

2024 年第十四届 MathorCup 数学应用挑战赛题目

C 题 物流网络分拣中心货量预测及人员排班

电商物流网络在订单履约中由多个环节组成，图 1 是一个简化的物流网络示意图。其中，分拣中心作为网络的中间环节，需要将包裹按照不同流向进行分拣并发往下一个场地，最终使包裹到达消费者手中。分拣中心管理效率的提升，对整体网络的履约效率和运作成本起着十分重要的作用。

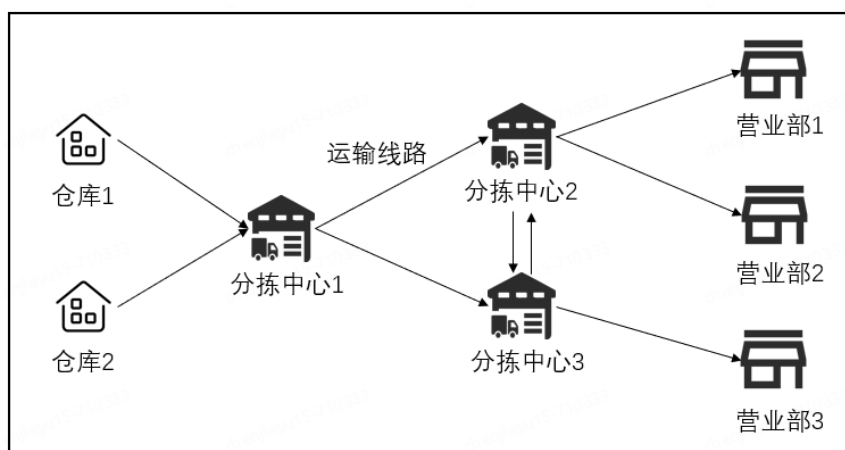


图 1 物流网络示意图

分拣中心的货量预测是电商物流网络重要的研究问题，对分拣中心货量的精准预测是后续管理及决策的基础，如果管理者可以提前预知之后一段时间各个分拣中心需要操作的货量，便可以提前对资源进行安排。在此场景下的货量预测目标一般有两个：一是根据历史货量、物流网络配置等信息，预测每个分拣中心每天的货量；二是根据历史货量小时数据，预测每个分拣中心每小时的货量。

分拣中心的货量预测与网络的运输线路有关，通过分析各线路的运输货量，可以得出各分拣中心之间的网络连接关系。当线路关系调整时，可

以参考线路的调整信息，得到各分拣中心货量更为准确的预测。

基于分拣中心货量预测的人员排班是接下来要解决的重要问题，分拣中心的人员包含正式工和临时工两种：正式工是场地长期雇佣的人员，工作效率较高；临时工是根据货量情况临时招募的人员，每天可以任意增减，但工作效率相对较低、雇佣成本较高。根据货量预测结果合理安排人员，旨在完成工作的情况下尽可能降低人员成本。针对当前物流网络，其人员安排班次及小时人效指标情况如下：

- 1) 对于所有分拣中心，每天分为 6 个班次，分别为：00:00-08:00，05:00-13:00，08:00-16:00，12:00-20:00，14:00-22:00，16:00-24:00，每个人员（正式工或临时工）每天只能出勤一个班次；
- 2) 小时人效指标为每人每小时完成分拣的包裹量（包裹量即货量），正式工的最高小时人效为 25 包裹/小时，临时工的最高小时人效为 20 包裹/小时。

该物流网络包括 57 个分拣中心，每个分拣中心过去 4 个月的每天货量如附件 1 所示，过去 30 天的每小时货量如附件 2 所示。基于以上数据，请完成以下问题：

问题 1：建立货量预测模型，对 57 个分拣中心未来 30 天每天及每小时的货量进行预测，将预测结果写入结果表 1 和表 2 中。

问题 2：过去 90 天各分拣中心之间的各运输线路平均货量如附件 3 所示。若未来 30 天分拣中心之间的运输线路发生了变化，具体如附件 4 所示。根据附件 1-4，请对 57 个分拣中心未来 30 天每天及每小时的货量进行预测，并将预测结果写入结果表 3 和表 4 中。

问题 3：假设每个分拣中心有 60 名正式工，在人员安排时将优先使用正式工，若需额外人员将使用临时工。请基于问题 2 的预测结果建立模型，给出未来 30 天每个分拣中心每个班次的出勤人数，并写入结果表 5 中。要求在每天的货量处理完成的基础上，安排的人天数（例如 30 天每天出勤 200 名员工，则总人天数为 6000）尽可能少，且每天的实际小时人效尽量均衡。

问题 4：研究特定分拣中心的排班问题，这里不妨以 SC60 为例，假设分拣中心 SC60 当前有 200 名正式工，请基于问题 2 的预测结果建立模型，确定未来 30 天每名正式工及临时工的班次出勤计划，即给出未来 30 天每天六个班次中，每名正式工将在哪些班次出勤，每个班次需要雇佣多少临时工，并写入结果表 6 中。每名正式工的出勤率（出勤的天数除以总天数 30）不能高于 85%，且连续出勤天数不能超过 7 天。要求在每天货量处理完成的基础上，安排的人天数尽可能少，每天的实际小时人效尽量均衡，且正式工出勤率尽量均衡。

注：上面四个问题中，除了正常完成论文外，每个问题的输出结果表请一起压缩为“结果.zip”压缩包格式，并单独上传至竞赛平台。

参考文献

- [1] 庄晓天等，智能供应链:预测算法理论与实战[M]，电子工业出版社，2023.9.
- [2] Makridakis S, Spiliotis E, Assimakopoulos V.The M5 Accuracy competition: Results, findings and conclusions[J].International Journal of Forecasting, 2020,36(1):224-227.
- [3] Makridakis S, Spiliotis E, Assimakopoulos V, et al.The M4 Competition: 100,000 time series and 61 forecasting methods[J].International Journal of Forecasting, 2020,36(1):54-74.