**四级供应链模型**



**问题描述：**

1、客户 r 和工厂 p 达成关于产品 I 的采购合同，工厂 p 随后会采取“增加采购农场 f 数目（产品 z 采购量不变）”、“增加产品 z 采购量（采购农场 f 数目不变）”、“增加采购农场 f 数目和产品 z 采购量”的措施以满足客户 r 的产品需求。

2、在农场 f 将工厂所需的产品 z 通过运输车辆 v 运送至工厂 p 后，工厂 p 会对货物进行检查。检查后，会将货物 z 运送至厂内的加工点，加工点会将产品 z 加工成客户需要的产品 I ，随后会暂时运送至厂内存储点进行存储。

3、工厂 p 会将客户 r 需要的产品 I 以运输车辆 v 送到距离客户 r 最近的配送中心 j 。工厂此时会采用“整车运输”的方式对产品 I 进行运输，运输到距离工厂 p 最近的一个配送中心 j ，并暂时存储起来。

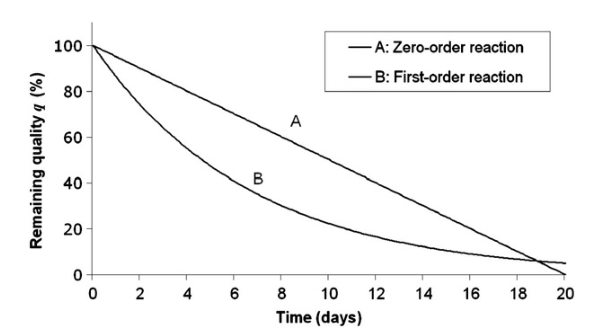
4、客户 r 的订单会根据配送中心 j 到其距离来进行配送，距离比较近的配送中心会优先配送。

4、**产品变质问题**。

食品在储存(或运输)过程中的质量退化取决于运输储存时间 、储存温度和各种常数(如活化能、气体常数)。可以用以下方程来描述



是产品的质量，是取决于环境条件（如温度）的降解速率，是称为反应阶数的功率因数，反应速率取决于剩余质量的量，通常，功率因数的值为0或1，即零级反应和一级反应。例如对于质量退化取决于微生物生长的食品（如鲜肉和鱼），质量退化遵循下图中B线所示的一级反应，而其他食品（如新鲜水果和蔬菜）遵循A线所示的零级反应。



**A：零级反应**

**B：一级反应**

**时间：天**

**剩余质量（%）**

对于降解速率，温度是其重要的影响因素。质量退化速率的表示如下



其中表示降解速率初始值；为活化能，是一个温度经验参数；表示气体常数；是食物存储温度(。

此时，针对质量水平的预测，可以表示如下



其中，表示产品的初始质量，=1,2,…,表示不同的存储周期；表示不同存储周期下的降解速率；表示不同存储周期下的存储时间。

将分别代入得



此时，产品的变质率=1-

5、客户 r 在收到货后，可能会对产品 i 的质量不满意（不存在无理由退货的情况），而发起退货申请。质量的评价标准是以来确定的。

若的值高于0.003，则客户选择 “退货”，配送车辆会将货物直接运往无害化处理中心，此时该客户的订单设置为流失。

6、运输车辆相关信息

7、**碳排放问题**。我只考虑了持有过程和运输过程的碳排放，并未考虑加工过程。因为对于屠宰，切割，更多的是人力，机器的参与相对较少。

对于运输过程，我采用的是将燃油量与按照一定比率进行换算的方法；

对于持有过程，我直接给定单位存储量下的持有碳排放系数。

此外，我在约束条件里加入了碳排放量最大值。

对于碳政策这个问题，目前存在3种主流碳政策，分别是“碳税，严格碳上限，碳交易”。其中我国目前主要实施的政策是碳交易。此外还有“碳抵消政策”，对于碳抵消政策，我国也有实行，但是针对该政策下的可抵消项目，自从2018年之后就没有再更新，因此本文不介绍碳抵消政策。

