

自动化仓储系统智能搬运问题

自动化仓储系统在现代供应链管理中扮演着至关重要的角色，特别是在 3PL 企业、鞋服行业、电商和 3C 制造等领域。随着业务模式的多样化与市场的发展，传统的仓储系统已难以满足快速物流的需求。3PL 企业面临存储密度低、人工效率不足等问题，需要更高效的物流解决方案。因此，寻求一种高响应速度，快速货物寻找运输的自动化仓储系统具有重要意义。



图 1 自动化仓储系统实例图



图 2 智能仓储运作示意图

考虑这样一个场景。在一个工厂中，我们将这个工厂按照二维网格划分。针对每一个网格，其可分为障碍物（不可通行）和可通行两种属性。在这些可通行的部分网格中，存在着部分的机器人（图 3 中带有标号的圆圈）。对于每个机器人，其具有两个位置属性，分别为其起点位置与终点位置（图 3 中的方块）。我们的任务是在这个场景下以最小化运输总时间完成给定的运输任务 [1, 2]。该场

[景运转示意视频点击此处。](#)

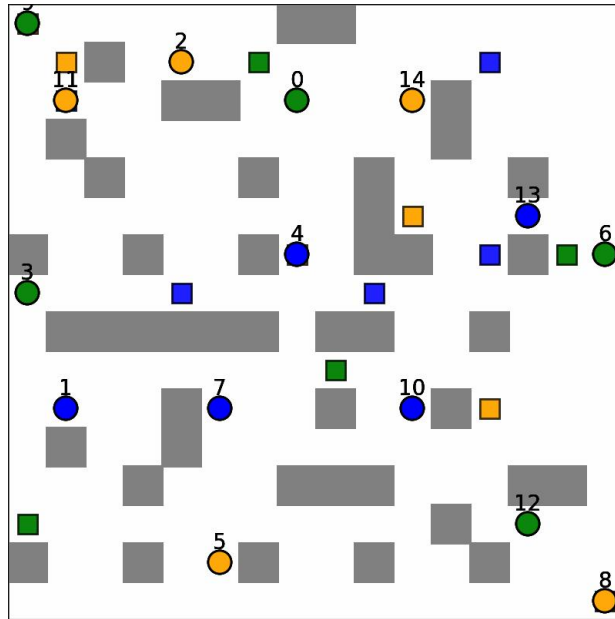


图3 智能搬运路径示意图

关于时间的设定，在一个时间步内，每个机器人都可以在其当前顶点等待，或者选择从一个时间步到下一个时间步移动到相邻网格。我们设定相邻的网格仅为前后左右四个网格，对角线上的相邻网格不计入本题中的相邻网格。

关于碰撞设定，为了避免机器人发生碰撞，我们要求为每个机器人找到一条安全的路径。首先，要求在任何时间步中不能有两个或多个机器人位于同一顶点。其次，要求在任何时间步之间的移动中两个或多个机器人经过同一条边。

问题 1：假设每个机器人只有一个任务目标且在完成任务后消失。如果每个单位时间内机器人只能在停在原地和移动中选择一项，在不发生冲突的前提下建立机器人运输总时间最小化的数学模型，并对附件 1 中的数据计算所有机器人的总运输时间、路线方案及算法复杂度分析。

问题 2：在问题 1 的基础上假设每个机器人在完成任务后停留在目的地。在不发生冲突的前提下建立机器人运输总时间最小化的数学模型，并对附件 2 数据计算总运输时间、路线方案及算法复杂度分析。

问题 3：在问题 2 的基础上，假设机器人数目与任务总数不对等。在不发生冲突的前提下，构建数学模型完成机器人的任务调度且以确保任务总运输时间最小。并对附件 3 数据计算总运输时间、路线方案及算法复杂度分析。

问题 4：在问题 3 的基础上，假设部分任务已经被指定的机器人来完成，这里任务完成的先后不做固定。在不发生冲突的前提下构建数学模型以及设计调度算法以确保任务总运输时间最小，并对附件 4 数据计算总运输时间、路线方案

及算法复杂度分析。

附录说明：

1、数据说明

在第一、二问中，数据依次为地图的大小、地图可否通行的属性、机器人的数量、机器人的起止位置。其中，地图的大小中两个数字分别为地图的长与地图的宽。地图可否通行的属性中，“.”表示该位置可通行，“@”表示该位置为障碍物（不可通行）。机器人的起点位置与终点位置中四个数字依次为机器人的起点的横坐标、机器人的起点的纵坐标、机器人的终点的横坐标、机器人的终点的纵坐标。

在第三问中，数据依次为地图的大小、地图可否通行的属性、机器人的数量、机器人的起点位置、任务的数量、任务的起止位置。其中，机器人的起点位置为机器人的起点的横坐标、机器人的起点的纵坐标。任务的起点位置与终点位置中四个数字依次为任务的起点的横坐标、任务的起点的纵坐标、任务的终点的横坐标、任务的终点的纵坐标。其余同前问。

在第四问中，数据依次为地图的大小、地图可否通行的属性、机器人的数量、机器人的起点位置、固定任务序列、任务的数量、任务的起止位置。其中，固定任务序列包括机器人的起始位置与各个任务的起止位置。只是说被分配的任务必须为被指定的机器人完成。其余同前问。

2、结果说明：本题结果应按照附件中“结果提交格式//results.xls”给出的字段提交作答结果。各小问中作答结果包含三个字段：机器人编号、位置列表、时间开销。此外，第三、四问中作答结果包含第四个字段：任务列表。

机器人编号：机器人编号从 1 开始，总数为该数据中的机器人数量。

位置列表：该列表为每一时刻机器人所处位置。第一个位置为 0 时刻的位置，即该机器人的起始位置。

时间开销：该机器人完成任务的总开销。该数值为位置列表长度减一。

任务列表：该列表为各个机器人所完成的任务顺序。

参考文献

- [1] 王祥丰, 李文浩, 机器学习驱动的多智能体路径搜寻算法综述, 运筹学学报, 27(04):106-135, 2023.
- [2] Yang L, Li P, Qian S, et al., Path Planning Technique for Mobile Robots: A Review, Machines, 11(10):980, 2023.