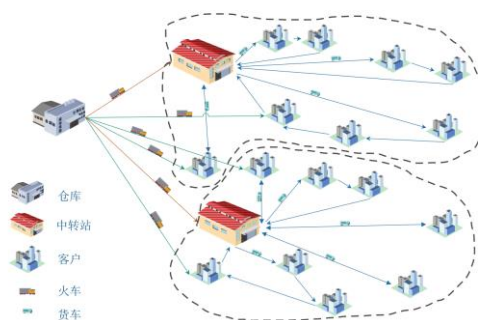


## 运筹学大作业-企业产品运输车辆调度优化任务

产品运输将货物从仓库分别运输到各个客户，确保客户需求得到及时满足。由于仓库与客户之间的距离较远，并且客户需求频繁，产品运输成本升高，客户需求不能及时满足。为了解决这一问题，公司在客户集中的区域建立了多个中转站，提供货物暂存、转运等服务。

现在考虑一个货运车辆中转运输调度场景，采用火车和货车两种运输模式。如图所示，该场景包含 1 个仓库节点、2 个中转站节点和 16 个客户节点。首先从仓库调货到中转站，再从中转站调货到对应负责的客户。仓库与中转站之间的运输由火车负责，而中转站与客户之间的运输则由货车承担。如果中转站库存不足，可以直接从仓库调货到客户，但这会导致更高的成本。该场景有以下假设条件：

- 1) 假设只有一个仓库，且产量很大，客户需求都能被满足。
- 2) 假设一辆车的最大容量 $q$ 至少能大于一个客户的需求。如果条件允许，每辆车运输时应该尽可能装满，这是符合经济效益的。
- 3) 假设所有的车初始都在中转站。车从中转站出发，可以服务多个客户，最终回到中转站。
- 4) 每个客户一次只能由一辆车服务，不能满足需求的可以由仓库直接发货。
- 5) 假设不考虑客户有库存，并且客户之间不能流通。
- 6) 场景考虑了车辆的运输时间，如果需求没满足，有超时惩罚。
- 7) 中转站考虑分组约束，即每个中转站负责对应的客户组，中转站之间互不干涉。



下面需要你根据提示和附件信息搭建混合整数规划模型，通过 Gurobi 求解给出车辆调度的策略方案，做成报告上交。

### 提示 1：模型参数

参数	含义
集合	
$N$	仓库、中转站和客户的集合
$N^f$	仓库集合
$N^s$	中转站s的集合

$N^p$	所有客户的集合, 其中 $N_s^p$ 是中转站 $s$ 管理的客户 $p$ 的集合
$T$	系统规划的总周期
变量	
$c_i^w, i \in N^s$	中转站 $i$ 的单位容积的租赁费用
$w_i, i \in N^s$	中转站 $i$ 的租赁容积
$c_i^h, i \in N^s$	单位货物在中转站的囤积成本
$c_i^{1a}, i \in N^s$	从仓库运输到中转站 $i$ 的单位货物运输成本
$c_i^{2a}, i \in N^p$	从仓库运输到客户 $i$ 的单位货物运输成本
$c_{ij}^v, i, j \in N^p \cup N^s$	负责中转站与客户运转的车辆从点 $i$ 运输到点 $j$ 的车辆使用成本
$c_i^o, i \in N^p$	客户 $i$ 超时订单成本
$u_{ij}, i, j \in N^p \cup N^s$	从 $i$ 点到 $j$ 点的运输时间
$u_i^1, i \in N^s$	从仓库到中转站 $i$ 的运输时间
$u_i^2, i \in N^p$	从仓库到客户 $i$ 的运输时间
$q$	车辆的最大容量
$K_i, i \in N^s$	中转站 $i$ 的车辆总数量
$r_i^t, i \in N^p$	时刻 $t$ 客户 $i$ 新增的订单需求量
$d_i^t, i \in N^p, t \in T$	时刻 $t$ 客户 $i$ 累计的未完成订单
$l_i^t, i \in N^p, t \in T$	时刻 $t$ 车辆到客户 $i$ 时未卸货前的剩余负载
$h_i^t, i \in N^s, t \in T$	时刻 $t$ 中转站 $i$ 的实时存货量
$k_i^t, i \in N^s, t \in T$	时刻 $t$ 中转站 $i$ 可以调度的车辆数量
$x_{ij}^t, i, j \in N^p \cup N^s, t \in T$	时刻 $t$ 车辆是否从点 $i$ 到点 $j$ , 其中若 $i = j$ 则代表车辆停留在原地不使用
$y_i^{1t}, i \in N^s, t \in T$	时刻 $t$ 从仓库运输到中转站 $i$ 的货物量
$y_i^{2t}, i \in N^p, t \in T$	时刻 $t$ 从仓库运输到客户 $i$ 的货物量
$y_i^{3t}, i \in N^p, t \in T$	时刻 $t$ 从中转站运输到客户 $i$ 的货物量