**相关假设：**

1、厂内存储点、配送中心的初始库存为0；

2、客户的需求是确定的（通过需求预测得到）、工厂的加工率是确定的，且加工数等于需求；

3、不同产品每天的保存温度是一定的；

4、不同类型的运输车辆在运输速度上是一定的，且运输过程均发生在每个周期的期末；

5、假设客户的位置、候选配送中心的位置、农场的位置都是已知的；

6、工厂的厂内存储点和配送中心的存储容量都是有限的；

7、工厂在收到农场的原料后，不存储，直接加工；

8、单位加工成本、单位运输成本、单位持有成本、单位碳排放量都是已知的；

9、假设产品的变质过程只发生在配送中心到客户的运输过程。

**相关索引和集合：**

 表示农场的集合，

 表示工厂的集合，

 表示客户的集合和索引，

 表示配送中心的集合和索引，

 表示时间周期的集合和索引，

 表示产品种类的集合和索引，

 表示无害化处理中心的集合和索引，

 表示原始产品

**相关成本参数：**

  周期下，工厂在存储单位产品时的库存持有成本（）

  周期下，配送中心在存储单位产品时的库存持有成本（）

 表示在工厂存储货物时的单位冷藏成本（）

 表示在配送中心存储货物时的单位冷藏成本（）

  周期下，工厂将产品加工成产品所产生的单位加工成本（）

  周期下，无害化处理中心处理变质产品所产生的单位加工成本（）

  周期下，将产品从以运输方式运输所产生的燃油消耗量（）

 农场到工厂的距离（）；工厂到配送中心的距离（）；配送中心到客户的距离（）；客户到工厂的距离（）。

 农场分配给工厂的固定成本（）；工厂分配给配送中心的固定成本（）；配送中心分配给客户的固定成本（）；

  周期下，农场能提供产品****的最大数量（）

  周期下，工厂所能处理产品的最大数量（）

  周期下，配送中心所能存储产品的最大数量（）

  周期下，工厂所能存储产品的最大数量（）

  周期下，无害化中心所能处理的最大变质产品数量（）

  周期下，运输方式下的运输车辆在运输产品时的最大载重量（）

 单位燃油消耗量对应的碳排放量系数（）

 该供应链的碳排放量上限（）

 表示工厂在周期结束时剩余的库存水平（）

 表示配送中心在周期结束时剩余的库存水平（）

 表示油价（）

  周期下，客户对产品的需求（）

 产品的变质成本（）

 表示产品从配送中心到客户中的变质率

 工厂存储点以及配送中心持有单位产品所产生的碳排放量（）

 碳税值（）

 （）

 表示车辆的平均速度（）

 表示产品的存储温度（）

 表示汽车数量（辆）

 表示从配送中心运输到客户的时间（天）

**相关决策变量参数：**

  周期下，农场向工厂运输的产品****数量（）

  周期下，农场向工厂运输的产品****加工成的产品数量（）

  周期下，工厂向配送中心运送的产品数量（）

  周期下，配送中心向客户运送产品数量（）

 0-1变量，当周期下农场分配给工厂时，值为1，否则为0

 0-1变量，当周期下工厂分配给配送中心时，值为1，否则为0

 0-1变量，当周期下配送中心分配给客户时，值为1，否则为0

 表示碳交易政策下卖出的碳排放量（）

 表示碳交易政策下买进的碳排放量（）

**模型：**

总成本 = “持有+冷藏”成本+运输成本+变质成本+处理成本+碳排放成本+分配成本

1、**“持有+冷藏”成本**



其中表示产品在工厂的持有+冷藏成本；表示产品在配送中心的持有+冷藏成本。

2、**运输成本**



表示客户在退回货物的过程中产生的燃油消耗成本；表示货物从农场运输至工厂时所产生的燃油成本；表示货物从工厂运送至配送中心所产生的燃油消耗成本；表示货物从配送中心运送至客户所产生的燃油成本；表示油价。

3、**变质成本**



表示货物从配送中心运输至客户所产生的变质成本；

4、**处理成本**



表示农场运输至工厂的货物所产生的加工处理成本；

表示变质产品在回收处理中心中产生的加工处理成本。

5、**碳排放成本**

**严格碳上限政策：**

采用约束条件来表示严格碳上限政策。

**碳交易政策：**



此时的目标函数增加额外约束。

**碳税政策：**



表示工厂在存储货物时所产生的碳排放量；

表示配送中心在存储货物时所产生的碳排放量。

6、**分配成本**



表示将农场分配给工厂所产生的分配成本；

表示将工厂分配给配送中心所产生的分配成本；

表示将配送中心分配给客户所产生的分配成本；

总成本如下：



**约束条件：**



































公式表示农场运送给工厂的产品数量要小于农场的养殖数量上限；

公式表示工厂和农场一一对应；

公式表示所有农场送给工厂的产品数量要小于工厂的处理能力上限数量；

公式表示工厂加工的产品数量等于加工后的产品数量，不存在浪费和损失；

公式表示工厂的存储点在某一时期下的剩余库存水平；

公式表示配送中心在某一时期下的剩余库存水平；

公式表示工厂的存储点在时期存储的货物量不超过该工厂存储点的存储能力上限；

公式表示配送中心在时期下存储的货物量不超过其存储能力上限；

公式表示整个供应链过程中产生的碳排放量不超过设置的碳排放量最大值；

公式表示在碳交易政策下，整个供应链中的总碳排放量水平要符合数量规范；

公式表示客户的需求等于所有配送中心配送的货物量；

公式表示农场到工厂的每次运输量不大于对应车辆的最大载重量；

公式表示工厂到配送中心的每次运输量要不大于对应车辆的最大载重量；

公式表示配送中心到客户的每次运输量要不大于对应车辆的最大载重量；

公式表示运输所产生的变质产品数量要不大于无害化处理中心的最大处理数量；

公式、、表示在“农场—工厂”、“工厂—配送中心”、“配送中心—客户”三个阶段中，若每阶段的运输数量大于0，则其0-1变量为1，否则为0。

公式表示各运输数量、加工数量、库存水平的非负性。