度。顶点与起点路径长度越小，就越先被从优先级队列中取出来扩


展，从图中举的例子可以看出，尽管我们找的是从 s 到 t 的路线，但是最先被搜索到的顶点依次是 1, 2, 3。通过肉眼来观察，这个搜索方向跟我们期望的路线方向（ s 到 t 是从西向东）是反着的，路线搜索的方向明显“跑偏”了。

之所以会“跑偏”，那是因为我们是按照顶点与起点的路径长度的大小，来安排出队列顺序的。与起点越近的顶点，就会越早出队列。我们并没有考虑到这个顶点到终点的距离，所以，在地图中，尽管 1, 2, 3 三个顶点离起始顶点最近，但离终点却越来越远。

如果我们综合更多的因素，把这个顶点到终点可能还要走多远，也考虑进去，综合来判断哪个顶点该先出队列，那是不是就可以避免“跑偏”呢？

当我们遍历到某个顶点的时候，从起点走到这个顶点的路径长度是确定的，我们记作 $g(i)$ （ i 表示顶点编号）。但是，从这个顶点到终点的路径长度，我们是未知的。虽然确切的值无法提前知道，但是我们可以用其他估计值来代替。

这里我们可以通过这个顶点跟终点之间的直线距离，也就是欧几里得距离，来近似地估计这个顶点跟终点的路径长度（注意：路径长度跟直线距离是两个概念）。我们把这个距离记作 $h(i)$ （ i 表示这个顶点的编号），专业的叫法是**启发函数**（heuristic function）。因为欧几里得距离的计算公式，会涉及比较耗时的开根号计算，所以，我们一般通过另外一个更加简单的距离计算公式，那就是**曼哈顿距离**（Manhattan distance）。曼哈顿距离是两点之间横纵坐标的距离之和。计算的过程只涉及加减法、符号位反转，所以比欧几里得距离更加高效。

 复制代码


```
1 int hManhattan(Vertex v1, Vertex v2) { // Vertex 表示顶点，后面有定义
2     return Math.abs(v1.x - v2.x) + Math.abs(v1.y - v2.y);
3 }
```

原来只是单纯地通过顶点与起点之间的路径长度 $g(i)$ ，来判断谁先出队列，现在有了顶点到终点的路径长度估计值，我们通过两者之和 $f(i)=g(i)+h(i)$ ，来判断哪个顶点该最先出队列。综合两部分，我们就能有效避免刚刚讲的“跑偏”。这里 $f(i)$ 的专业叫法是**估价函数**（evaluation function）。

从刚刚的描述，我们可以发现，A* 算法就是对 Dijkstra 算法的简单改造。实际上，代码实现方面，我们也只需要稍微改动几行代码，就能把 Dijkstra 算法的代码实现，改成 A*

算法的代码实现。

在 A* 算法的代码实现中，顶点 Vertex 类的定义，跟 Dijkstra 算法中的定义，稍微有点儿区别，多了 x, y 坐标，以及刚刚提到的 f(i) 值。图 Graph 类的定义跟 Dijkstra 算法中的定义一样。为了避免重复，我这里就没有再贴出来了。

 复制代码


```
1 private class Vertex {
2     public int id; // 顶点编号 ID
3     public int dist; // 从起始顶点，到这个顶点的距离，也就是 g(i)
4     public int f; // 新增: f(i)=g(i)+h(i)
5     public int x, y; // 新增: 顶点在地图中的坐标 (x, y)
6     public Vertex(int id, int x, int y) {
7         this.id = id;
8         this.x = x;
9         this.y = y;
10        this.f = Integer.MAX_VALUE;
11        this.dist = Integer.MAX_VALUE;
12    }
13 }
14 // Graph 类的成员变量，在构造函数中初始化
15 Vertex[] vertexes = new Vertex[this.v];
16 // 新增一个方法，添加顶点的坐标
17 public void addVertex(int id, int x, int y) {
18     vertexes[id] = new Vertex(id, x, y)
19 }
```

