**3 RMFS订单分批**

在移动机器人拣选系统中，由于移动机器人和订单的动态性，选择合理的订单分批策略可以减少拣选作业的总时间，提高拣选效率。考虑到电商行业订单随机到达且需快速响应以保障及时到达客户的情况，以及最大限度的降低仓库运营成本，本章以最小化订单总延迟时间为目标，分别考虑静态环境下和动态环境下的订单分批问题，对提高客户服务满意度、提升仓库整体作业效率、减少物流成本意义重大。

**3.1 问题描述及模型建立**

**3.3.1 问题描述**

订单分批是拣选作业的开始，也是拣选作业中必不可少的一个环节，订单分批对系统拣选效率具有重要影响。传统的订单分批问题（Order Batching Problem, OBP）就是将订单池中的众多订单按照一定的规则划分成若干个批次，每一批次的订单构成一张拣货单并在一次作业中完成拣选[38]。然而传统的订单分批方式并不能完全适用于RMFS， RMFS系统中的搬运任务以可移动货架为单位，机器人每次只能搬运一个货架且每个货架内的SKU种类及数量有限。因此，在分析RMFS的订单分批问题时，需考虑以下对应关系：

1. 拣选台—机器人：RMFS系统中有若干个拣选台，每个拣选台对应一片区域，每片区域有若干台机器人执行搬运任务。
2. 机器人—货架：在某个区域内的货架，仅能被该区域的机器人搬运。
3. SKU—货架：采用共享存储策略，每种SKU存放在不同区域的货架上，以满足不同拣选台对不同SKU的需求。
4. 订单—SKU：参考在德国的亚马逊仓库中，平均订单行数量为1.6个SKUs[37]，本文研究的订单中包括1~2个SKU。

RMFS的订单分批问题可以描述为：仓库中共有S个可移动货架，每个货架上有s个货位，每个货位最多存放1种SKU，仓库中共存放m种SKU，且每种SKU货位已知，假设该仓库某时刻的订单池中有Ｎ张订单需要拣选，已知每张订单上包含的订单行信息，已知拣货员一次拣货的时间、机器人搬运一次货架的时间，问如何将Ｎ张订单分为B个批次，使订单的延迟时间最小。

**3.3.2 静态订单分批问题模型建立**

（1）模型假设

为简化问题，作出如下假设：

①同一订单的SKU不能拆分为不同批次。

②任何单个存储位置都有足够的SKU用于批量和随机到达的订单，不能出现缺货现象。

③同一批次中不同订单的同一SKU是从同一地点挑选的。

④每种SKU在货架上的货位固定，每个货架在仓库中的位置固定。

⑤拣选每个批次的订单时都需要移动机器人把包含该批次订单SKU的货架搬运至工作站，等待拣货员从货架上取下待拣选商品后，再将货架搬回仓库中原来的位置。

⑥若两个订单中包含同一SKU，将其合并拣选可以减少拣货员拣选操作一次的时间；若两个订单中包含的SKU位于同一货架，将其合并拣选可以减少一次移动机器人搬运的时间。

⑦同一移动机器人，必须完成当前批次所有拣选任务后才能开启下一批次的拣选任务。

（2）参数设置

：订单，

：货架，

：SKU，

：批次，

：一个批次最大的订单量

：第个订单

：第个货架

：第i个订单的延迟时间

：订单i的截止时间

：移动机器人搬运一次货架的时间

：拣货员拣选一次SKU的时间

：订单i完成拣选的时间

：批次j开始拣选的时间

：批次j完成拣选的时间

：批次j的服务时间

为0-1变量，若订单i中包含商品m，则，否则；

为0-1变量，若商品m在货架e上，则，否则；

决策变量：

为0-1变量，若订单i被分配到批次j中，则，否则；

为0-1变量，若拣选批次j需要搬运货架e，则，否则；

为0-1变量，若批次j中包括商品m，则，否则；

为0-1变量，若批次j’在完成批次j之后紧接着开始拣选，则，否则。

以最小化订单总延迟时间为目标建立数学模型：

（2-1）

s.t. （2-2）

（2-3）

（2-4）

（2-5）

（2-6）

（2-7）

（2-8）

（2-9）

（2-10）

（2-11）

（2-12）

（2-13）

（2-14）

式2-1目标函数为最小化订单总延迟时间；约束2-2表示每个订单只能被分到同一批次；约束2-3表示每个批次中的订单数量不能大于规定数量；约束2-4表示批次中任意订单中包含商品m，则批次j包含商品m；约束2-5表示如果批次j中包含商品t，则需要搬运商品t所在的货架e；约束2-6定义批次j和j’的顺序；约束2-7定义了批次j的完成时间；约束2-8定义了批次j的服务时间；约束2-9定义了订单的完成时间；约束2-10定义了订单i的延迟时间；约束2-11至2-14表示决策变量取值约束。

**3.3.3 动态订单分批问题模型建立**

动态订单分批问题（on-line order batching problem, OOBP）是指无法预知客户订单，并且会随着时间推移不断产生新的订单，对随机到达的订单划分批次。在静态订单分批的基础上，假设单个订单到达服从泊松分布，订单中包含的SKU数量服从泊松分布，拣选系统订单到达数的概率计算公式如下：

（2-15）

其中，为符合泊松分布的订单到达率的均值。

研究动态订单分批问题，目标函数仍为最小化订单延迟时间，但是需要注意的是，由于订单符合的泊松分布，需要增设一个时间常数，当时间足够时，若订单数量，则该时间段内到达的订单自动成为一批；若订单数量，则继续执行本文的订单分批策略。

**3.3 RMFS订单分批问题实例**

假如货架上共有4种商品G={A,B,C,D},

订单O1={A,B,C},O2={A,B,C,D},O3={A,C,D},O4={C,D},

货架S1={A,C},S2={B,D},S3={C,D}

订单的due：O1(20)，O2(10)，O3(30)，O4(40)

求解思路：

1. 枚举：针对这些订单，在满足一批中最大订单容量的情况下，分批：例如O1/O2为一批，O3/O4为一批；等等
2. 第一批订单开始处理时间设置为0
3. 分别计算每批订单的机器人搬货架次数\*t1和拣货员拣货次数\*t2，这部分是批次的处理时间
4. 判断各批次的先后执行顺序，因为开始时间不同会造成总延迟时间不一样

举例：

该实例中，通过计算，将O1/O2分为一批且先执行该批，订单的总延迟时间为4；其他分批方式均已计算，这种分批方式目标函数最小