

# 49|搜索：如何用A\*搜索算法实现游戏中的寻路功能？

魔兽世界、仙剑奇侠传这类MMRPG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

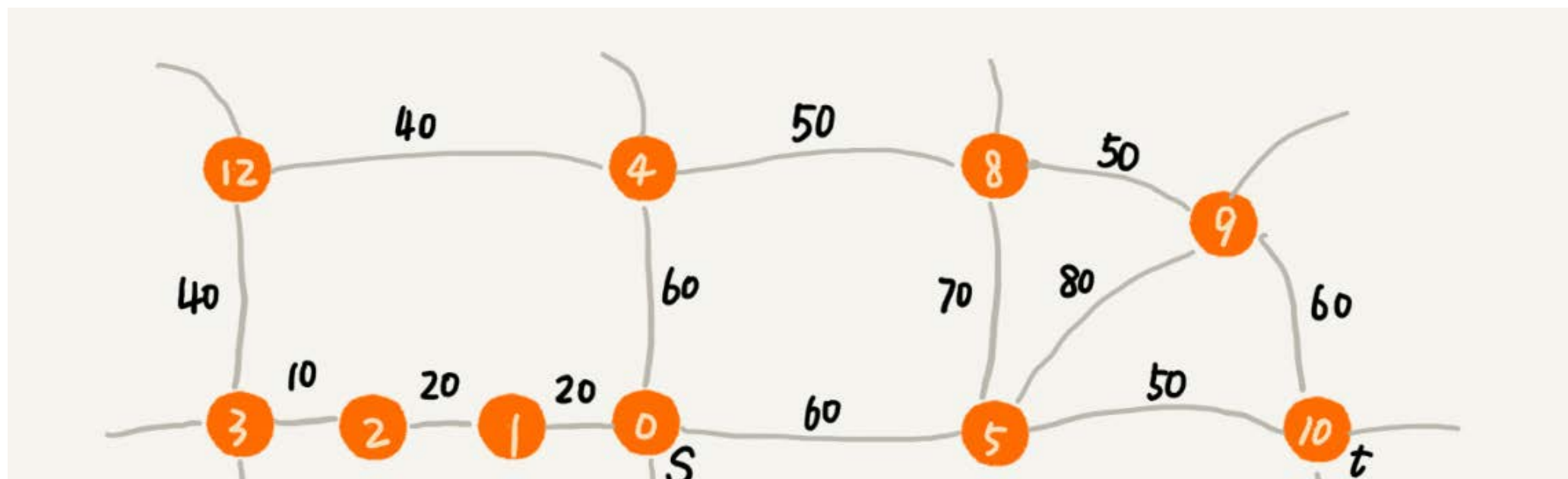
实际上，这是一个非常典型的搜索问题。人物的起点就是他当下所在的位置，终点就是鼠标点击的位置。我们需要在地图中，找一条从起点到终点的路径。这条路径要绕过地图中所有障碍物，并且看起来要是一种非常聪明的走法。所谓“聪明”，笼统地解释就是，走的路不能太绕。理论上讲，最短路径显然是最聪明的走法，是这个问题的最优解。

