

什么是空中机器人？

空中机器人 \neq 军用无人机

- 尺寸大多很大
- 10+小时续航
- 远程控制
 - 指点飞行
 - 遥控器控制
 - 4~10位操控员



"Drones mischaracterize what these things are. They're not dumb. Nor are they unmanned, actually. They're remotely piloted aircraft."

-- Gen. Norton Schwarz, August 10, 2012

无人飞行器的发展史



第一架无人驾驶飞机的尝试

第一架可复用无人驾驶飞行器

复仇武器1号



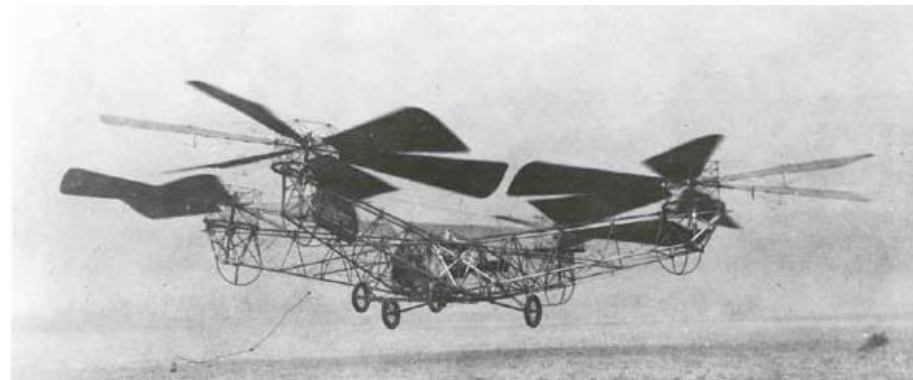
MQ捕食者无人机

全球鹰项目

民用无人机

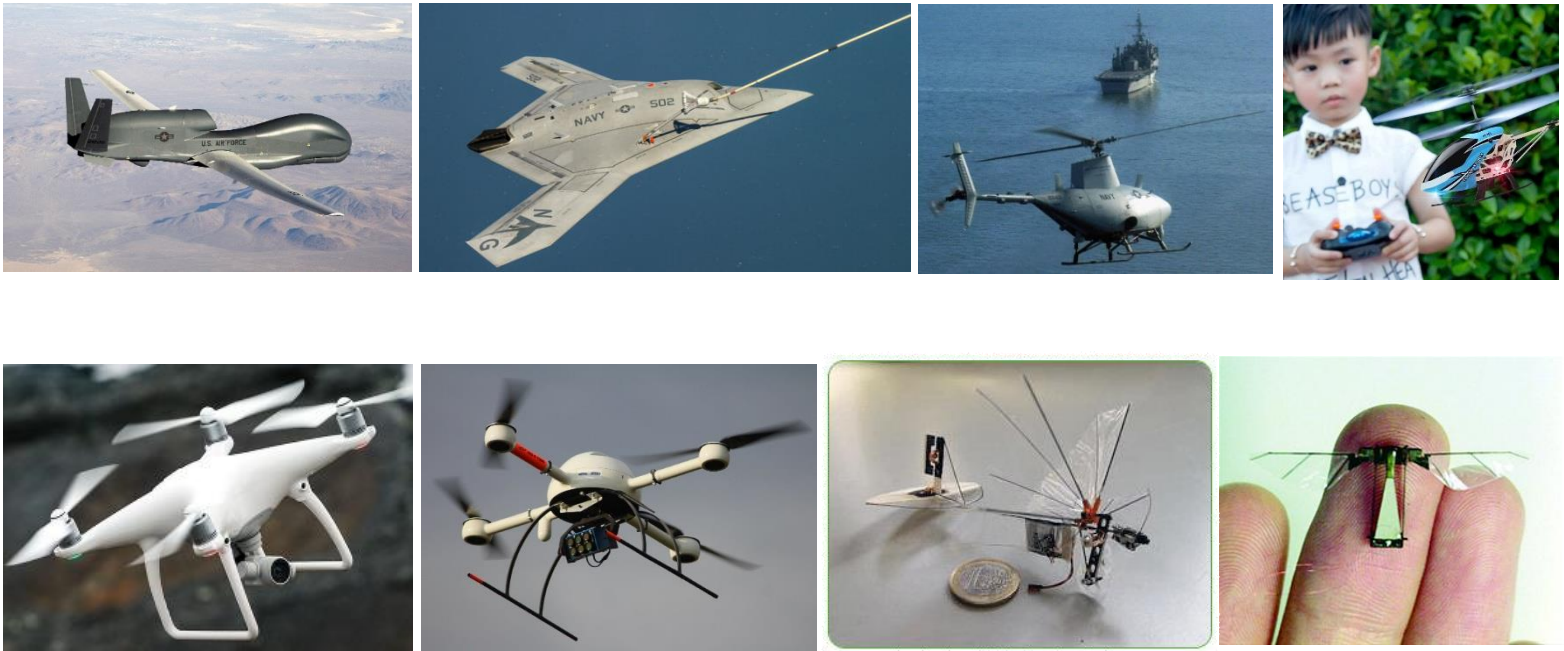
多旋翼的发展史

- De Bothezat 直升机 (1922)
 - 飞行高度5m
 - 完全靠手动控制的非自稳系统
- 接下来几十年无事发生
