

第三章 供应链网络规划

【本章学习目标及要求】

- 认识供应链网络配置的重要性；
- 会分析影响物流网络选址的主要因素；
- 了解 SC 网络规划输入信息及其来源；
- 掌握供应链网络规划设计模型；
- 会运用常用的方法求解模型：启发式方法，优化方法
- 运用某种软件求解优化算法(Lingo/Lindo/MatLab)

学时要求：课堂知识讲授 4 学时；汇报陈述与讨论 2 学时

案例分析：吉列公司的配送网络改进

1. 吉列配送网络的问题及改进目标

吉列有限公司(Gillette)是一家生产剃须刀等个人护理品、电池和其他消费品的制造企业。

吉列在东海岸有两个配送中心，一个位于马萨诸塞州的波士顿附近，另一个靠近田纳西州东南部的查塔努加(Chattanooga)。位于田纳西州的仓库只储存金霸王电池，位于马萨诸塞州的仓库储存其他所有的产品，但是没有一家仓库储存所有的吉列产品。这样的网络有什么问题呢？

吉列更大的问题是，由于没有一个仓库储存公司所有的产品，所以许多客户的货物不得不采用零担送货，零担送货比整车送货的成本高出许多，而且这种运输方式的运输时间更长、可靠性较低。

目标：开发一个使配送中心临近顾客所在地、并尽可能采用整车送货的网络结构。

2. 成本与服务水平

为了弄清楚到底需要多少个仓库以及各仓库的地理位置等问题，吉列首先进行了系统的理论分析。一方面考虑生产工厂和采购点的位置分布因素，另外，还考虑了它的客户分布，弄清楚哪些客户订购了哪些产品、订购批量等重要因素。接下来，他们考虑如何将这两个方面的情况结合起来，来解决仓库应该选在什么位置的问题。

配送网络的规划将如何影响客户服务水平？项目组从服务成本和服务水平两个角度进行权衡，综合考虑网络结构，最终从理论上找出了最合适的方案。

3. 将配送网络与企业的战略相匹配

“如何在不改变其基础设施的情况下，提供更好的客户服务”？

吉列发现可以在不投资新设施的情况下改善客户服务。然而，两个仓库都储存所有产品将会显著增加公司的库存水平，这是一个禁忌。为了克服这个潜在的症结，公司对安全库存

进行了统计分析，且进行了一些改变，重新设定了安全库存，进一步优化了配送网络。这样，公司在保持库存水平不变的情况下还提高了客户服务水平。

最后，吉列在配置配送网络中坚持了最佳的实践方案，既能够最大限度利用整车送货，同时又提高了准时交货能力，从而实现了公司“以最低的成本提供最佳的客户服务”的目标。

讨论问题：

1. 配送网络对企业经营成本有什么影响？
2. 配送网络的规划是如何影响客户服务水平的？

第一节 供应链网络规划的任务及其重要性

一、 供应链网络规划的任务

供应链网络规划是对供应链设施进行决策的过程，也就是确定供应链中的节点和线路的过程。这些设施点可以是工厂、仓库、配送中心或零售店，如图 3-1 所示。该过程不仅帮助规划设计出构成供应链的各设施最理想的物理位置及其类型，还要对各设施点的能力或库存量进行最佳配置，以使商品和物料流动的效率最高。

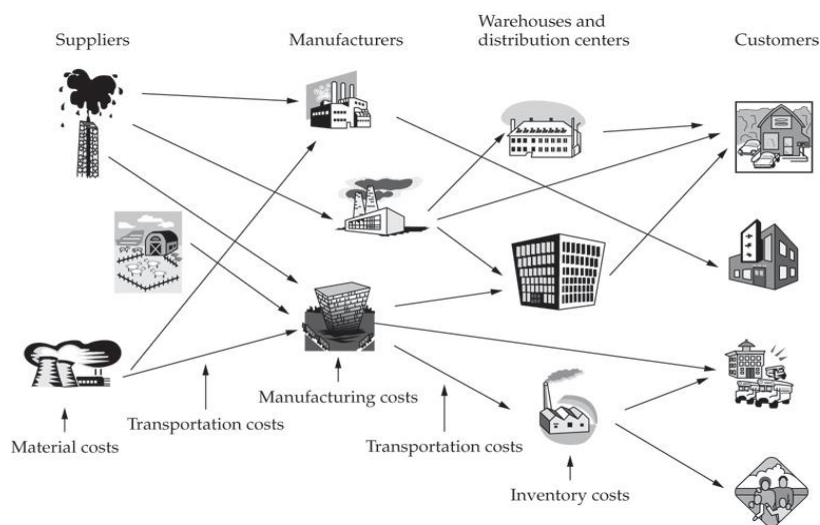


图 3-1 供应链设施节点

供应链网络规划过程主要解决以下一些问题：

（1）为满足当前和未来的需求模式，同时还要维持预期的服务水平和成本水平，最佳的网络配置应该是怎样的？供应链网络需要多少设施？每个设施具有哪些功能？在每个设施中有哪些流程或操作？各设施应该位于何处？（即确定网络设施数量及其地理位置。）

