

高能辐射场景下虚拟人项目汇报

2020.12.02 dll

1 场景描述

在高能辐射场景中，有一些设施设备分布在场景各处，需要经常性地检修、维护。根据任务量，考虑配置一组员工完成这些任务。在高能辐射场景中，期间每个员工累积受辐射剂量，均不超过其可承受的辐射剂量阈值（约束）。在完成任务和单人辐射不超过阈值的限制下，最小化整个员工小组的总受辐射剂量（优化目标），建模求得员工组成和任务路线的决策。

2 建模

本项目提出的在高能辐射场下的任务分配问题与下述几个问题具有共同的特性，它们分别是有资源约束的最短路问题（SPPRC: shortest path problems with resource constraints），基于利润的车辆路径问题（VRPP: the vehicle routing problem with profits）和员工调度问题（Staff-Allocation Problem）。

高能辐射场景下，需要为在辐射场中工作的人员设计一组路线，每条路线都会经过有任务需求的任务点，由于员工年龄、身体状况和效率异质，存在 k 种不同的员工。任务点集合由集合 C 表示，路线的起点和终点分别由 u_0 和 u_{n+1} 表示。 C_0 和 C_{n+1} 分别表示包含起始点和终点的任务点集合， $C_{0,n+1}$ 表示既包含起始点又包含终点的集合。变量 x_{ij}^k 表示一个属于类型 k 的员工，是否在访问任务点 i 后访问任务点 j 。

用 E^k 表示 k 类型员工的工作效率， p_i 是任务点 i 的任务量， e_i^k 表示 k 类型员工完成任务点 i 的任务需承受的辐射量。 R^k 是 k 类型员工所能承受的辐照量阈值， r_i^k 是当前在任务点 i 的 k 类型员工还能承受的辐射量剩余。

假设所有类型员工在辐射场中都以相同的速度匀速 v 行走， k 类型员工的受辐射影响系数为 a^k 。任务点 i 和任务点 j 之间的距离为 d_{ij} ，行程时间为 t_{ij} ，基准辐射量（由距离、时间、辐射场计算得出）为 c_{ij} 。为了使尽可能少的工作人员受辐射影响，给定每类员工有一定的初始受辐射成本累积，每增加一个 k 类型员工则增加相应的受辐射成本剂量 f^k 。

高能辐射场景下的员工行动作业过程建模为混合整数规划模型如下：

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{j \in C} f^k x_{0j}^k + \sum_{k \in V} \sum_{i \in C_0, j \in C_{n+1}, i \neq j} a^k c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{k \in V} \sum_{j \in C_{n+1}, i \neq j} x_{ij}^k e_i^k \quad (2.1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{k \in V} \sum_{j \in C_{n+1}, i \neq j} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in C \quad (2.2)$$

$$\sum_{i \in C_{n+1}, i \neq j} x_{ji}^k - \sum_{i \in C_0, i \neq j} x_{ij}^k = 0 \quad \forall j \in C, \forall k \in V \quad (2.3)$$

$$\sum_{i \in C_0, j \in C_{n+1}, i \neq j} a^k c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{j \in C_{n+1}, i \neq j} x_{ij}^k e_j^k \leq R^k \quad \forall k \in V \quad (2.4)$$

$$0 \leq r_j^k \leq R^k - \left(\sum_{i \in C_0, j \in C_{n+1}, i \neq j} a^k c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{j \in C_{n+1}, i \neq j} x_{ij}^k e_j^k \right) \quad \forall k \in V \quad (2.5)$$

$$r_0^k = R^k \quad \forall k \in V \quad (2.6)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\} \quad i \in C_0, j \in C_{n+1}, i \neq j, \forall k \in V \quad (2.7)$$

最小化目标公式(2.1)包含三部分，第一部分为员工的初始受辐射成本之和，第二部分为员工行驶过程中受辐射量之和，第三部分为员工在任务点作业所受辐射量之和。公式(2.2)确保每个任务点都正好被任意员工访问一次，公式(2.3)保证每个从起始点出发的员工都到达终点。公式(2.4)保证员工在辐射场中行进和工作过程中受到的辐射总量不超过其可承受的辐射量阈值。员工在每个任务点工作完成后的剩余可承受辐射量大于0，且不大于其最大可承受消耗量减去已被辐射值，由公式(2.5)约束。公式(2.6)表示在起始点时，员工的剩余可承受辐射量等于其可承受的辐射量阈值。公式(2.7)限制 x_{ij}^k 的值为0或1。

3 待解决问题：

3.1 一般的整数规划模型用分支定界的方法求解，怎么进行算法优化？

对列生产、单纯形法这些还有点印象，但是要做这个可能会涉及到算法的优化，现在把问题数学模型化了，但是对于怎么解和怎么优化有点头疼。

3.2 由于需要求解员工组成，现在有两个思路加入人员成本：

3.1.1 多目标优化：考虑到人员成本，将员工雇佣成本与工资成本考虑为优化目标之一，与受辐射剂量最小目标，进行多目标帕累托优化，求解帕累托最优。

3.1.2 现在用的方法：为了使尽可能少的工作人员受辐射影响，给定每类员工有一定的初始受辐射成本累积，每增加一个员工则增加相应的受辐射成本剂量。

3.3 是否需要给每个任务点加时间窗口？