



阜陽師範大學
FUYANG NORMAL UNIVERSITY

本科学士毕业论文（设计） 指导手册

题 目	基于 Delaunay 三角网寻路算法的应用与实现		
学生姓名	周义	学 号	2018112354
学 院	数学与统计学院	专 业	信息与计算科学
指导教师	杜鹃	职 称	教授
完成日期	2022 年 5 月 8 日		

阜阳师范大学 教务处

说 明

1. 表中凡涉及签字部分，一律由本人亲笔签名，不得使用代签或印章。

2. 需填写意见部分，应由相关人员亲自填写，禁止打印在其它纸上后剪贴。

3. 在表 3 中对论文的评语，应从学生的工作态度和工作能力、论文选题的价值与意义、创新性、写作的规范化程度、存在的问题、建议成绩、是否可以提交答辩等方面填写。

4. 在表 4 中“答辩小组评价意见”应根据学生论文质量及答辩时回答问题的情况（知识面掌握、逻辑思维能力、语言表达能力、回答问题的正确性等）等方面填写，并给出成绩。

5. 论文格式模板详见阜阳师范大学教务处网站“下载中心”。

1. 选题、开题

论文最终选题	基于 Delaunay 三角网寻路算法的应用与实现
开题日期	2022 年 2 月 12 日
<p>一、研究现状与意义：</p> <p>在有障碍的欧几里得和 λ 几何平面中，确定两点之间的最短连通性是应用数学中一个长期而复杂的问题，该问题涉及到寻找两个有许多障碍的顶点之间的最短路径，使其连续线段的距离之和最小。最短路径算法已经应用于机器人的运动规划和车辆导航的路径规划。此外，它还可以应用于电子设计自动化、生物细胞运输和运筹研究[[[] Jan, Gene Eu and Sun, Chi-Chia and Tsai, Wei Chun and Lin, Ting-Hsiang. 基于 Delaunay 三角剖分的最短路径算法 [J], 2014, 19 (2) : 660-666, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics]]]。</p> <p>路径搜索算法是在起点和终点之间寻找到一个可行路径的算法，有非常多的应用场景，包括网络流量, 机器人路径规划，军事仿真，和计算机游戏，传统的搜索算法主要有 Dijkstra 算法、深搜（DFS）、广搜（BFS）、A-star (Heuristic BFS) 算法、D-star (Dynamic A*) 算法较为新型的算法有人工势场算法、社会群体搜索算法、蚁群算法、PRM, RRT, Visibility Graph, 粒子群优化算法、Navmesh, 遗传算法等[[[] 李恬，基于流场寻路算法的即时战略游戏研究[D], 2017, 青岛大学硕士论文]]</p> <p>寻路算法应用较为广泛，过去在游戏领域内被大量的使用，如今随着自动驾驶技术的兴起，各种适应于不同场景下的寻路算法也被应用于自动驾驶中，本文解决的是建筑图纸上建筑物内部在有障碍物的情况下，查找一条避开障碍物的人行通道的问题。</p> <p>要实现一个寻路，地图要如何描述或者结构化，这个非常重要，当然也和选择的寻路算法有关系，因为地图的数据结构主要是为了寻路算法服务的。寻路算法是基于地图进行搜索的，而往往地图的信息过于复杂的时候，寻路算法实际应用非常慢，而基于这样的情况，一般选择使用离散数学。首先就要考虑如何降低地图中的信息量，比如地图如果是 10000*10000 的二维，而要基于这个地图进行搜索就要非常久得时间，消耗的内存也不少，如果维度变高，就是指数级增长了，要解决这个问题，就要先把地图离散化，</p>	

然后想办法排除掉无用信息，尽可能的少而快。

一般对地图进行离散化，有四种主要的方法：

(1) 地图栅格化 (Grid)：有些栅格是有障碍的，有的是没有的，从而让地图包含他们，将原本连续的地图变成离散的模式，一个二维数组就能装得下这个地图的数据，然后再用寻路算法（一般使用 A*）根据这个来搜索。

(2) 路图法 (Road Maps)：是基于 Grid 的，本身是在 Grid 后的地图上选择一些点，作为路径的途径点，然后再通过算法将途径点连接起来，从而形成寻路的（可以人工标注）。