（2）网络中各设施将分别为哪些客户提供服务？例如工厂的仓库将为哪些配送中心供货？各配送中心为哪些店面提供补货服务？配送中心如何向供应商订货？解决这个问题就是要为各设施点分配合适的客户对象，使得网络服务的总成本最低。

（3）现有设施点或仓库是否有足够的能力满足现在及未来运营的需要？每个设施应该

分配多大的产能？配送中心应该备有多少库存？

(4) 哪种运输方式成本最小？哪种运输线路时间最短？

(5) 维持和运营现有网络的成本是多少？在扩大或缩小规模或新建设施等对成本的影响怎样？对服务水平的影响怎样？

二、 供应链网络规划的重要性

结合案例进行总结，由学生自己归纳分析。

1. 设施布局决策对供应链的绩效具有长期的影响
2. 网络设施决定了供应链的构架
3. 优化供应链网络有利于降低配送成本、提高配送效率

第二节、 供应链网络规划的影响因素

先分析“沃尔玛的配送中心选址实例”再归纳总结。

沃尔玛的配送中心选址实例

1.背景

当沃尔玛决定在美国新建一个食品配送中心来服务美国西北部市场时,通过对几个备选地址进行认真权衡后,最终选择华盛顿州的 Grandview 作为其 800000 平方英尺配送中心的位置。

2. 沃尔玛之所以青睐这个地方,有如下几个原因:

(1) 这块土地的地理位置非常优越。尽管这块地属于 Grandview,但是居住在这片区域内的人相当少,不会担心影响居民出行与交通拥挤的问题。

-Grandview 位于美国洲际公路 I-82 附近,所选地点地势很平坦,这对于零售商来说是非常重要的因素。

-位于西雅图、波特兰和斯波坎三个城市的中心,距三个城市的距离在 200 英里以内;

-60 多家当地的货车运输公司、两条铁路运输线以及九家航运公司为周边地区提供服务。

-帕斯科港口位于附近。

(2) Grandview 地区的平均工资水平较低。例如:该地区仓库工人的平均工资为每小时 8.11 美元,而西雅图地区的仓库工人平均工资是 10.58 美元;卡车司机每小时的平均工资为 14.02 美元,在西雅图却是 17.62 美元。

(3) 其他一些无形因素:

-社区非常重视沃尔玛的业务;

-Grandview 为沃尔玛提供了雇员选择和培训员工的支持工作。

请大家先归纳影响因素。

一、企业内部因素

1. 企业战略因素

基于成本最小化战略：将设施布局在成本更低的区位。

强调市场反应速度：将设施布局在靠近目标市场的区域，以便企业能对市场变化反应。

零售连锁店的竞争战略：靠近市场客户区域，数量多而分布广。

折扣店：其连锁店的数量较少，但每个店的规模较大。

全球化战略：选择劳动力成本及其他成本较低的国家或地区；

生产支撑型物流设施：建立在设有海外生产基地的国家或地区；

对于市场导向型设施：选择在具有较大市场规模或特定需求的地区。

2. 产品技术因素

(1) 如果产品生产工艺复杂、生产设施和设备投资高，适合采取数量少而规模大的设施布局策略。相反，如果设施的固定投资成本较低，适合采用分散的网络布局策略，在接近市场的地区建立设施，以利于降低运输成本。例如，可口可乐的装瓶厂的固定成本不是很高，为了降低运输成本，可口可乐在全世界范围建立了很多装瓶厂，各自服务于当地的市场。

(2) 当获取原材料的运输代价较大、而产成品运输代价相对较低时，设施点应向原料产地靠近，以降低原料运输成本；当获取原材料的运输代价较低而产成品运输代价相对较高时，为降低产品的运输费用，设施点应该向市场移动。