A* 算法的代码实现的主要逻辑是下面这段代码。它跟 Dijkstra 算法的代码实现，主要有 3 点区别：

优先级队列构建的方式不同。A* 算法是根据 f 值（也就是刚刚讲到的 $f(i)=g(i)+h(i)$ ）来构建优先级队列，而 Dijkstra 算法是根据 dist 值（也就是刚刚讲到的 $g(i)$ ）来构建优先级队列；

A* 算法在更新顶点 dist 值的时候，会同步更新 f 值；

循环结束的条件也不一样。Dijkstra 算法是在终点出队列的时候才结束，A* 算法是一旦遍历到终点就结束。

 复制代码

```
1 public void astar(int s, int t) { // 从顶点 s 到顶点 t 的路径
2     int[] predecessor = new int[this.v]; // 用来还原路径
```

```

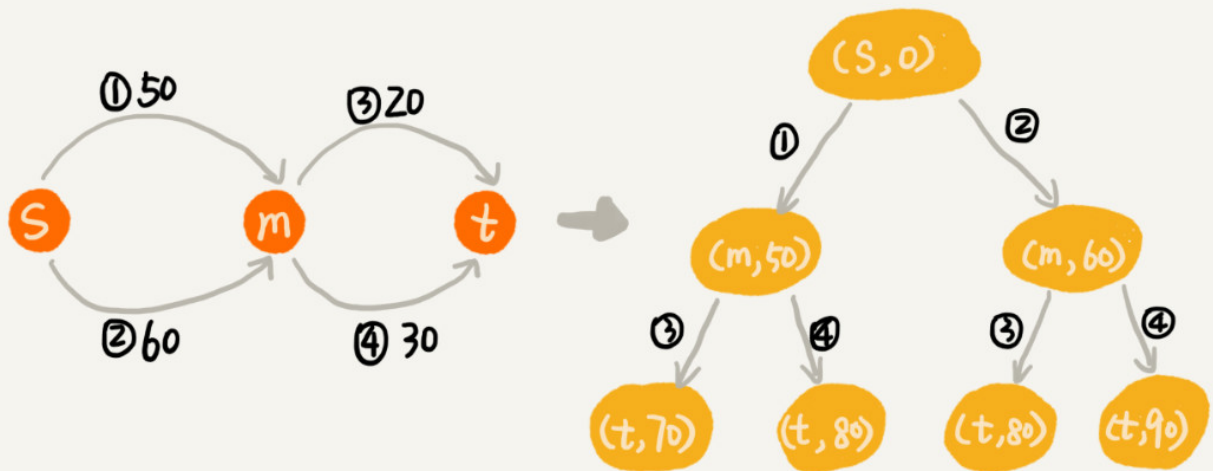
3 // 按照 vertex 的 f 值构建的小顶堆，而不是按照 dist
4 PriorityQueue queue = new PriorityQueue(this.v);
5 boolean[] inqueue = new boolean[this.v]; // 标记是否进入过队列
6 vertexes[s].dist = 0;
7 vertexes[s].f = 0;
8 queue.add(vertexes[s]);
9 inqueue[s] = true;
10 while (!queue.isEmpty()) {
11     Vertex minVertex = queue.poll(); // 取堆顶元素并删除
12     for (int i = 0; i < adj[minVertex.id].size(); ++i) {
13         Edge e = adj[minVertex.id].get(i); // 取出一条 minVertex 相连的边
14         Vertex nextVertex = vertexes[e.tid]; // minVertex-->nextVertex
15         if (minVertex.dist + e.w < nextVertex.dist) { // 更新 next 的 dist,f
16             nextVertex.dist = minVertex.dist + e.w;
17             nextVertex.f
18                 = nextVertex.dist+hManhattan(nextVertex, vertexes[t]);
19             predecessor[nextVertex.id] = minVertex.id;
20             if (inqueue[nextVertex.id] == true) {
21                 queue.update(nextVertex);
22             } else {
23                 queue.add(nextVertex);
24                 inqueue[nextVertex.id] = true;
25             }
26         }
27         if (nextVertex.id == t) break; // 只要到达 t 就可以结束 while 了
28     }
29 }
30 // 输出路径
31 System.out.print(s);
32 print(s, t, predecessor); // print 函数请参看 Dijkstra 算法的实现
33 }

