

# 基于派送效能与顾客满意度视角的 物流快递自提柜选址及空间优化 ——以长沙市侯家塘北为例

向延平<sup>1</sup> 雷爱华<sup>21</sup>

(1. 南京晓庄学院 旅游与社会管理学院, 中国江苏 南京 211171;

2. 湖南女子学院 商学院, 中国湖南 长沙 410004)

**【摘要】:** 结合自提柜选址理论和方法, 基于派送效能与顾客满意度视角构建物流快递自提柜选址和空间优化方法, 以湖南省长沙市侯家塘北的自提柜典型需求点为样本进行自提柜选址及空间优化案例研究。通过分析研究区域快递需求和自提柜现状, 在实地调研收集研究区域快递需求人数总量、需求点数、需求点快递需求量和需求点坐标等数据基础上构建集合覆盖模型, 利用 LINGO 软件进行求解运算, 再运用 AHP 法和 Matlab 软件进行计算求解其自提柜最优选址方案, 进而针对物流企业提出相关建议, 旨在提高物流派送效能与顾客满意度。

**【关键词】:** 物流业 快递 派送效能 顾客满意度 自提柜 选址优化

**【中图分类号】:** F061.5 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2022) 08-0087 - 08

派送效能是物流快递派送时以较少的派送资源投入来实现最佳派送工作目标和最优物流资源配置状态。物流顾客满意度是顾客在物流快递派送体验中所感知物流服务质量满意程度。然而, 物流快递企业常面临快递业务激增与快递派送难、顾客取件路径长短不一和取件时间不定等问题, 影响了物流派送效能与顾客满意度, 故而快递自提柜成为可推行的有效手段。自提柜合理选址及其空间布局直接影响物流派送效能与顾客满意度高低。但是, 自提柜前期建设与后期维护成本较高, 加之自提柜选址常受环境限制而地处偏僻, 同时, 自提柜型号和数量也制约着快递可存放的规格和类型。随着线上购物快速发展, 快递企业通过在居民区布设快递自提柜来实现物流快递最后一公里配送。因此, 自提点合理选址及其空间优化是物流企业推广自提柜模式和抢占末端配送市场份额战略决策之一<sup>[1]</sup>, 也成为提高物流派送效能与顾客满意度亟需解决问题。

自提柜选址影响配送效率<sup>[2]</sup>, 在城市物流配送中备受关注<sup>[3]</sup>。一方面研究成果与末端网点选址相关。Weltevreden 等基于快递配送企业运营数据和消费者行为数据定性分析末端网点选址<sup>[4]</sup>; 张戎等从规划者和客户视角构建了城市末端节点的双层规划模型, 并基于反应函数构建启发式算法求解上海徐家汇街道末端网点选址<sup>[5]</sup>; 杨朋珏等充分考虑送货上门和顾客自提模式, 建立了利于实现双目标末端网点选址模型<sup>[6]</sup>。另一方面研究成果与自提点选址模型相关。韩珣等建立了基于三类顾客需求异质性的多

**基金项目:** 湖南省教育厅科学研究项目 (18C1056); 湖南省社会科学成果评审委员会课题 (XSP21YBZ030、XSP20YBZ016); 湖南省哲学社会科学基金项目 (18YBP007)

**作者简介:** 向延平 (1973—), 男, 苗族, 湖南邵阳人, 博士 (后), 教授, 硕士生导师, 研究方向为区域经济。E-mail: 1300042701@qq.com

层级自提点选址模型<sup>[7]</sup>；肖卡飞利用逐渐覆盖理论构建了自提柜选址模型<sup>[8]</sup>；陈义友等将逐渐覆盖模型应用到自提点选址问题中，构建了顾客需求满意度最大的自提点选址模型<sup>[9]</sup>；施书彪等构建了总成本（含租金、配送和惩罚成本）最小的校园智能柜选址模型<sup>[10]</sup>；Wu 等采用 K 均值聚类方法确定自提点选址<sup>[11]</sup>。再次，研究成果与自提柜选址影响因素有关。周翔等综合考虑配送时长、取货时间距离、顾客满意度等影响因素，利用中心偏移二次聚类法精算电商企业末端自提点选址和数量<sup>[12]</sup>；Kafle 和 WangY 基于自提点容量有限和顾客取货时间距离、自提点拥堵程度因素，认为自提点选址是个排队选址问题<sup>[13-14]</sup>；陈义友等将自提点模拟成排队系统构建了基于顾客有限理性的自提点选址模型<sup>[15]</sup>。此外，部分学者集成并优化自提点选址和末端配送车辆路径优化<sup>[16-17]</sup>。郑文升运用空间自相关模型和匹配度模型分析比较 C2C 电子商铺与物流网点空间分布特征<sup>[18]</sup>；陈红丽运用 CLRIP 集成优化法协调优化环首都流通圈物流供应链的配送中心选址并建立供应链物流节点空间布局优化模型<sup>[19]</sup>；李佳儒等运用遗传算法提出生鲜食品超市配送路径优化方案<sup>[20]</sup>。