二、外部环境因素

1. 政治环境与宏观经济环境

包括税收及关税优惠政策、汇率波动及汇率风险等因素。

2. 基础设施条件

主要包括：场地供给、劳动力供给、交通条件、地方性公共设施等。

结合 Walmart 的选址实例分析。

美国学者 King 和 Keating 提出从 10 个方面评价一个地区的物流环境：

- 1) 运输业与配送业的整体环境；
- 2) 物流人力资源，主要考察物流相关行业的劳动力价格、招聘人员的易得性、员工的技术水平等；
- 3) 道路基础设施及其资金投入状况，主要考察人均拥有公路里程数、高速公路比例；
- 4) 公路的密度、堵塞情况、运输的安全性；
- 5) 路况，即考察市区与郊外的洲际高速公路及其他主要道路状况、桥梁状况等；
- 6) 道路税费，即对车辆使用汽油和柴油的征税；
- 7) 铁路通达性，考察货运铁路及一级铁路的数量、铁轨长度、铁路货运吨数及铁路运输的安全记录等；

- 8) 港口与水路运输情况，考察内河、湖、海码头设施及水路运输量；
- 9) 航空运输，包括统计航空货运量及货运机场设施、航空客运量；
- 10) 洲际高速公路，考察区域内洲际高速公路及环城高速公路的长度。

3. 竞争因素

如果市场竞争氛围是倡导共赢，则企业可考虑在竞争对手附近选址。

三、物流总成本权衡

供应链系统的物流总成本：包括物流运营成本和设施成本，图 3-2 显示了设施数目对物流各成本的影响。

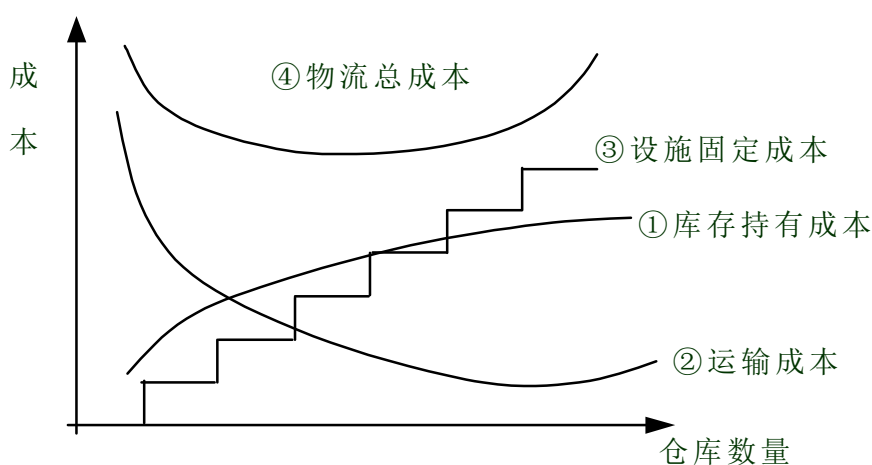


图 3-2 设施数目对物流成本的影响

1. 物流运营成本

(1) 库存成本：物流设施数目增加，在同样安全系数的情况下，库存量会增加，将会引起库存成本上升。

(2) 运输成本：包括进货运输成本和送货运输成本。增加仓库数量，能使仓库更加接近顾客，从而减少了运输成本。但是，如果设施数量增加到一定程度，会导致进货批量规模很小，导致进货成本大幅上升，而送货成本降幅很小。

2. 物流设施成本

包括维持设施运营的相关成本（例如水电费、维修费等），其中大多数是与通过设施点的货流量无关的。减少设施数量能减少设施的固定投资成本，也会使相应的运营费用降低。

物流总成本主要是由上述库存成本、运输成本和设施成本三部分构成，从而得到物流总成本曲线。就是说存在一个最佳的设施数目。

第三节、供应链网络规划设计过程

一、供应链网络规划设计框架

分为四个阶段。

1. 战略规划阶段

明确界定企业竞争战略，分析企业内外部环境，以此为基础确定供应链设计的目标。

内外部环境分析主要包括：1) 通过调查手段，分析政策环境、市场环境的变化，了解竞争对手的实力和市场份额；2) 通过市场需求调查了解产品和服务的细分市场状况；3) 通过对供应商、零售商、用户等市场主体的专项调查，了解原材料的市场行情和供应商的基本状况、零售商的市场拓展能力和服务水准；4) 对企业的供应、需求现状和设施现状进行分析，考虑自身可利用资金的约束，决定是改造现有设施，还是建立新的设施。