 - 几乎不可能的手动控制
 - 多旋翼难以大型化
 - 没有合适的传感器 (传统IMU很大并且昂贵)
- STARMAC 斯坦福大学 (2004)
 - 得益于智能移动设备的发展
 - MEMS传感器 + 嵌入式机载电脑



什么是空中机器人？

无人飞行器

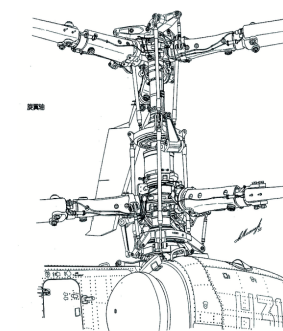
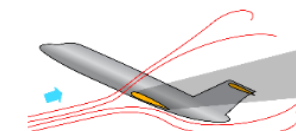


什么是空中机器人？

无人飞行器

无人飞行器（UAV）的种类

- 固定翼
 - 长续航，大负载，自稳系统 ☺
 - 需要跑道，可能失速，需要空气动力学设计 ☹
- 直升机
 - 垂直起降 ☺
 - 中等续航与负载
 - 复杂的机械设计，非自稳系统 ☹
- 多旋翼
 - 垂直起降，简易的机械设计 ☺
 - 难以大型化
 - 较短的续航和较小的负载，非自稳系统 ☹

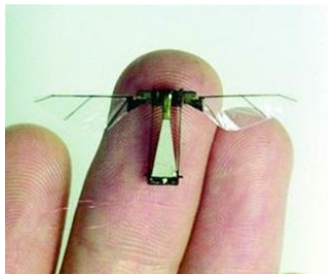
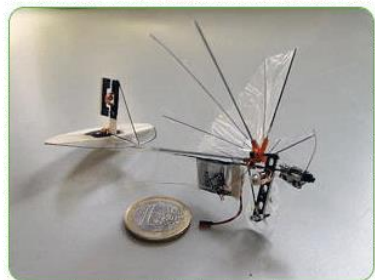