## 提示 2: 模型目标

目标函数被设置为成本的负数, 由每个时刻中转站的租赁容量的成本、中转站存货成本、仓库到中转站运输货量成本、仓库到客户运输货量成本、调用车辆的成本和客户需求的超时成本组成。

$$\begin{aligned}
 r(s_t, a_t) = \max & - \left( \sum_{t \in T} \sum_{i \in N^s} c_i^w w_i + \sum_{t \in T} \sum_{i \in N^s} c_i^h h_i^t + \sum_{t \in T} \sum_{i \in N^s} c_i^{1a} y_i^{1t} \right. \\
 & \left. + \sum_{t \in T} \sum_{i \in N^p} c_i^{2a} y_i^{2t} + \sum_{t \in T} \sum_{i \in N^p \cup N^s} \sum_{j \in N^p \cup N^s} c_{ij}^v x_{ij}^t + \sum_{t \in T} \sum_{i \in N^p} c_i^o d_i^t \right)
 \end{aligned}$$

## 提示 3: 模型约束

第一步, 初始化约束。

第二步, 考虑车辆经由的路径 $x_{ij}^t$ 需要满足的约束, 包括强制车辆不能停留在

客户，一个客户最多只能有一辆车到达；中转站只能派出现有剩余的车辆。

第三步，根据问题假设和实际情况考虑运输的货物量 $y_i^{1t}$ 、 $y_i^{2t}$ 、 $y_i^{3t}$ 需要满足的约束，如不超过中转站容量、客户需求、车辆容量。

第四步，考虑各部分的更新，包括中转站库存，客户需求，车辆剩余负载和空闲车辆数量更新，其中车辆剩余负载更新包括三种情况，从中转站 $i$ 出发到客户 $j$ ，从客户 $i$ 到客户 $j$ ，从客户 $i$ 回到中转站 $j$ 。

这里给出三个约束，给同学们参考学习

强制车辆从中转站 $i$ 运输货物到客户 $j$ 时，经过从中转站 $i$ 到客户 $j$ 的路径。

$$x_{ij}^t = 1, \text{ if } y_j^{3t} > 0, i \in N^s, j \in N_i^p, t \in T \quad (1)$$

强制车辆不经过中转站 $i$ 到客户 $j$ 的路径时，也不直接从中转站 $i$ 运输货物到客户 $j$ 。

$$y_j^{3t} = 0, \text{ if } x_{ij}^t = 0, i \in N^s, j \in N_i^p, t \in T \quad (2)$$

强制如果没有车辆开往客户 $j$ ，则客户 $j$ 负载为 0

$$l_j^{(t+u_{ij})} = 0 \text{ if } \sum_{\forall i \in N^p \cup N^s} x_{ij}^t = 0, j \in N^p, t \in T \quad (3)$$

#### 附件说明

(1) 基本信息数据：“Integer-Programming.py”

(2) 需求数据：“all\_1.xlsx” 列代表客户，行代表时间