(3) RRT：基于 PRM（随机选取途径点，然后连起来，排除跨过障碍物的边）的基础上，将整个图的结构变成树形的，然后基于树形进行扩展，最后得到一条路径。

(4) 可视图法 (Visibility Graph)：可视图法比较特殊，它相当于是从上帝视角俯瞰整个地图，然后将地图中所有障碍物的边角连接起来，最终他们中不和障碍物穿插的边被留下了。再以这些边和顶点构建图，进行图搜索，从而得到最终的路径。目前寻路算法使用较多的是 A* 算法，但是 A* 算法由于需要扩展“最优”节点的所有后继节点，因此在地图较大且复杂的情况下，会面临节点搜索效率低且内存占用大的情况。同时，A* 算法仅使用了距离维度的启发函数来评估当前节点，因此难以准确识别出“最优”节点。此外，当可用内存有限时，如何合理调整寻路策略以逼近目标节点，同时节省内存开销，也是 A* 算法面临的难点之一[[[] 张帆(导师：陈进才), 限定内存下基于优化 A* 算法的游戏地图寻路技术研究[D] - 《华中科技大学硕士论文》]]，两种类型的路线图是最受欢迎的：可见性图和 Voronoi 图。可见图可用于搜索最短路径，Rohnert 和 Gao 等人提出了一些算法。不幸的是，可见图有很多冗余边，且构建可见图的成本非常高($O(n^2)$)。Fortune 提出了一种更好的 Voronoi 图算法，但该 Voronoi 图不能找到最短的那个。

针对以上算法的不足，使用 Delaunay 三角网构建一个离散化的地图数学模型，使结点的数量和搜索的路径控制在较小的数量，可以使搜索的效率大幅度的提升。

二、研究的主要内容（写作提纲）：

delaunay 三角寻路算法，介绍 delaunay 三角如何构建，迪杰斯特拉算法的原理，在有障碍物的地图下如何寻找一条最短路径。

三、主要参考文献（不少于 10 项）：

- [1] Jan, Gene Eu and Sun, Chi-Chia and Tsai, Wei Chun and Lin, Ting-Hsiang. 基于 Delaunay 三角剖分的最短路径算法[J], 2014, 19 (2) : 660-666, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics
- [2] 李恬, 基于流场寻路算法的即时战略游戏研究[D], 2017, 青岛大学硕士学位论文
- [3] 张帆(导师: 陈进才), 限定内存下基于优化 A* 算法的游戏地图寻路技术研究[D] - 《华中科技大学硕士学位论文》
- [4] 熊宵, 泰森多边形的构建及应用[D]
- [5] 王晓琳, 宫法明, 《基于弦内角余切参数的三角剖分算法》[J] [2005-09-09].
- [6] [转载]Delaunay 三角剖分及算法基本知识_xiaoyo02 - 《网络 (http://blog.sina.com) 》 - 2014
- [7] 《逐点插入法-delaunay 三角剖分_longlongqin 的博客-CSDN 博客_逐点插入法》 [2020-02-25]. <https://blog.csdn.net/longlongqin/article/details/104497533>.
- [8] 《Dijkstra 算法的原理与实现_wwb44444 的博客-CSDN 博客》 [2019-01-18]. <https://blog.csdn.net/wwb44444/article/details/86544070>.

四、研究的总体安排与进度:

- 1. 2022 年 2 月 12 日 2022 年 2 月 30 日 ; 工作内容: 完成并提交外文翻译, 完成开题报告并提交, 完成开发环境的配置, 浏览相关论文, 准备学习资料。
- 2. 2022 年 3 月 1 日 2022 年 3 月 30 日; 工作内容: 用 python 实现算法的基本功能
- 3. 2022 年 4 月 1 日 2022 年 4 月 30 日; 工作内容: 分析数据, 并将数据可视化, 撰写论文。
- 4. 2022 年 5 月 1 日 2022 年 5 月 30 日; 工作内容: 提交初稿并修改
- 5. 2022 年 6 月 1 日 2022 年 6 月 30 日; 工作内容: 查重并最后修改,

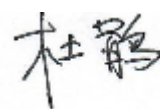
准备答辩。_____

6. 2022 年 7 月 1 日 2022 年 7 月 30 日；工作内容： 毕业

指导教师意见：

请按计划进度实施。

指导教师签字：



2022 年 5 月 5 日

2. 指导记录（学生提交，老师审核）

指导记录应分次填写，每次填写内容应包括指导时间、地点、方式和主要内容：

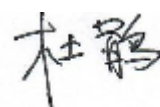
2022. 5. 3 学校 视频通话 修改论文格式

2020. 2. 10 学校 网络 修改题目

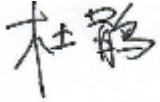
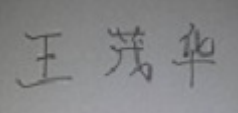
2022 年 4 月 30 日 学校 电话 指导修改论文内容，暴露程序运行过程