什么是空中机器人？

无人飞行器

更棒的设计？

- 混合式无人机（旋翼+固定翼）
 - 垂直起降，长续航，大负载 ☺
 - 技术未发展成熟 ☹
- 扑翼/仿生无人机
 - 适合小型系统
 - 技术未发展成熟



多旋翼小型无人飞行器

- 小尺寸（直接小于1米）
- 足够的负载（1~5kg）
- 低廉的价格（小于5万人民币）
- 安全
- 优越的机动性



侦查



搜索救援



运输



航拍



执法



农业

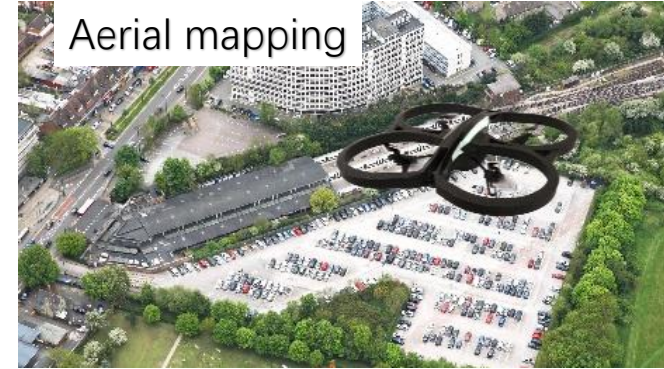
Multirotor



Agriculture



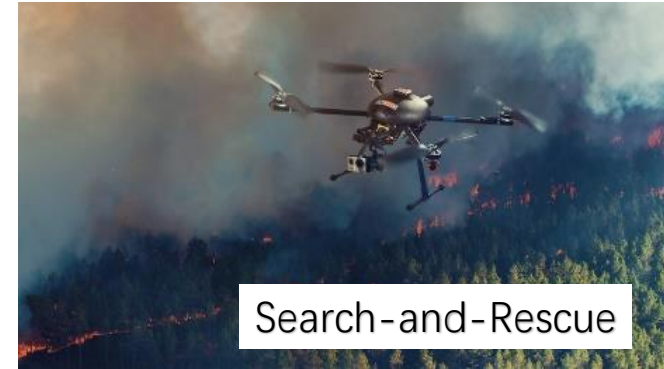
Aerial mapping



Aerial Filming



Search-and-Rescue