上述研究更多是针对末端网点选址与自提点选址基本问题而提出的选址理论与建模方法，但考虑派送效能与顾客满意度的自提柜选址及其空间优化研究相对较少。物流快递企业一般根据居民区地理位置、楼栋分布、人口数量、居民生活便利性等因素，按照经验方法来原因自提柜的布设，其科学性、合理性有待验证。自提柜选址将决定其所服务范围及所需配置数量，进而影响物流派送效能与顾客满意度。同时，现实操作常受到因研究区域地理位置而形成的空间因素影响，研究区域地理位置、空间距离、楼栋分布等因素可能对自提柜选址产生重要作用。因此，要实现自提柜科学有效选址需综合考虑包括地理位置、空间距离、楼栋分布等在内的多方面因素。

基于派送效能与顾客满意度视角并针对考虑地理位置、空间距离等复杂现实因素的自提柜选址问题，常常需要设计分阶段处理方法进行求解。①统计分析研究区域快递需求总量，结合自提柜容量指标，确定区域选定自提柜基本所需数量，形成自提柜选址预设方案；②通过建立集合覆盖模型，并利用 LINGO 软件计算每一种预设方案下自提柜分布位置；③运用层次分析法（AHP）综合考虑建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通等因素，实现自提柜布设方案的空间优化。基于此，本文以湖南省长沙市雨花区侯家塘街道北部（简称侯家塘北）的 4 个居民区为研究样本展开实证研究，探究其自提柜合理选址和空间优化，通过调研研究样本快递需求量和自提柜配置现状，利用高德地图测绘工具确定研究样本快递需求点坐标，运用线性规划函数构建集合覆盖模型，并利用 LINGO 软件求解得出 3 个自提柜选址预设方案，再结合九标度法赋予影响因素标度值，进而获取判断矩阵，通过 Matlab 软件计算每个层次要素重要性权值并排序，根据排序结果进行分析和决策获取自提柜选址优化方案。总之，基于派送效能与顾客满意度视角尝试重点突出地理位置和空间距离等因素探索快递自提柜选址模型与空间优化方法，破解快递自提柜选址及其空间优化难题，既可丰富物流快递自提柜选址理论和方法，又能有效提高物流派送效能与顾客满意度，为普及快递自提柜模式和自提柜选址及其空间优化提供重要参考和借鉴。

## 1 研究区域与研究样本

如何实现派送效能与顾客满意度最大化成为物流快递企业重点考虑的问题，自提柜有效选址和空间布局利于指导物流快递企业和顾客等相关利益者决策。通过对自提柜选址和空间布局科学合理设计才能有效解决物流配送存在的成本高、效率低等问题<sup>[10]</sup>，自提柜选址和空间布局原则要保障企业获利、满足用户需求和自提柜能长久发展等目标的实现<sup>[21]</sup>，其选址和布局依据则要符合当地规划要求、有针对性考虑顾客需求量和保障交通顺畅等<sup>[22]</sup>。

### 1.1 研究区域自提柜配置分析

研究区域侯家塘北地处湖南省长沙市雨花区侯家塘街道，位于长沙市城区“心脏”，研究区域面积为 0.59km<sup>2</sup>，2019 年常住人口 21344 人<sup>①</sup>。本文主要选取研究区域内麻园湾社区、嘉熙中心、地质家园和地泰御璟苑等 4 个居民区作为研究样本展开研究，如图 1。

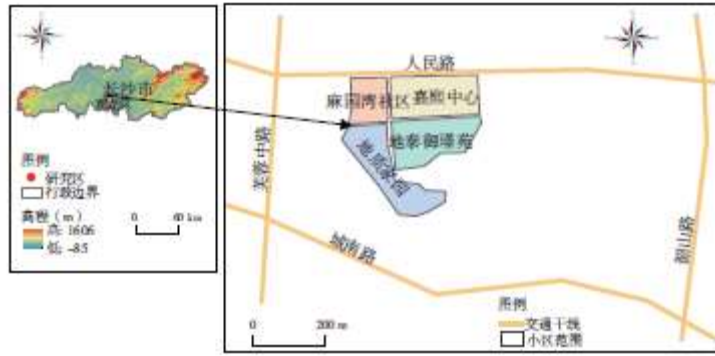


图1 研究样本区位图

通过 2021 年 2 月的实地调研，侯家塘北区域内已建成的自提柜布设情况和实际距离如图 2。图 2 显示，麻园湾社区建有 1 个自提柜，嘉熙中心建有 3 个自提柜，地质家园建有 5 个自提柜，地泰御璟苑建有 5 个自提柜。