2022 年 2 月 20 学校 网络 研究外文文献，修改论文格式

指导教师签字：



3. 成绩评定（指导教师审核）

毕业论文（设计）题目：基于 Delaunay 三角网寻路算法的应用与实现
指导教师建议成绩：优秀
<p>指导教师评语：</p> <p>文章将 Delaunay 三角网与寻路算法相结合，快速构建一个地图网格，再结合图论和 Dijkstra 寻路算法，能在短时间内从一个结点到另一个结点的最短路径。论文符合数学与应用数学专业培养目标与专业特点，能综合运用所用的专业理论知识应用于实践，并解决实际问题中遇到的问题。论文逻辑结构严谨，观点表达清楚，有较强的说服力。达到了本科毕业基本要求。</p> <p style="text-align: right;">指导教师签字： </p> <p style="text-align: right;">2022 年 5 月 13 日</p>
评阅教师是否同意该生进入答辩： 是
评阅教师建议成绩： 及格
<p>评语：</p> <p>论文论述了基于 Delaunay 三角网的寻路算法，结构合理，内容基本完整，逻辑一般。文中仍有部分地方存在格式不规范、语句不通顺等问题。建议修改后答辩。</p> <p style="text-align: right;">评阅教师签字： </p> <p style="text-align: right;">2022 年 5 月 5 日</p>

注：1. 评阅意见为“同意答辩”，评阅教师应在“评语”栏填写论文评价意见。

2. 评阅意见为“不同意答辩”，评阅教师应在“评语”栏填写论文修改意见和答辩安排意见。

4. 答辩记录

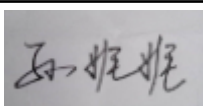
论文题目：基于 Delaunay 三角网寻路算法的应用与实现			
答辩时间	2022 年 5 月 8 日	答辩地点	线上
<p>答辩小组提出的主要问题及学生的回答情况：</p> <p>葛新同老师：参考文献第一个英文文献为什么是写的中文</p> <p>回答：我自己翻译的，原来是英文的</p> <p>葛新同老师：英文就保持英文，不要翻译成中文</p> <p>回答：好的，我会修改回英文的</p> <p>葛新同老师：参考文献第三个（陈进才）去掉</p> <p>回答：好的，我会删除</p> <p>葛新同老师：张帆, 限定内存下基于优化 A*算法的游戏地图寻路技术，A 后面为什么有波浪线</p> <p>回答：拷贝的时候没有注意，我会修改</p> <p>葛新同老师：D 表示博士论文为什么加在硕士论文后面</p> <p>回答：可能搞错标号的含义了，后面会修改</p> <p>葛新同老师：期刊后面为什么不写那一期，那一页</p> <p>回答：我会修改，将缺少的补上</p> <p>孙怀波老师：算法研究的还行，论文展望有什么？未来对该算法有什么扩展？</p> <p>回答：展望方面我没有具体去写，后续会补上</p> <p>孙怀波老师：你在算法上能力还可以，在该算法上还有没有什么优化？讲出你的想法。</p> <p>回答：对网格结构进行调整，删除冗余的点或者边，对 dijkstra 算法进行优化，提高搜索效率。</p> <p style="text-align: right;">葛新同</p> <p>记录人签名：</p> <p style="text-align: right;">2022 年 5 月 8 日</p>			

答辩小组评价意见：

该生阐述了基于 Delaunay 三角网寻路算法的应用与实现过程，完整回应了答辩老师提出的问题，观点明确，思路清晰，回答流畅，论文内容掌握娴熟、理解深刻。答辩通过！

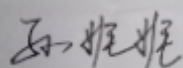
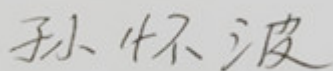
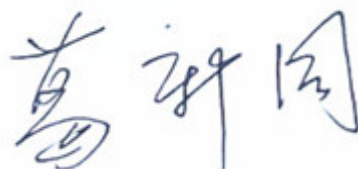
论文答辩成绩：良

答辩小组组长签名：



职称： 副教授

答辩小组成员签名：



注：1. 如成绩不及格，需二次答辩，请填写《二次答辩记录单》附后。

5. 二辩记录

[illegible]

毕业论文（设计）总成绩鉴定表

最终成绩评定等级：良

答辩委员会综合评语：

同意答辩小组意见！

答辩委员会主任签字：
(学院公章)

2022年5月8日

注：答辩委员会评定论文总成绩，交答辩委员会主任审定，盖学院公章。“论文等级”用优、良、中等、及格、不及格五级制。