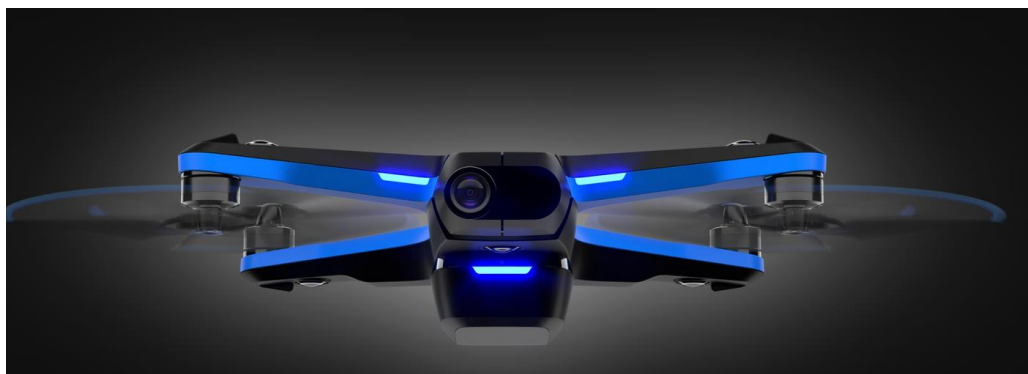
消费级无人机



大疆“晓” Spark



大疆 Mavic Air 2S



Skydio 2

穿越机



自组穿越机



DJI FPV

行业应用



农业植保



电力巡检

行业应用

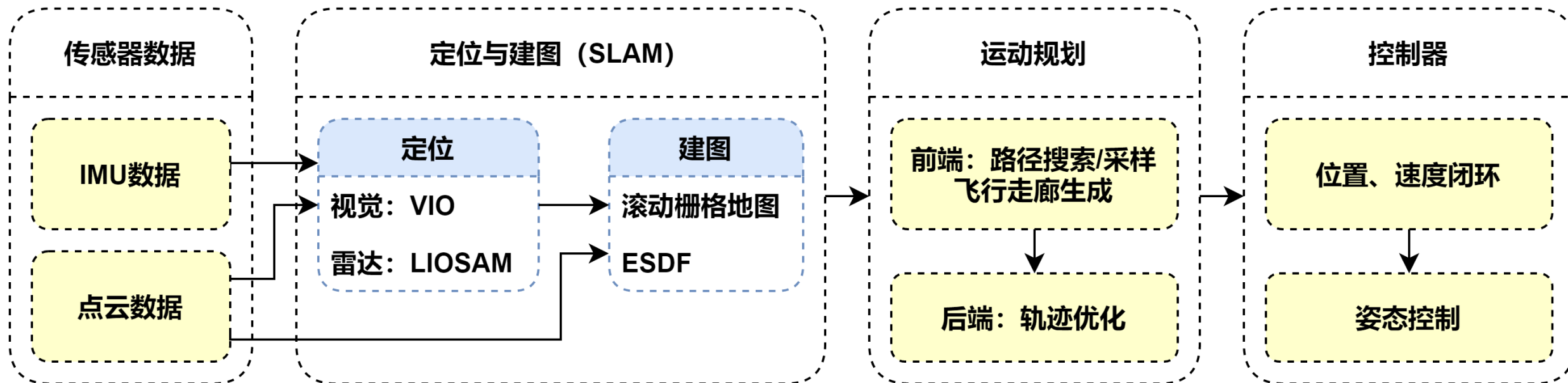
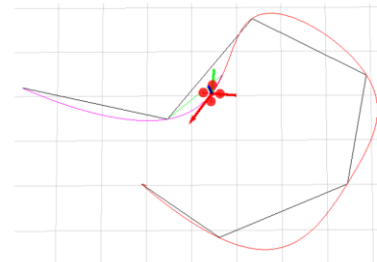
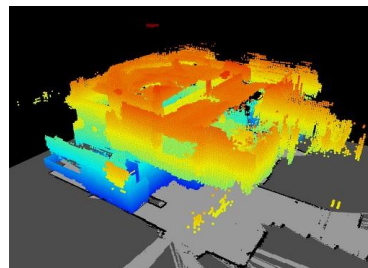


无人配送



执法

无人机自主导航架构



定位



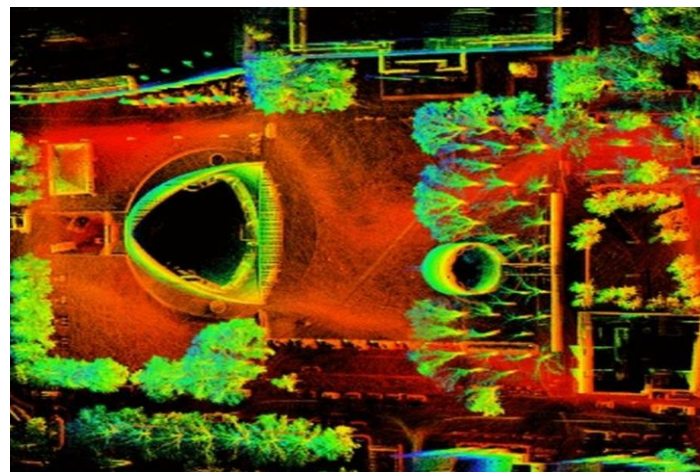
GPS



动作捕捉仪

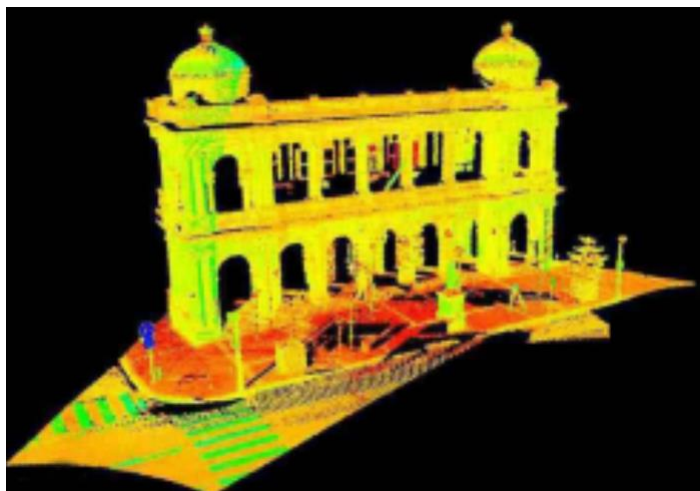


视觉惯性里程计 (VIO)