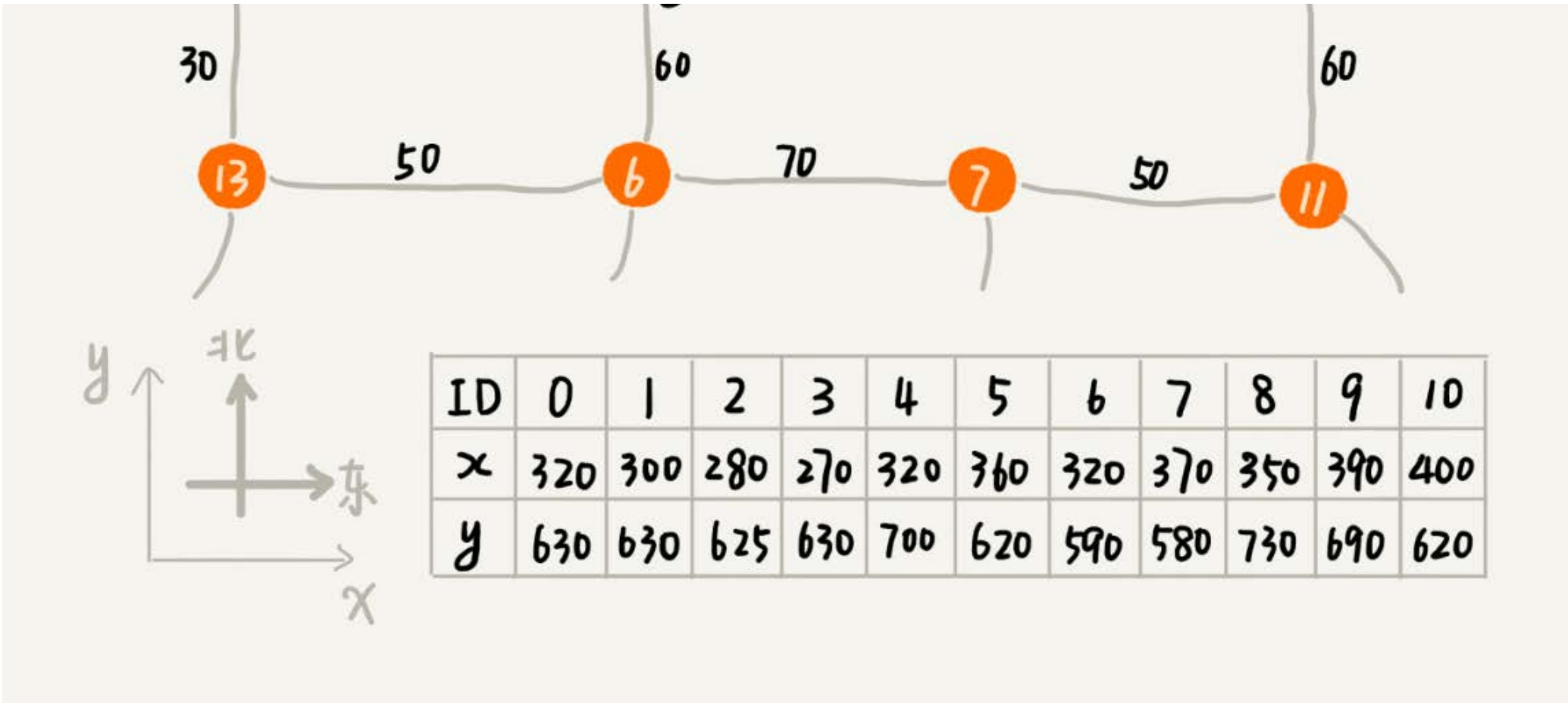
不过，在[第44节](#)最优出行路线规划问题中，我们也讲过，如果图非常大，那Dijkstra最短路径算法的执行耗时会很多。在真实的软件开发中，我们面对的是超级大的地图和海量的寻路请求，算法的执行效率太低，这显然是无法接受的。

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。

49|搜索：如何用A\*搜索算法实现游戏中的寻路功能？

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

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。

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

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。

```
public void astar(int s, int t) { // 从顶点s到顶点t的路径
    int[] predecessor = new int[this.v]; // 用来还原路径
    // 按照vertex的f值构建的小顶堆，而不是按照dist
    PriorityQueue queue = new PriorityQueue(this.v);
    boolean[] inqueue = new boolean[this.v]; // 标记是否进入过队列
    vertexes[s].dist = 0;
    vertexes[s].f = 0;
    queue.add(vertexes[s]);
    inqueue[s] = true;
    while (!queue.isEmpty()) {
        Vertex minVertex = queue.poll(); // 取堆顶元素并删除
        for (int i = 0; i < adj[minVertex.id].size(); ++i) {
            Edge e = adj[minVertex.id].get(i); // 取出一条minVertex相连的边
```