明确供应链设计目标：在多个目标之间取得平衡。

2. 网络设计阶段

网络配置可能涉及的问题关系到工厂、仓库和零售店。如第 1 章中所解释的，由于对公司有长期效应，因此属于战略性决策。在下面的讨论中，我们关注以下关键战略决策问题：

- (1) 确定合适的设施（如仓库和工厂）数量；
- (2) 确定每个设施的位置；
- (3) 确定每个设施的规模；
- (4) 为每个设施分配每种产品的空间；
- (5) 确定采购需求
- (6) 确定配送策略，也就是客户将从哪个仓库收到何种产品。

3. 确定一组理想的潜在设施点

4. 选址及产能分配

需要借助一些数学方法或模型

二、供应链网络设计（重点）

(1) 数据收集

一个典型的网络配置问题涉及大量的数据，包括的信息有：

1. 顾客、零售商、现有仓库 / 配送中心、制造厂和供应商的位置。
2. 所有产品的数量和特殊的运输方式(诸如冷冻运输)。
3. 每个位置的顾客对每种产品的年需要量。

4. 每种运输模式的运输费率。
5. 仓库成本，包括劳动力、仓库保管费用和运营维护费。
6. 向顾客发货的频率和运量。
7. 订单处理成本。
8. 顾客服务需要和目标。

(2) 数据综合

迅速看一遍上面的列表，就会发现模型优化设计的数据量是惊人的。例如，典型的软饮料配送系统包含 10000~120000 个客户。同样，在一个零售物流网络中，如沃尔玛和彭尼公司 (JC Penney)，在网络中流动的产品种类达数千种甚至数十万种。

出于这个原因，第一步的数据汇集很重要。这一步按照以下原则进行：

1. 采用网格或其他聚类技术将距离较近的顾客集合起来

所有在一个单元格外或一个簇内的顾客被看成位于单元格外或簇中心的单一顾客。这些单元格外或簇被称为顾客区。根据五位或三位邮政编码划分顾客是一种非常有效的技术。注意，如果按照服务水平或交货频率对顾客分类，就要在每类中进行汇集。这意味着在每一类中单独进行顾客汇集处理。

2. 应根据以下原则将产品汇集为合理数量的产品组：

- a. 配送模式。所有在一个源头分拣并送往一个顾客的产品集合成一类。有时需要不仅按照配送模式，还要按照诸如重量和体积等物流特征进行汇集，也就是在具有同种配送模式的产品中，将单品库存的单位体积和重量相似的产品汇集为一个产品组。

- b. 产品类型。在许多情况下，不同的产品可能仅仅在产品型号、款式，或包装形式上有所不同，这些产品就可以汇集成一类。当然，替换详细数据为粗略数据对模型效果的影响将是一个重要的考虑因素。

(3) 运输费率

构建有效配送网络模型的下一步是估计运输费率。包括卡车、铁路及其他运输方式，大多数运输费率的计算与运输距离基本呈线性关系，不与运量呈线性关系。我们将区分内部车队和外部车队的运输成本。

公司自有卡车运输成本的估计相对简单，涉及每辆卡车的年费用、每辆卡车的年行驶里程、每辆卡车的年运量，以及卡车的有效运力。所有这些信息可以用来计算每单品库存单位每英里的运输成本。

在模型中考虑外部车队的运输费率要复杂得多。我们将区分两种运输模式：整车运输 (TL) 和零担运输 (LTL)。

在美国，整车运输承运人将全国分成几个区。基本上每个州就是一个区，但是某些特大的州例外，如佛罗里达或纽约，被分成两个区。承运人向他们的客户提供州际运费表。这个数据库提供了两个区域之间每辆卡车每英里的价格。例如，计算从伊利诺伊的芝加哥到马萨诸塞的波士顿的整车运输成本，需要得到这两个区之间每英里的价格，然后乘以芝加哥和波

士顿之间的距离。整车运输成本结构的一个重要特征是非对称性，例如，从伊利诺伊到纽约的运输成本要高于从纽约到伊利诺伊的运输成本。

(4) 里程估计

如前面的解释，从一个特定起始点到特定目的地的产品运输成本是两地之间距离的函数，因此我们需要一个工具估计距离。我们可以使用街道网络或直线距离来估计距离。具体而言，假定我们要估计 a, b 两点之间的距离。我们需要知道 a 点和 b 点的经度和纬度。然后计算从 a 到 b 之间的直线距离 D。