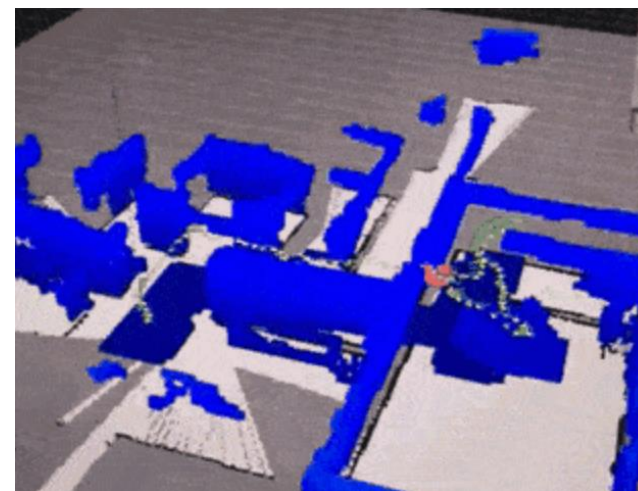


激光惯性里程计

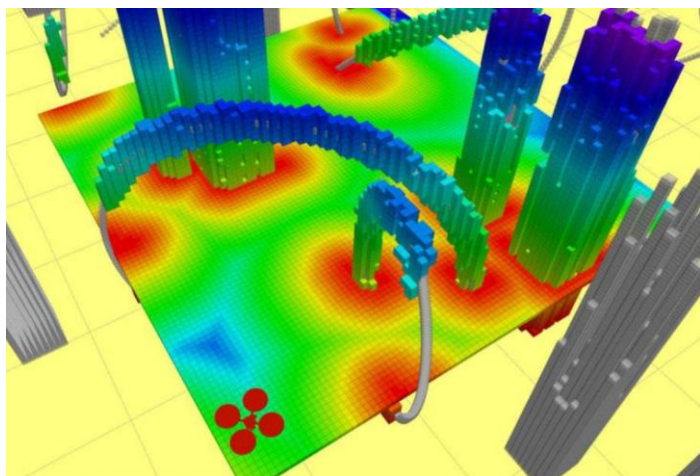
建图



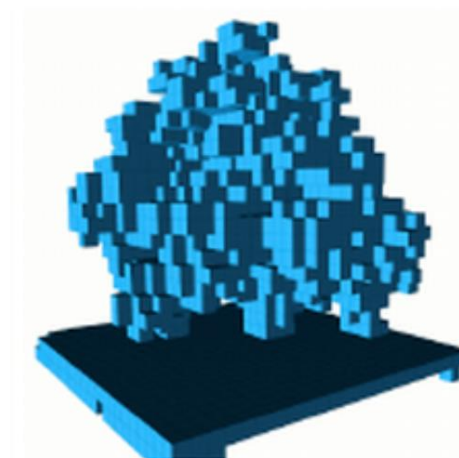
点云地图



栅格地图

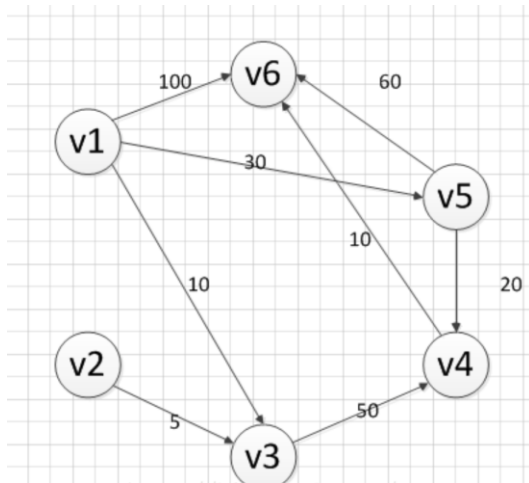


欧氏距离场 (ESDF)