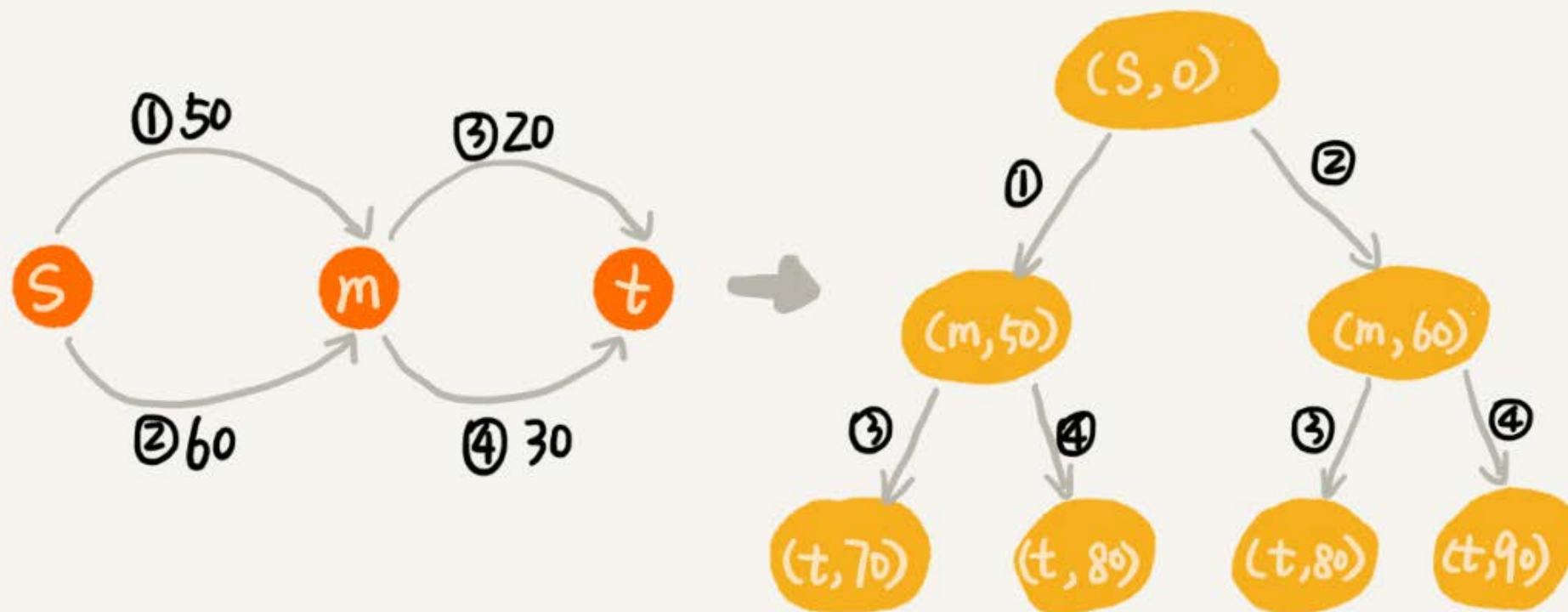
49|搜索：如何用A\*搜索算法实现游戏中的寻路功能？

```
Vertex nextVertex = vertexes[e.tid]; // minVertex-->nextVertex
if (minVertex.dist + e.w < nextVertex.dist) { // 更新next的dist,f
    nextVertex.dist = minVertex.dist + e.w;
    nextVertex.f
        = nextVertex.dist+hManhattan(nextVertex, vertexes[t]);
    predecessor[nextVertex.id] = minVertex.id;
    if (inqueue[nextVertex.id] == true) {
        queue.update(nextVertex);
    } else {
        queue.add(nextVertex);
        inqueue[nextVertex.id] = true;
    }
}
if (nextVertex.id == t) break; // 只要到达t就可以结束while了
}
// 输出路径
System.out.print(s);
print(s, t, predecessor); // print函数请参看Dijkstra算法的实现
}
```

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？

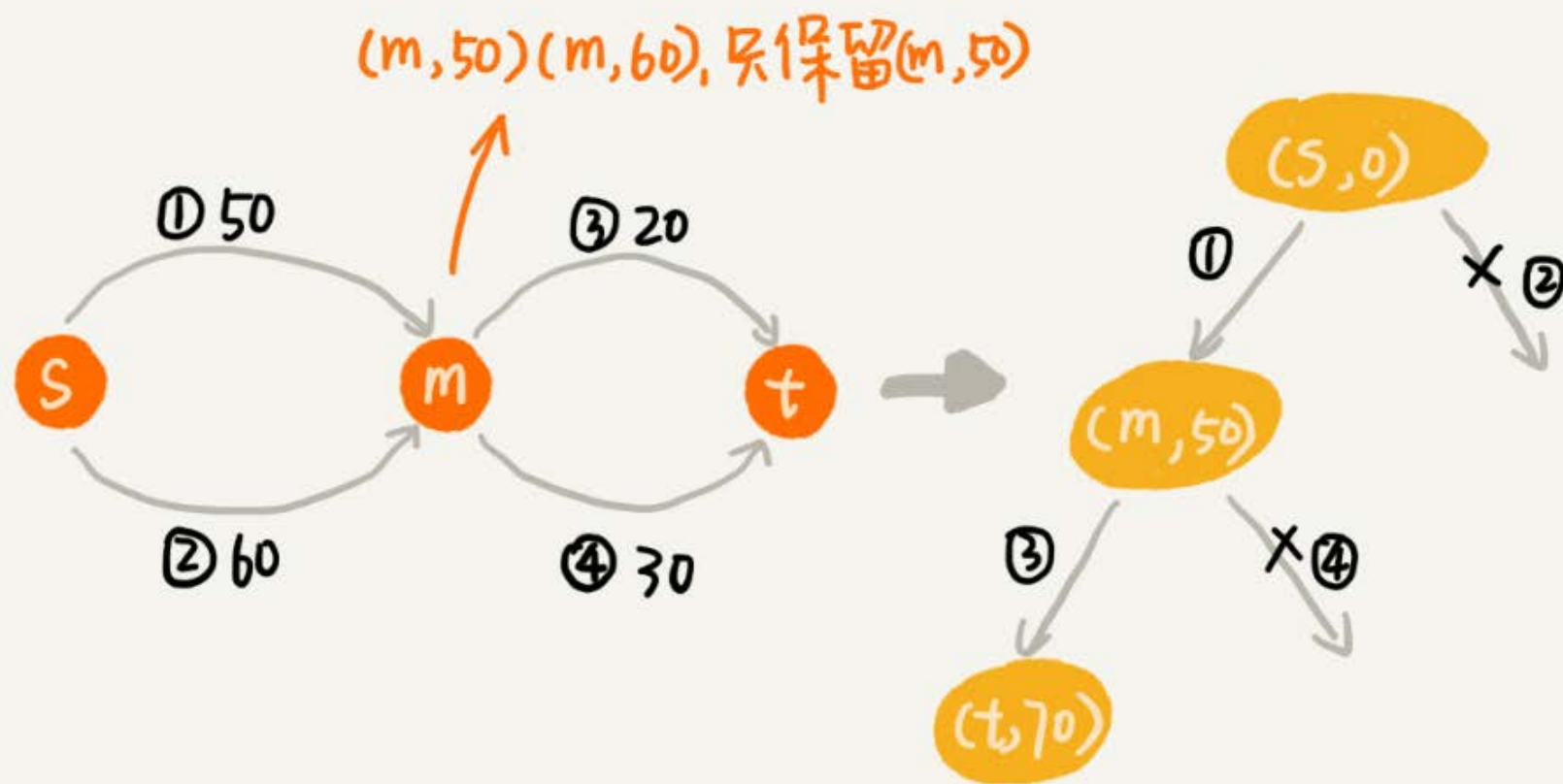
要找出起点s到终点t的最短路径，最简单的方法是，通过回溯穷举所有从s到达t的不同路径，然后对比找出最短的那个。不过很显然，回溯算法的执行效率非常低，是指数级的。