(5) 仓储成本

仓库和配送中心的成本包括三个主要的部分：

1. 搬运成本。包括与每年流过仓库的货物量成比例的劳动力和用具成本。

2. 固定成本。包括那些与在仓库中周转的库存数量不成比例的成本因素。固定成本通常与仓库规模（容量）成比例，但不是线性比例（见图 2-3）。从图中可见，在特定范围的仓库规模下，成本不变。

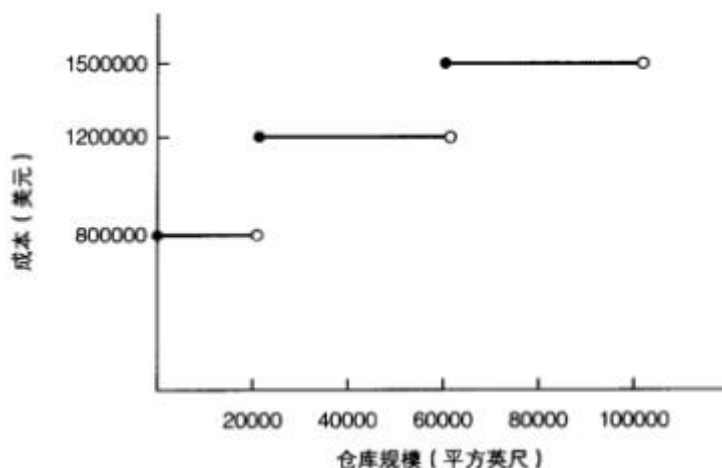


图 2-3 仓库规模与成本关系

因此，相对于其他两种成本，仓库搬运成本的估计较为容易。为了说明这个差异，假定某顾客一年需要 1000 单位的产品。这 1000 单位产品不需要同时经过仓库，因此平均库存水平将远小于 1000 单位。因此，当为决策支持系统构建数据时，我们需要将这些年周转量转化为随时间变化的库存数量。同样，年周转量和该产品的平均库存都无法说明需要多少空间来存放这些产品。这是因为仓库需要的空间与库存的峰值成比例，而非年流量或平均库存。克服这一困难的有效方法是利用库存周转率。它的定义如下：

库存周转率 = 年销售量 / 平均库存水平

在我们的案例中，库存周转率是每年从仓库流出的总量与平均库存水平的比例。因此，如果该比率为入时，平均库存水平等于年总流量除以入。将平均库存水

3. 储存成本。代表库存持有成本，与平均库存水平成比例

(6) 仓库容量

配送网络设计模型的另一个重要输入参数是仓库的实际容量。问题是给定每年流经仓库

的货物量，如何估计必需的实际空间。在考虑这一问题时，库存周转率同样是合适的途径。如前，将仓库的年流量除以库存周转率可以计算平均库存水平。假定有一个稳定的运输和交货计划，如图 2-4 所示，必需的存储空间大致为平均库存水平的 2 倍。当然，实践中存放在仓库的托盘需要额外的空间用于搬运和进出。因此，考虑走廊、分拣、分类和处理设备，以及 AGV 小车，我们一般要将需要的存储空间乘以一个系数 (>1)。这个系数依赖于具体的应用，它可以使我们更精确地评估仓库可用的空间。实践中常用的系数是 3。这个系数将会按以下方式使用。考虑以下情况，仓库的年流量为 1000 单位，库存周转率为 10，这说明平均库存为 100 单位。但是如果每单位需要 10 平方英尺空间，则产品需要的空间为 2000 平方英尺。因此，帮个仓库需要的率间为 6000 平方英尺。

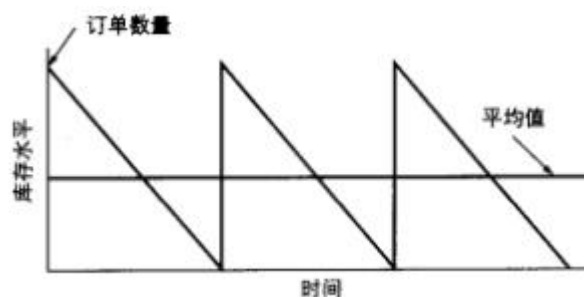


图 2-4 随时间变化的库存水平

（三）模型和数据检验

验证的重要性无须赘述。模型的设计要模仿现有运作条件，包括所有在当前网络配置下产生的成本——仓储、库存、生产和运输，算出相应的目标函数值。这些数据可以与公司实际的会计信息比较。这通常是确定是否存在数据错误、假设不合理、模型有缺陷等问题的最好方法。例如，一个项目里，在验证过程中计算的运输成本总是低于从会计数据中获得的成本。经过对配送实践仔细的检查，咨询人员得到的结论是，卡车的有效运力只达到卡车额定运力的 30%，这意味着卡车每次运输的负载很小。因此，验证过程不仅有助于核准模型中的一些参数，还能对现有网络的利用率提出可能的改进建议。于系统完全的重新设计，直觉就变得不太可靠了。总结下来，模型的验证过程一般涉及对以下问题的回答：