```

尽管 A* 算法可以更加快速的找到从起点到终点的路线，但是它并不能像 Dijkstra 算法那样，找到最短路线。这是为什么呢？

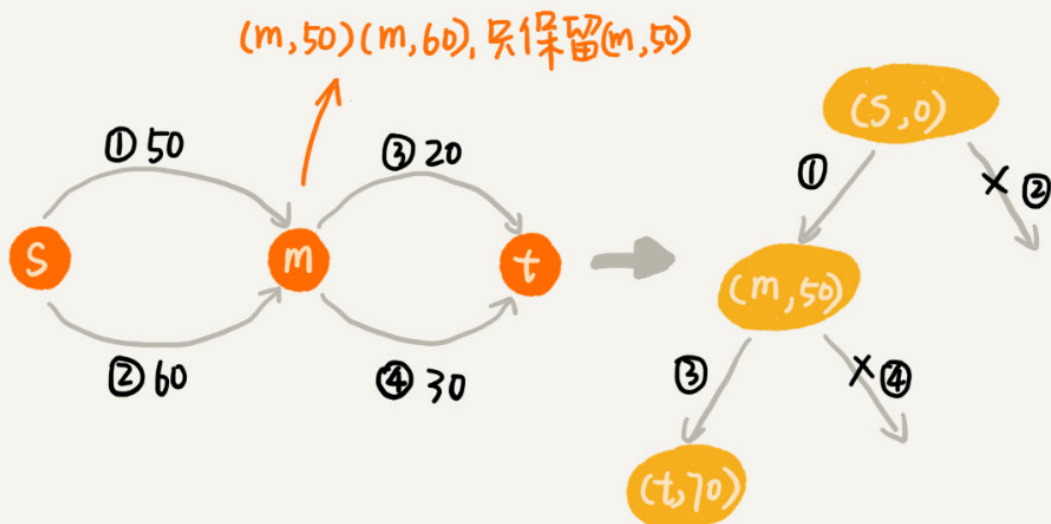
要找出起点 s 到终点 t 的最短路径，最简单的方法是，通过回溯穷举所有从 s 到达 t 的不同路径，然后对比找出最短的那个。不过很显然，回溯算法的执行效率非常低，是指数级的。

回溯穷举搜索



Dijkstra 算法在此基础上，利用动态规划的思想，对回溯搜索进行了剪枝，只保留起点到某个顶点的最短路径，继续往外扩展搜索。动态规划相较于回溯搜索，只是换了一个实现思路，但它实际上也考察到了所有从起点到终点的路线，所以才能得到最优解。

动态规划



A* 算法之所以不能像 Dijkstra 算法那样，找到最短路径，主要原因是两者的 while 循环结束条件不一样。刚刚我们讲过，Dijkstra 算法是在终点出队列的时候才结束，A* 算法是一旦遍历到终点就结束。对于 Dijkstra 算法来说，当终点出队列的时候，终点的 dist 值是优先级队列中所有顶点的最小值，即便再运行下去，终点的 dist 值也不会再被更新了。对于 A* 算法来说，一旦遍历到终点，我们就结束 while 循环，这个时候，终点的 dist 值未必是最小值。

A* 算法利用贪心算法的思路，每次都找 f 值最小的顶点出队列，一旦搜索到终点就不再继续考察其他顶点和路线了。所以，它并没有考察所有的路线，也就不可能找出最短路径了。

搞懂了 A* 算法，我们再来看下，**如何借助 A* 算法解决今天的游戏寻路问题？**

要利用 A* 算法解决这个问题，我们只需要把地图，抽象成图就可以了。不过，游戏中的地图跟第 44 节中讲的我们平常用的地图是不一样的。因为游戏中的地图并不像我们现实生活中那样，存在规划非常清晰的道路，更多的是宽阔的荒野、草坪等。所以，我们没法利用 44 节中讲到的抽象方法，把岔路口抽象成顶点，把道路抽象成边。

