

## 赛道 B：电商品类货量预测及品类分仓规划

电商企业在各区域的商品存储主要由多个仓库组成的仓群承担。其中存储的商品主要按照属性（品类、件型等）进行划分和打标，便于进行库存管理。图 1 是一个简化的示意图，商品品类各异，件数众多，必须将这些商品分散到各个仓库存储。品类分仓规划决定各商品存放在哪些仓库问题，合理的品类分仓规划对提升每个仓的管理效率、降低总体仓储成本至关重要。

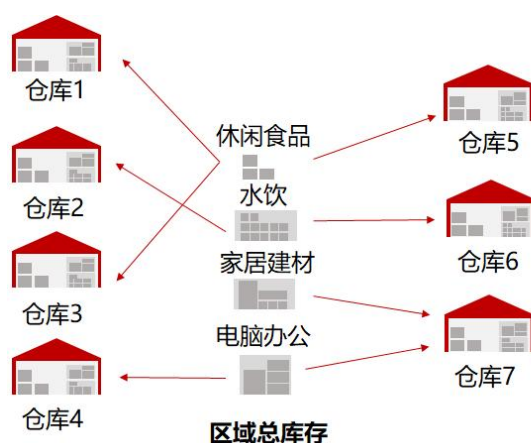


图 1 品类分仓规划示意图

准确的仓储货量预测是品类分仓规划的重要依据，对于准确的预测结果能够预见性地决定未来的仓储资源使用决策，以提前规划仓储资源，减少冗余场地的投入。一般来说，该场景需要预测两个目标，分别为库存量和销量。其中，库存量为该品类在全部仓库所需存放的总库存，分仓结果中受到仓库的仓容限制；销量为该品类在全部仓库所需打包出库的总量，分仓结果中受到产能限制。

在得到未来各品类的预测货量后，各个品类的分仓规划是供应链规划者的重要研究问题。若将品类集中存放在数量较少的仓库中，则将超过该仓的仓容及产能上限，造成履约问题；若同一品类分在多个仓库中，则会

显著增加仓库数量，增大品类库存的管理难度及总成本。此场景需考虑的上限包括两个，分别为仓容上限和产能上限，其中仓容上限为某仓库可以存放的最高库存量，产能上限为某仓库一天可以出库的最高销量。另外，若将相似的品类（使用品类关联度衡量相似性）放在同一个仓库中，同一订单中的商品更可能集中出货，可以在实际履约中减少包裹数量，从而降低履约成本。

合理的品类分仓方案，应该同时考虑仓群的复杂度及单仓仓容及产能约束，给出最优的分仓结果需综合考虑以下指标：

- 1) 仓容利用率：单仓总库存/仓容上限；
- 2) 产能利用率：单仓总出库量/产能上限；
- 3) 总仓租成本：使用仓库的仓租成本之和；
- 4) 品类分仓数：单品类存放的仓库数量；
- 5) 品类关联度：存放在同一仓库的所有品类之间的关联度之和。

现有一个仓储网络，包含 140 个仓库以及 350 种品类，附件 1 及附件 2 分别为各品类的历史库存量及销量，附件 3 为不同仓库相关信息（仓租日成本、仓容上限、产能上限），附件 4 为不同品类之间的关联度（表中未出现的品类组合关联度设为 0），附件 5 为不同品类的相关信息（品类编码、件型）。基于以上数据，请完成以下问题：

## 初赛问题

**问题 1：**建立货量预测模型，对该仓储网络 350 个品类未来 3 个月（7-9 月）每个月的库存量及销量进行预测，其中库存量根据历史每月数据预测月均库存量即可，填写表 1 的预测结果并放在正文中，并将完整结果填写在 **result** 表格文件中的“月库存预测结果”的表单中；销量需给出未来每天的预测结果，填写表 2 的预测结果并放在正文中，并将完整结果填写在 **result** 表格文件中的“日销量预测结果”的表单中。

表 1：月库存量预测结果

	7 月库存量	8 月库存量	9 月库存量
--	--------	--------	--------

category1			
category31			
category61			
category91			
category121			
category151			
category181			
category211			
category241			
category271			
category301			
category331			

表 2：日销量预测结果

	7.1	7.11	7.21	7.31	8.11	8.21	8.31	9.11	9.21
category1									
category31									
category61									
category91									
category121									
category151									
category181									
category211									
category241									
category271									
category301									
category331									

**问题 2：**假设当前限定每个品类只能放在一个仓库中，即一品一仓，各品类之间请基于问题 1 的预测结果建立规划模型，综合考虑多个业务目标，求得品类的分仓方案，包括：应使用哪些仓库，使用的仓库需存放哪些品类的库存。填写表 3 的分仓结果并放在正文中，并将完整品类分仓结果填写在 result 表格中的“一品一仓分仓方案”表单中。

表 3：“一品一仓”分仓方案

	warehouse
category1	
category31	
category61	
category91	
category121	
category151	
category181	
category211	
category241	
category271	
category301	
category331	

**问题 3：**现在为每个品类按照件型及高级品类进行打标（如附件 5），并放开一品一仓假设，即允许一个品类存放于多个仓库，但同一品类存放的仓库数量不能超过 3 个，并希望同件型、同高级品类尽量放在一个仓库中。假设同一品类在不同仓库之间分布的库存量比例及出库量比例相同，当前业务的首要目标是最大品类关联度，同时兼顾其他指标。请基于问题 1 的预测结果建立规划模型，求得新的品类分仓方案，并分析不同方案中各业务指标的表现。填写表 4 的分仓结果并放在正文中，并将完整品类分仓结果填写在 result 表格中的“一品多仓分仓方案”表单中。

表 4：“一品多仓”分仓方案

	warehouse	warehouse	warehouse
category1			
category31			
category61			
category91			
category121			
category151			
category181			
category211			
category241			
category271			
category301			
category331			

注：提交论文时，请将 **result** 结果文件表作为计算结果提交，提交时不要改动 **result** 表格的格式。

参考材料：

[1] 庄晓天等. 智能供应链:预测算法理论与实战[M]. 北京: 电子工业出版社, 2023.

[2] [1] Makridakis S, Spiliotis E, Assimakopoulos V. M5 accuracy competition: Results, findings, and conclusions[J]. International Journal of Forecasting, 2022.

[3] 庄晓天等. 智能供应链:运筹优化理论与实战[M]. 北京: 电子工业出版社, 2024.

[4] Catalán, Andrés, Fisher M. Assortment Allocation to Distribution Centers to Minimize Split Customer Orders[J]. Social Science Electronic Publishing, 2013

[5] Minfang HUANG, Yuanyuan HAO, Yanxin WANG, Xiangpei HU, Ludi LI. Split-order consolidation optimization for online supermarkets: Process analysis and optimization models[J]. Frontiers of Engineering Management, 2023, 10(3): 499–516