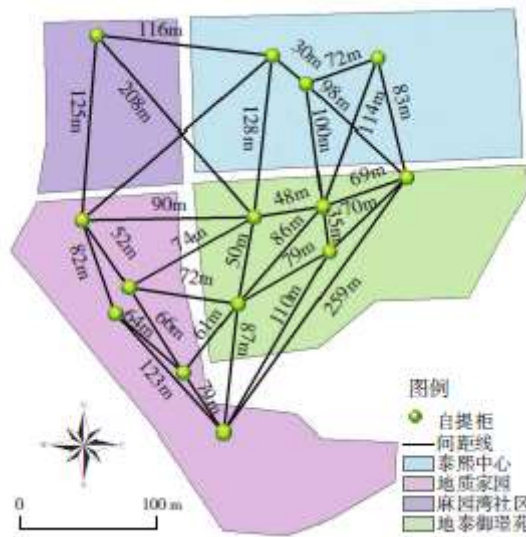


图2 研究样本现有自提柜间距离图

## 1.2 研究样本快递需求点分析

### 1.2.1 主要需求点

根据研究区域快递需求点分布和需求量实地调研数据，界定研究区域快递典型需求点包括研究区域内的麻园湾社区（6 栋）、嘉熙中心（3 栋）、地泰御璟苑（6 栋）、地质家园（7 栋），把每一栋楼确定为一个需求点，研究区域共有 22 个需求点，如图 3。需求点是拥有收发快递需求的居民集中所在的地点，研究样本需求点的确定有助于直观了解研究区域快递需求产生的地理位置和空间分布。主要考虑居民集中、楼栋空间分布和快递需求量稳定等特征，因而采取其数据进行自提柜算例实证分析。

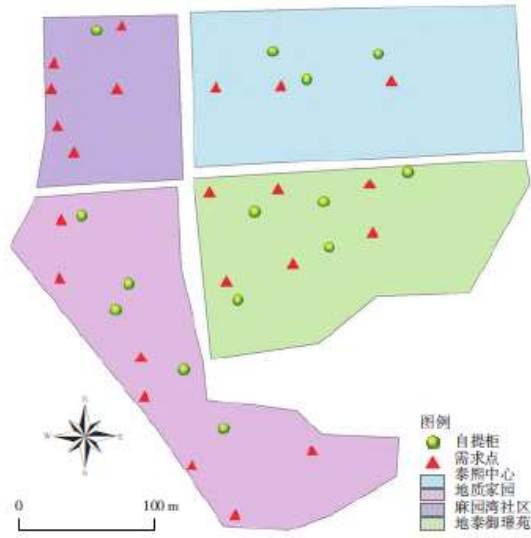


图3 研究样本自提柜与需求点分布图

### 1.2.2 需求点表示法

若将每栋建筑物视作自提柜的一个需求点，则将高德地图所标注的每栋建筑物中心点作为研究区域侯家塘北自提柜需求点所处位置，在高德地图中以侯家塘北的西南角为原点，往北和往东分别为纵轴 X 和横轴 Y，从而可以得出研究区域需求点横坐标 X 和纵坐标 Y 数据表示研究样本需求点位置情况，如图 4。