实际上，我们可以换一种抽象的思路，把整个地图分割成一个一个小方块。在某一个方块上的人物，只能往上下左右四个方向的方块上移动。我们可以把每个方块看作一个顶点。两个方块相邻，我们就在它们之间，连两条有向边，并且边的权值都是 1。所以，这个问题就转化成了，在一个有向有权图中，找某个顶点到另一个顶点的路径问题。将地图抽象成边权值为 1 的有向图之后，我们就可以套用 A* 算法，来实现游戏中人物的自动寻路功能了。

总结引申

我们今天讲的 A* 算法属于一种**启发式搜索算法**（Heuristically Search Algorithm）。实际上，启发式搜索算法并不仅仅只有 A* 算法，还有很多其他算法，比如 IDA* 算法、蚁群算法、遗传算法、模拟退火算法等。如果感兴趣，你可以自行研究下。

启发式搜索算法利用估价函数，避免“跑偏”，贪心地朝着最有可能到达终点的方向前进。这种算法找出的路线，并不是最短路线。但是，实际的软件开发中的路线规划问题，我们往往并不需要非得找最短路线。所以，鉴于启发式搜索算法能很好地平衡路线质量和执行效率，它在实际的软件开发中的应用更加广泛。实际上，在第 44 节中，我们讲到的地图 App 中的出行路线规划问题，也可以利用启发式搜索算法来实现。

课后思考

我们之前讲的“迷宫问题”是否可以借助 A* 算法来更快速地找到一个走出去的路线呢？如果可以，请具体讲讲该怎么来做；如果不可以，请说说原因。

欢迎留言和我分享，也欢迎点击“[请朋友读](#)”，把今天的内容分享给你的好友，和他一起讨论、学习。

 极客时间

数据结构与算法之美

为工程师量身打造的数据结构与算法私教课

王争
前 Google 工程师



新版升级：点击「 请朋友读」，10位好友免费读，邀请订阅更有[现金](#)奖励。

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得转载

上一篇 48 | B+树：MySQL数据库索引是如何实现的？

下一篇 50 | 索引：如何在海量数据中快速查找某个数据？

精选留言

 写留言



传说中的成大大

2019-01-18

 6

今天看了A*算法 反而对dijkstra算法理解得更透彻了....

**yongxiang**

2019-01-19

👍 1

王争老师，我把代码输入运行，并把过程打印出来，发现代码运行的过程跟您说的A*算法的三点区别中的第三点不一样，不会在遍历到目标顶点时退出while循环。您看是不是27行的break只是退出了for循环，无法退出while循环，是不是需要增加以下的修改： ...

展开 ▾

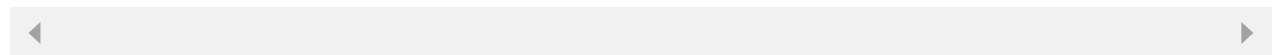
**皇家救星**

2019-01-18

👍 1

我记得以前看过的a*算法介绍还有close和open表，这里好像没提到？

作者回复: 那就是俩人造的概念 并没有太大意义。

**辰陌**

2019-01-20

👍 0

请问一下老师，Astar算法，启发式距离的设置好像是有一定原则的，如果在满足一致性原则的基础之上，然后再抛除最后一步停止准则的影响的情况下，应该是可以找到最优解的吧？

展开 ▾

**hua168**

2019-01-19

👍 0

我之前是打算生管理，去个小公司，发现也要会开发，去年就毅然去学java，维护懂java会有帮助，也可以搞下大数据.....再学一门本职运维开发需要python.....
我就是这样打算的.....

展开 ▾

作者回复: 看得到@hua168同学对职业规划很迷茫。

我来逐一回答一下你的问题：

1. 自考学历对你来说没用。绝大部分卡学历的公司，只看第一学历；不卡学历的那部分公司，你自考本科也没必要。自考学历对一小部分人有用，具体哪部分人适合我就不展开讲了，总之不适合你。但是，你没有因为学历自卑，公司这么多，总有不卡学历的。我见过很多大专文凭，技术去贼拉子好的，照样去大公司。