- 模型是否有意义？
- 数据是否匹配？
- 模型的结果是否可以被完全解释？
- 是否进行灵敏度分析？

验证对于确定模型和数据的有效性很关键，但这个过程还有其他的好处。尤其是它可以帮助用户在目前的运作现状与优化后可能的改进之间建立联系。

（四）解决技术

实践中，一般使用两种技术：

1. 数学优化技术，包括：

- 准确算法，该方法可以确保寻找到最优方案，即最小成本方案。
 - 启发式算法，该方法可以寻找到较好的方案，但不一定是最优方案。
2. 仿真模型，该方法提供了一个用于评估设计者所设计的具体方案的办法。

(1) 启发式算法

1. 方法简介

以直觉或经验为基础。网络选址问题常用的启发式法则如下：

- 仓库的最佳选址往往在那些需求最大的地区或临近这些最大需求的地方；
- 购买量大的客户（其购买量超过正常的运输批量）应该直接由供应点直接供货，而不必通过中转仓库二次运输；
- 对需求量及需求提前期波动很小的产品，应当实行准时制管理，尽量减少库存；
- 在现有配送网络中增加新设施（如仓库）的前提条件是，新增加的设施能最大程度地节约物流总成本；
- 从分拨角度看，成本最高的客户是那些以小批量购买且位于运输线末端的客户；
- 经济运输批量，是将配送网络中从运输起点到最偏远客户之间的运输线路上的小批量需求累加起来而实现的满载运量。

2. 例题讲解

[例 2-2] 考虑如图 2-7 的配送系统：某企业在 A 地有、两个工厂，经仓库、向客户市场、供应某类产品。工厂的产能不限，工厂实际产能为 60000 件。仓库、具有相同的仓库搬运成本。三个市场、的产品需求分别为 50000 件，100000 件和 50000 件。各设施点之间的单位运输费用如图中数据所示。

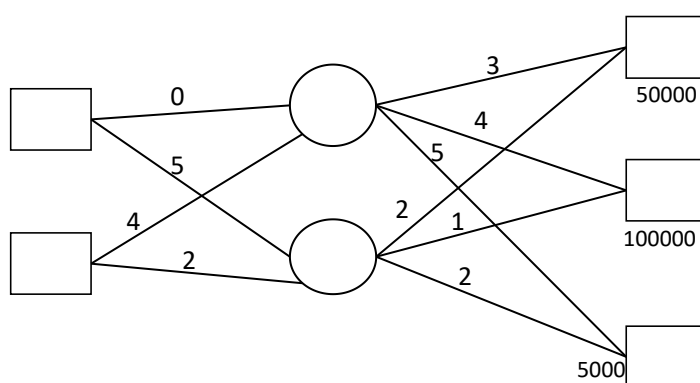


图 2-5 某企业的配送系统

确定一种合适的配送策略，即在满足各市场需求的同时又不超过的产能约束，并使总运输成本最小。

(1) 启发式法则一

对于每个市场，我们选择最便宜的仓库来满足需求。因此、和都将使用仓库来供货。然后，为这个仓库选择配送成本最低的制造厂供货。这样，将首先从配送 60000 件，剩下的 140000 件由供应。

总运输成本=2×50000+1×100000+2×50000+2×60000+5×140000=1120000（元）

（2）启发式法则二

对于每个市场,选择仓库使经过该仓库的总配送成本最低,即考虑入库和出库配送成本。因此,对于市场区域,考虑路径→→, →→, →→, →→。

在这些配送方案中,最便宜的是→→,因此为选择。通过同样的分析,我们为选择,为选择

仓库需要向客户市场供应 50000 件产品,仓库需要向客户市场供应 150000 件产品。最好的入库配送模式是由工厂向仓库供应 50000 件产品,向仓库供应 90000 件产品,由工厂向仓库供应 60000 件产品。