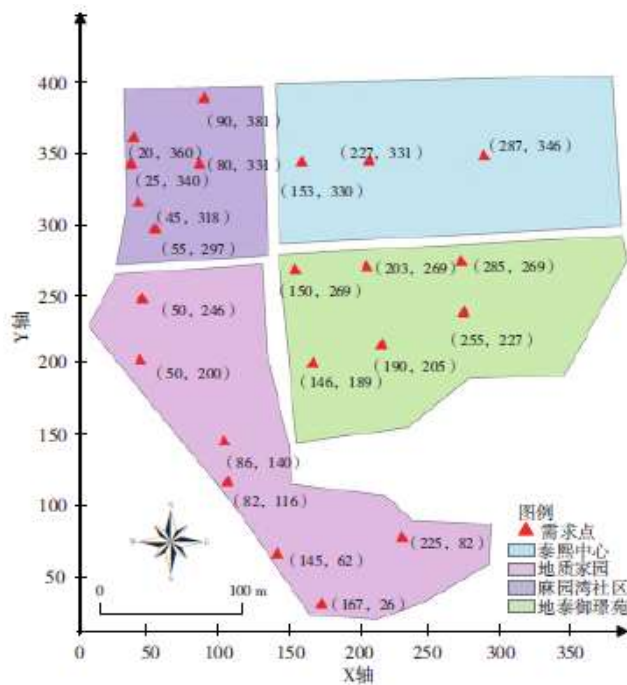


图4 研究样本需求点坐标

### 1.3 研究样本快递需求总量分析

#### 1.3.1 快递需求人数分析

2019年侯家塘北常住人口数约为21344人，其中麻园湾居住人口数为935人，嘉熙中心为1429人，地质家园为2057人，地泰御璟苑为2929人，研究区域总居住人数共计为7350人，从而可以确定研究样本快递需求人数为7350人。

#### 1.3.2 快递需求总量及供求均衡分析

通过实地调研麻园湾社区、嘉熙中心、地质家园和地泰御璟苑等4个研究样本自提柜数量、每天快递需求总量与自提柜容纳总量（单个自提柜约为120件/天）情况，发现研究区域居民每天可以接收快递总量约为1500件，可进一步通过计算比较分析得出研究样本自提柜供需是否平衡。同时要考虑的是，由于研究样本居民对自提柜使用需求并非一成不变，在电商平台促销旺季时，居民购买欲望增加，自提柜使用需求自然会加大，自提柜出现供不应求状况，淡季时则相反。由此可见，自提柜使用需求要具有弹性，在考虑自提柜供需是否平衡时，应为自提柜供给容量提供弹性空间，保证自提柜容纳总量适当多于需求总量。通过调查和计算发现，侯家塘北4个居民区中有麻园湾社区和地泰御璟苑居民住宅区存在自提柜供需不平衡的情况。可见，侯家塘北4个居民区内自提柜数量设置存在供需失衡现象，难以满足居民区内顾客对物流快递的需求，可能降低物流派送效能与顾客满意度。

#### 1.4 研究样本快递需求点需求量分析

需求量是单位时间内需求点快递需求数量。为确定自提柜布设的地理位置与分布数量，确保物流派送效能与顾客满意度最大化，须确定每个需求点快递需求量<sup>[23]</sup>。由于准确调研每栋楼的快递需求量存在难度，故采用研究区域需求点快递需求量=人均日快递需求量×每栋楼居民人数的方法获得<sup>[24]</sup>。数据显示，研究区域内居民人口数共计7350人左右，平均每天快递需求总量为1500件左右，故平均每人快递需求量约为0.2041件/天。根据居民区人口数据计算出该区域内研究样本需求点快递需求情况，即麻园湾社区快递需求量约为191件/天，地质家园快递需求量约为420件/天，嘉熙中心快递需求量约为287件/天，地泰御璟苑快递需求量约为598件/天。

## 2 研究方法 with 结果分析

根据研究样本自提柜现状分析，发现研究区域自提柜空间分布与数量设置存在不合理现象。自提柜合理选址和空间分布是降低物流成本、提高物流效率前提条件，可以节约物流运输和配送费用、影响顾客满意度。同样，自提柜数量设置不合理将难以很好地满足顾客需求，导致顾客满意度较低，也会降低物流派送效能。基于此，需要进一步提出科学合理的解决方案，从而解决物流派送效能与顾客满意度最大化问题。

#### 2.1 自提柜选址预设方案

结合网络维力理论<sup>[25]</sup>，以22个需求点作为快递自提柜选址的备选地点，根据前文计算结果，研究区域快递需求总量约为1496件/天，为了研究方便按1500件/天进行计算，同时考虑研究区域为东西方向距离320m和南北方向距离390m实情，结合交通、商业设施、自提柜选址研究理论和自提柜现实环境<sup>[24]</sup>，将研究区域快递自提柜服务半径设置为200m，发现研究区域至少要投放13台容量为120件/天的快递自提柜。在满足1500件/天快递需求情况下分析再增加1、2、3台自提柜所得到3个自提柜选址预设方案：

方案1：降低自提柜建设成本同时增加规模效益，建设至少13台容量为120件/天的快递自提柜。

方案 2：降低自提柜建设成本同时满足需求点需求量，建设至少 14 台容量为 107 件/天的快递自提柜。

方案 3：满足需求点需求量同时提高顾客满意度，建设至少 15 台容量为 100 件/天的快递自提柜。

## 2.2 自提柜选址方案选择

基于多目标优化理论<sup>[26]</sup>，自提柜选址方案涉及物流企业和顾客这两个主要利益相关者，为了充分考虑物流派送效能与顾客满意度，实现物流派送效能与顾客满意度最大化<sup>[9]</sup>，本文利用集合覆盖模型<sup>[24]</sup>分别对 3 个预设方案进行分析并做出自提柜选址方案选择。