## 回溯穷举搜索



Dijkstra算法在此基础之上，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在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节中讲到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。





# 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。

## 精选留言：

- 传说中的成大大 2019-01-18 11:12:42  
今天看了A\*算法 反而对dijkstra算法理解得更透彻了.... [7赞]
- yongxiang 2019-01-19 16:06:24



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：

```
if (nextVertex.id == t) {  
    queue.clear();  
    break;  
} [1赞]
```

- 皇家救星 2019-01-18 08:29:37

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？ [1赞]

作者回复2019-01-18 09:12:56

那就是俩人造的概念 并没有太大意义。

- 辰陌 2019-01-20 15:59:28

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？

- hua168 2019-01-19 20:38:55

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…

同学说我们学历低只要大专，问我要大家考研究生不？我感觉我不去大公司的话没什么用吧？但一想很多要求本科，自考研究生不知道承认不？尤其公司，再说就算看完都老了吧……意义有多大？

作者回复2019-01-24 09:23:22

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 20:18:11

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都承认？英语不太好，只能勉强看懂……

• hua168 2019-01-19 20:09:15

非常感谢……

• yongxiang 2019-01-19 16:10:37

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？

• ALAN 2019-01-19 10:39:37

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 00:43:46

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？现在很迷茫和压力大~~能力如下：

一.网络：CCNA水平，自过了CCNP忘记了，当过2年网管

二、维护过asp.net电商网站，3年，只有简单的，兼职网管

三、linux运维，只在一家电商做了3年多，会

1.web：nginx、tomcat配置（少用）+php:nignx的rewirte和反代

2.数据库：mysql、mongoDB、redis 配置及主从，不会mycat、Cetus之类

3.反代：会nginx、haproxy简单配置

4.存储：NFS、fastDFS、hadoop简单看了一下

49|搜索：如何用A\*搜索算法实现游戏中的寻路功能？

- 5.版本控制：只会git及搭建gitlab+jenkins（简单的CI/CD）
- 6.监控：简单配置zabbix+shell脚本
- 7.虚拟化：kvm安装及配置、docker(k8s还没学)
- 8.云计算：openstack只会安装做过实验
- 9.测试：只会ab工具
- 10.日志：ELK安装配置，还没结合java（在学中）
- 11.大数据：没使用过（不会flume、storm、spark、flink、kafka）
- 12.脚本：主要是shell为主、会点python

四、编程能力：自学，没项目经验

1.前端：

- 1) HTML（HTML5不怎看）
- 2) css（laiui、学了一下vue）
- 3) js、jquery框架、ES6简单看了一下

2.PHP：语法简单的thinkphp5框架

3.java：考虑要维护java web在学

只看了java、jsp及servlet、spring、springMVC、spring Boot（这个为主）

4.python：考虑运维用到

python：会简单的脚本

django：只会官网简单的

问题是：现在已35岁了，失业，怎办？年龄摆在那里，能力好像不强，学历大专。

能给个建议吗？非常感谢~~

作者回复2019-01-19 11:15:51

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 22:42:09

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。

- 纯洁的憎恶 2019-01-18 18:45:50

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 10:54:34

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 09:47:30

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？