总运输成本=5×90000+2×60000+3×50000+2×100000+2×50000=920000（元）

显然,这两种启发式算法都没有得到成本最小的策略。

（2）仿真模型和优化技术

前面介绍的数学优化技术有一些重要的局限。它们处理静态的模型——通常给定年需求或平均需求——不考虑随时间的变化。基于仿真的工具考虑了系统的动态性,并对所设计的系统进行绩效评估。因此,用户必须为仿真模型提供一系列设计方案。

不幸的是,仿真模型只能为预先设定好的物流网络设计构造模型。换言之,给定仓库、销售商等的配置,仿真模型可以用来估计该配置下的运作成本。如果要考虑不同的配置(例如,有些客户可能要更换为其服务的仓库),模型就必须重新运行。在之后的章节更详细的介绍中,你会发现仿真并不是优化工具。它对于刻画特定配置的绩效很有用,但对于从大量潜在配置中确定最有效的配置用处不大。

另外,考虑诸如个别顾客订货模式、特定库存和生产政策、日常配送策略等详细信息的仿真模型,需要大量的计算时间才能得到期望精度的系统绩效。这意味着在使用仿真工具时,一般只能考虑非常少的方案。软件工具如(MATLAB, Extensim, Flexsim, Witness 等)求解(自学和大作业掌握)。

第四节、网络设施选址及产能分配决策方法

一、典型选址问题描述

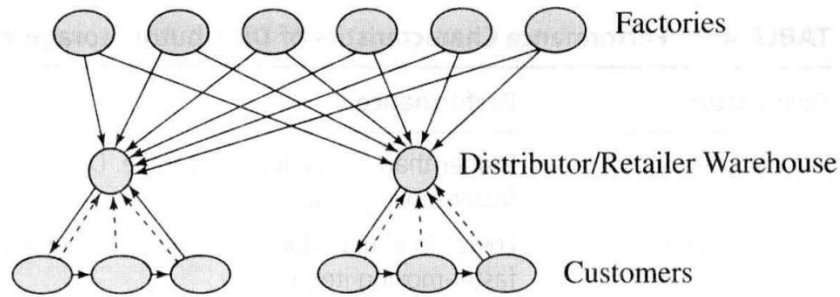
（1）已知条件：

某产品供应链在一定区域范围内分布着一定数量的生产基地和零售店,每个零售商对生产基地生产的不同类型产品有固定的需求,每个生产基地对各种产品的生产能力是有限的。已初步选出了一组潜在的仓库地址,且仓库的能力有限制。

（2）要求：从潜在的地址中选出最合理的设施位置,设计总成本最小的网络。

（3）关键：网络总成本。包括：运输成本+仓库的固定成本+仓库作业成本。

（4）问题图示说明：



(5) 涉及的变量及数据说明:

L =工厂数量, 令 $L=\{1, 2, \dots, L\}$;

J =备选仓库数, 令 $J=\{1, 2, \dots, J\}$;

I =零售店数量, 令 $I=\{1, 2, \dots, I\}$;

K =产品类型数, 令 $K=\{1, 2, \dots, K\}$;

W =选定的仓库数量;

c_{ljk} =单位产品 k 从工厂 l 运输到位于地址 j 的仓库的运输成本;

d_{jik} =产品 k 从仓库 j 运输到零售店 i 的单位运输成本;

f_j =在地址 j 建仓库的固定成本;

v_{lk} =工厂 l 生产产品 k 的生产能力;

w_{ik} =零售店 i 对产品 k 的需求量;

q_j =仓库 j 的周转能力。

二、选址与产能决策的优化模型 ~重点和难点

先回顾运筹学: 优化问题及其求解过程。优化求解的一般过程:

1. 给定假设前提。 (问题: 为什么要给出假设?)

2. 优化数学模型 (重点讲授模型三要素)

3. 优化算法 (运筹学知识, 自学)

1. 以例题数据为依据, 讲授决策模型

[例 2-1] 某食品供应链需要筹建包括生产基地、中转仓库及超市在内的供应链网络。经过调研, 制定了如下计划: 1) 受现有条件的限制, 生产基地的数量限制在 1~2 个; 2) 出于市场需求及顾客地理分布的考虑, 计划建 3 个大型专卖超市, 且超市的地址已经选定; 3) 受专卖超市数量及位置的约束及可供选址的土地因素约束, 考虑建设 1~2 个中转仓库; 4) 主要考虑两大类产品, 分别用 A、B 表示。