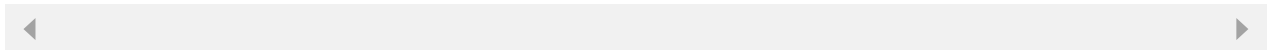
2. 不管是大公司还是小公司，都会卡年龄。不过所谓的卡年龄并不是说年龄大了就没人要了。而是能力跟年龄不符，年龄一大把却跟人家工作两三年经验能力差不多，要钱还贼高，那估计确实没人要。

3. 不要再去学java了。如果你还想走技术路线，那就要专精尖，这个我前一条回复说过了。

4. 我还是说了，对于技术一般的人来说，如果要升管理岗，还是那句话“要有领导气质”，另外，你要包装一下简历，一些很小公司的领导是识别不出来的：）听起来是不入流的建议，但是，我确实是认真的。

5. 实际上，年龄大了，技术没有太大竞争力，去个安稳的公司很好，比如国企性质的一些互联网保险公司，具体你自己搜搜吧，我这里不方便说公司名字。

以上建议只针对你本人的情况，并且是我的个人建议。如有不投，你自己斟酌。

**hua168**

2019-01-19

👍 0

像我年龄35岁，学历是大专，您觉得有必须自考研究生之类的么？升级一下学历？自考类不知道去大公司是否都承认？
英语不太好，只能勉强看懂.....

**hua168**

2019-01-19

👍 0

非常感谢.....

**yongxiang**

2019-01-19

👍 0

王争老师，这里的每条边的权重 w 跟两个顶点之间的 x ， y 有相关关系吗？还是说可以随意定义？

展开 ▼

**ALAN**

2019-01-19

👍 0

老师，我在网上看到说a star算法启发函数选的好的话，估计路径比实际路径短的话，是可以找到最短路径的。老师，你能举个例子说明找到的不是最短路径吗，在估计路径比实践路径短的情况下？

**hua168**

2019-01-19

0

大神，能问一个题外话吗，关于自己人生规划，水平和眼界所限，想不通，都说大神级见识很广也多，能给我这个35岁只维护过四五十台linux服务器的运维指条路吗？ ...

展开 ▾

作者回复: 我下面说的话，可能会伤害到你，不过，我是非常认真的。

从你对运维相关的技术点的描述上，可以看出，你应该没有在一个稍微大点的公司工作过吧，所以，很多技术都用的不够深，都只是略知一二，没有自己拿得出手的东西。

建议你去稍微大点公司锻炼一下技术，同时，也能给你的履历加分。

不过，以你的年龄和履历，去稍微大点的公司可能也不现实了，因为现在好点的公司都卡学历、背景，更别说技术了。

所以，我建议你找一个运维领域的风口技术去研究，比如你提到的k8s。这种技术才兴起，会的人不多，所以招聘公司都不会太卡学历、经历，只要会，是个人都要，可以借机去个大点的公司。这会是你的一个转折点。

而且。现在，经济下行，互联网行业都压缩招聘。你正好利用这1、2年，沉下心来，抓住一个技术方向，研究深、研究透。

还有一条路，那就是做管理岗位。这个要看你有没有领导气质了：）如果有领导范，年龄大，工作经历多，也可以忽悠到一些小公司的管理岗。实际上，对你来说，这条路也是不错的。

还有一条路，那就是靠去天使轮的创业公司逆袭。这条路有点赌博的意思。不过，如果公司搞大了，你也会青云直上，这辈子都不愁了：）

**fy**

2019-01-18

0

老师，刷leetcode刷的有点苦逼，刷不动，你的专栏就看到排序就中断了，但都记好了笔

记。

展开 ▾



纯洁的憎恶

2019-01-18

👍 0

对于有大片无变化的地形环境，是否可以采用更大的方块表示，同时增加其与邻接顶点的权值，已表示距离更远。这样可以减少顶点数，简化图的复杂程度，提高执行效率。不过可能造成行走路线中折线过多，不够平滑。



蓝心

2019-01-18

👍 0

21行代码：`queue.update(nextVertex);` 是不是没有这个API。要删除在插入呢



『LHCY』

2019-01-18

👍 0

真实游戏中也是用的小方块来做的吗？比如要往(1, 1)方向走，先把模型角度调整，然后移动是一个个小方格走的，因为方格太小使肉眼分辨不出？

展开 ▾