

2024年第十四届APMCM亚太地区大学生数学建模竞赛

C题 基于量子计算的物流配送问题

随着电子商务的迅猛发展，电商平台对物流配送的需求日益增长。为了确保货物能够按时、高效地送达消费者手中，电商平台与第三方物流公司建立了紧密的合作关系。然而，面对大量的货物和多样的目的地，如何制定合理的运输策略成为了物流公司面临的一大挑战。

传统的物流优化方法在应对复杂的运输需求时往往具有较高的复杂度。为了解决这个问题，物流公司希望借助量子计算技术来自动计算运输综合策略，从而可以更合理地规划运输路线、选择合适的运输方式和工具，并确保在规定的时间内将货物送达目的地。这样不仅能够提高物流效率，降低运输成本，还能够提升消费者对电商平台的满意度。

量子计算，尤其是相干伊辛机 (Coherent Ising Machine, CIM)，在处理复杂优化问题方面展现出了巨大的潜力。由于其和相干伊辛机的紧密联系，QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) 模型构成了量子计算中的一类核心问题。QUBO模型是一种适配相干伊辛机 (CIM) 的模型，其形式为

$$\min x^T Q x, x \in \{0,1\}^n$$

其中 Q 为 $n \times n$ 的系数矩阵。本赛题主要基于物流配送的场景，通过将问题建模为QUBO形式，使用Kaiwu SDK完成对问题的求解。Kaiwu SDK是一套基于相干伊辛机求解QUBO模型的软件开发套件，可以通过访问下述链接 (<https://developer.qboson.com>) 来获取Kaiwu SDK。

一、货物当前所在城市

公司一：

城市	数量 (吨)
成都	19
上海	20
天津	12

公司二：

城市	数量（吨）
成都	14
上海	24
天津	18

二、货物需要运往的城市

小组一：

货物类型	货物数量 (吨)	终点城市
普货	19	西安
普货	25	昆明
普货	7	深圳

小组二：

货物类型	货物数量 (吨)	终点城市
普货	27	西安
普货	10	昆明
普货	19	深圳

三、卡车

市场上有12吨载重卡车和5吨载重卡车两种卡车供租赁，租金分别为每天5000元和每天3000元。这些卡车可以在任何地方租赁，并且客户可以根据自己的需求选择合适的卡车类型和租赁时长。假设每个城市有足够数量的可供租赁的卡车。

四、卡车运输

为节约成本，各小组间可在任何一个城市拼货和中转运输。拼货是指将来自不同发货人的货物合并在一起，由同一辆车或同一批运输工具运送的方式。同时货物可以由一辆车辆全部或者部分卸货后，暂存在当前城市，待后续的车辆将其运走。通过拼货可以更加灵活地安排运输计划，提高运输效率，降低成本，优化运输路线和运输资源的利用。

卡车单趟时间 单位：天

	上海	西安	昆明	深圳	天津	郑州
上海	—	3	6	4	3	2
西安	3	—	4	4	2	1
昆明	6	4	—	2	6	5
深圳	4	4	2	—	5	4
天津	3	2	6	5	—	1
郑州	2	1	5	4	1	—

普通卡车 A(12 吨)单趟成本 单位：元

	上海	西安	昆明	深圳	天津	郑州
上海	—	13500	26500	16500	13500	8500
西安	13500	—	18500	20500	10500	3500
昆明	26500	18500	—	7500	31500	24500
深圳	16500	20500	7500	—	25500	17500
天津	13500	10500	31500	25500	—	5500
郑州	8500	3500	24500	17500	5500	—

普通卡车 B(5 吨)单趟成本 单位：元

	上海	西安	昆明	深圳	天津	郑州
上海	—	11000	24000	14000	11000	6000
西安	11000	—	16000	18000	8000	1000
昆明	24000	16000	—	5000	29000	22000
深圳	14000	18000	5000	—	23000	15000
天津	11000	8000	29000	23000	—	3000
郑州	6000	1000	22000	15000	3000	—

五、航空运输

除了陆路运输，货物也可以通过航空运输，题目中考虑的任意两个城市之间都可以通过航空运输进行货物运输。为简化计算，假设货物的国内航空运价无论远近均为 10000 元/吨，当日到达。

如果模型的比特数较高，可以尝试使用SubQUBO等方法进行求解（参考附件1）。提出创新性的算法和解决方案是一个加分项。附件2为供参考的QUBO建模教程。

问题一 假设这两个物流公司独立运营，拼货只发生在公司内部。你的任务是以最小化单个物流公司的运营成本为目标，建立QUBO模型，使用Kaiwu SDK中的CIM模拟器和模拟退火求解器分别求解，为两个物流公司分别设计货车租赁方案和货物运输方案。

问题二 当这两个物流公司之间合作运营时，公司之间可以拼货运输，此时的优化目标为最小化两个公司的总成本。请使用Kaiwu SDK中的CIM模拟器和模拟退火求解器求解，给出最优的货车租赁方案和货物运输方案，以及合作运营带来的总体成本减少量。

问题三 请你自行提出一个具有商业化前景或学术价值的场景。场景可以涉及AI，通信，金融，生物医学，物流供应链管理等相关领域。你需要给出相应的QUBO模型表达式，并计算模型所需的比特数量级(可以用相关参数表示)。附件中3-附件6为覆盖多个场景的参考论文。