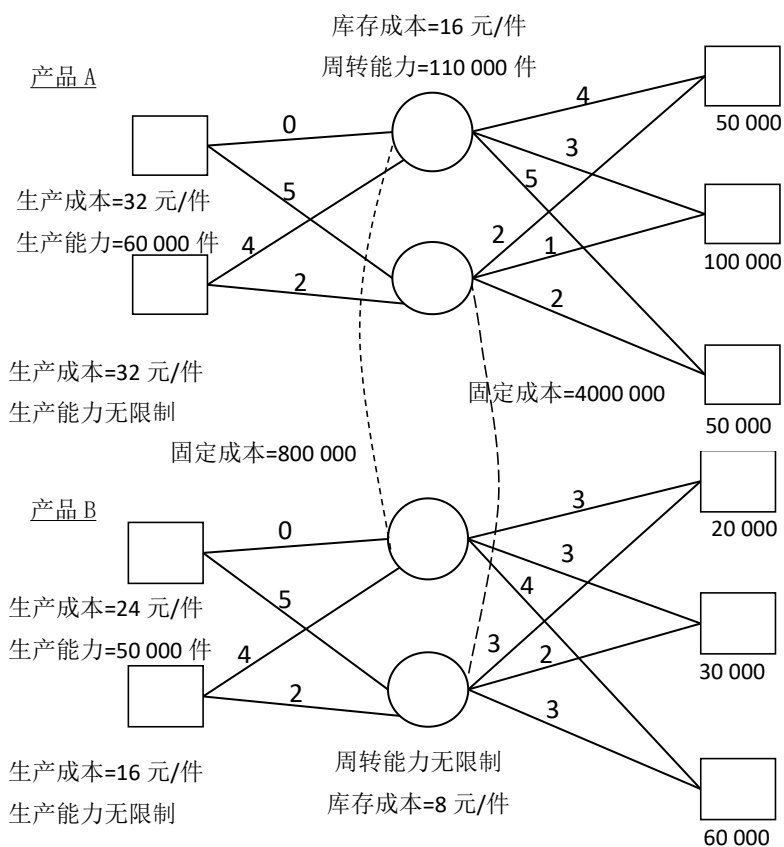
需要解决以下几个问题:

1) 建设几个中转仓库?

2) 如果建立一个中转仓库, 应建哪一个?

3) 如果建立两个中转仓库, 仓库向超市的供货量如何分配?

- 4) 建立几个生产基地？
- 5) 如果建立两个生产基地，怎样分配各基地的生产数量？怎样为中转仓库供货（在建立两个中转仓库的情况下）？



2. 优化模型

(1) 决策变量

$Y_j = 0-1$ 变量，若仓库位于地址 j ，则取值 1，否则取值 0；

U_{ljk} = 从工厂 l 运往仓库 j 的产品 k 的量， $l \in L, j \in J, k \in K$.

$X_{jik} = 0-1$ 变量，如果零售商 i 接收来自仓库 j 的产品 k ，则取 1；否则取值为 0。

(2) 目标函数

总成本由产品生产成本、仓库固定成本、仓库搬运成本、运输成本构成，即：

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (c_{ljk} + h_{jk}) U_{ljk} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K d_{jik} w_{ik} X_{jik} + \sum_{j=1}^J (g_j \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K U_{ljk}) Y_j + \sum_{j=1}^J f_j Y_j$$

各项成本函数解释，要求能完全理解掌握。

(3) 约束条件

- 一个客户的同种产品只能由一家仓库供货;
- 仓库作业量限制
- 仓库流入量与流出量平衡
- 工厂供应能力限制
- 选出的仓库数量的一致
- 变量的值域限制

$$\sum_{j=1}^J X_{jik} = 1 \quad \forall i \in I, k \in K$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K w_{ik} X_{jik} \leq q_j Y_j \quad \forall j \in J$$

$$\sum_{i=1}^I w_{ik} X_{jik} = \sum_{l=1}^L U_{ilk} \quad \forall j \in J, k \in K$$

$$\sum_{j=1}^J U_{ilk} \leq v_{lk} \quad \forall l \in L, k \in K$$

$$\sum_{j=1}^J Y_j = W$$

$$Y_j, X_{jik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K$$

$$U_{ilk} \geq 0 \quad \forall l \in L, j \in J, k \in K$$

【课堂练习：对照图中数据，写出具体数学模型】

3. 混合整数规划优化算法和优化工具软件

线性规划方法、割平面法、现代优化方法

【具体内容请复习运筹学“线性规划”知识】

优化工具软件：Lingo/Lindo; Matlab。