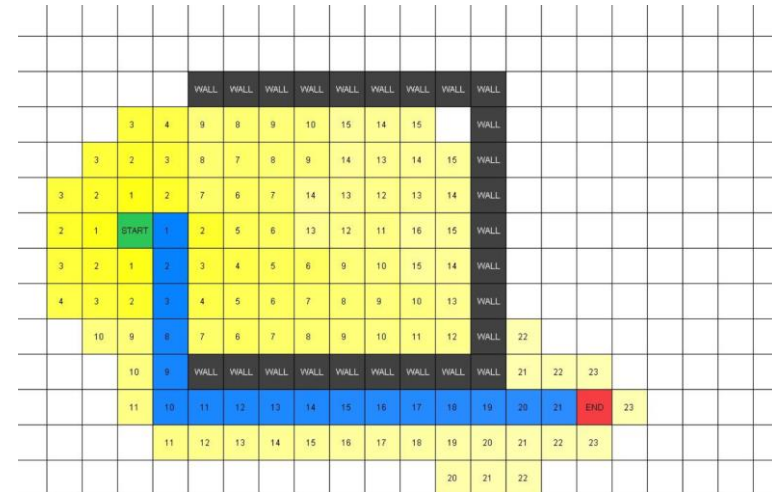


八叉树地图

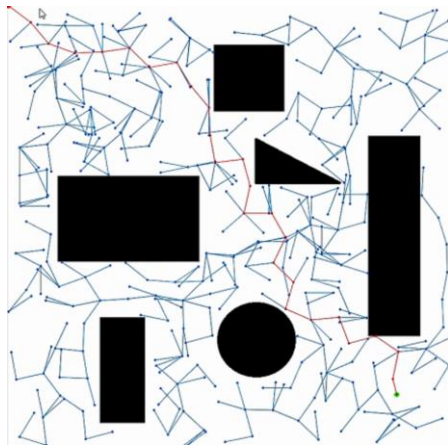
路径搜索



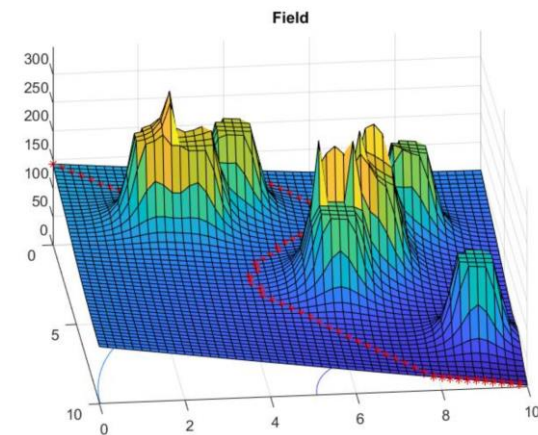
Dijkstra



Astar

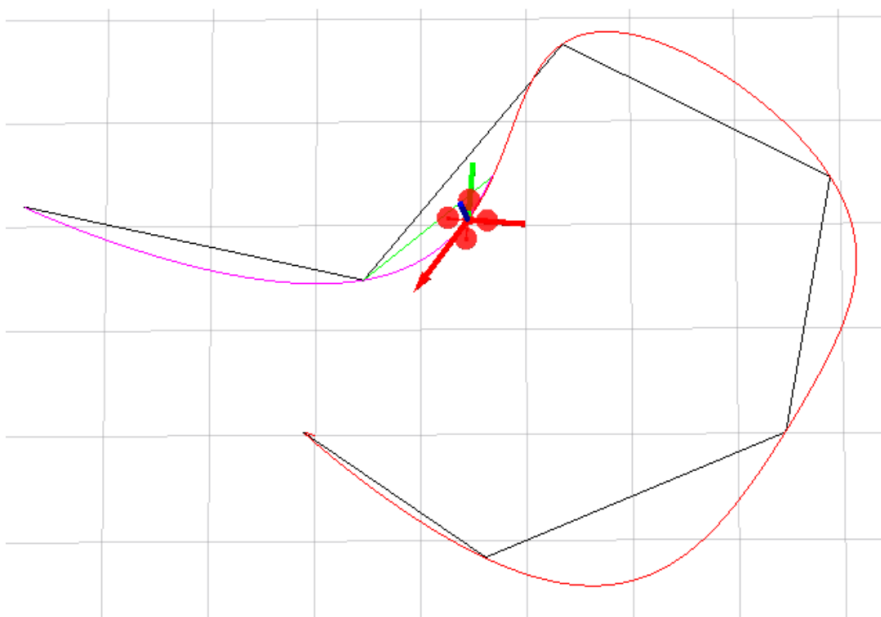


RRT



人工势场法

轨迹优化



Minimum-Snap



SE(3)轨迹优化



Thanks.