### 2.2.1 构建集合覆盖模型

①目标函数：

$$\min \sum_{j=1}^{22} u_j$$

$$\sum_{j=1}^{22} c_{ij} = 1 (i = 1, 2, \dots, 22)$$

$$\left( \sum_{i=1}^6 c_{ij} \right) \cdot 191 + \left( \sum_{i=7}^{13} c_{ij} \right) \cdot 420 + \left( \sum_{i=14}^{16} c_{ij} \right) \cdot 287 + \left( \sum_{i=17}^{22} c_{ij} \right) \cdot 598 \leq \sum_{j=1}^{22} c_j \cdot u_j (j = 1, 2, \dots, 22)$$

$$c_{ij} \cdot \sqrt{(a_i - x_j)^2 + (b_i - y_j)^2} \leq 200 (ij = 1, 2, \dots, 22)$$

$$u_j = \begin{cases} 1, & \text{在第}j\text{个快递自提柜候选点建立快递自提柜} \\ 0, & \text{在第}j\text{个快递自提柜候选点不建立快递自提柜} \end{cases}$$

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{第}i\text{个需求点被第}j\text{个快递自提柜覆盖} \\ 0, & \text{第}i\text{个需求点不被第}j\text{个快递自提柜覆盖} \end{cases}$$

②约束条件：

式中：22 表示有 22 个需求点或 22 个自提柜选址候选点； $c_j$  表示第  $j$  个自提柜容量；191 表示麻园湾社区快递需求量，420 表示地质家园快递需求量，287 表示嘉熙中心快递需求量，598 表示地泰御璟苑快递需求量； $a_i$  和  $b_i$  分别表示需求点  $i$  的横坐标和纵坐标； $x_j$  和  $y_j$  分别表示候选点  $j$  的横坐标和纵坐标；200 表示自提柜辐射或服务半径。

### 2.2.2 LINGO 软件计算

研究样本共有 22 个需求点，需求点数量较多导致集合覆盖模型计算较为复杂，本文尝试利用 LINGO 软件进行求解计算，从而获取研究样本自提柜选址预设方案。由于自提柜选址模型约束和变量种类及数量属于多目标规划问题，考虑到 LINGO 集合了求解二次规划、线性规划、非线性规划问题的功能，适合于本研究所建模型的求解，因而利用 LINGO 这一求解最优化问题的专用软件对本研究模型进行求解是一种比较常规且高效的方法<sup>[27-28]</sup>。

### 2.2.3 计算结果

方案 1: 在 LINGO 软件中设置自提柜容量为 120 件/天, 计算可得预设方案 1 仅需建设 13 台容量为 120 件/天的快递自提柜。

方案 2: 在 LINGO 软件中设置自提柜容量为 107 件/天, 计算可得预设方案 2 仅需建设 14 台容量为 107 件/天的快递自提柜。

方案 3: 在 LINGO 软件中设置自提柜容量为 100 件/天, 计算可得预设方案 3 仅需建设 15 台容量为 100 件/天的快递自提柜。

### 2.3 自提柜选址方案优化

运用集合覆盖模型对研究区域 22 个需求点求解计算后获得 3 个自提柜选址预设方案。在此基础上, 结合综合评价理论<sup>[29-30]</sup>, 采用层次分析法 (AHP) 围绕建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通条件等要素综合评价自提柜选址预设方案, 旨在获取研究区域自提柜选址的最优方案<sup>[24]</sup>。

#### 2.3.1 建立层次分析结构模型

目标层是获取快递自提柜选址最优方案, 准则层包括建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通等要素, 说明自提柜选址和空间布局旨在充分考虑地理交通便利条件, 节约物流投资, 减少建设成本, 提高顾客满意度和物流效益, 方案层则包括 3 个自提柜选址预设方案, 如图 5。



图 5 层次分析结构模型

#### 2.3.2 计算要素间相对重要程度

根据专家打分法对建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通条件等要素重要程度进行两两打分评价, 从而形成要素判断矩阵, 主要采用 Matlab 软件进行相关数据处理。

①构建目标层判断矩阵。自提柜选址和空间布局主要影响因素包括建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通等, 据此建立目标层判断矩阵。利用 Matlab 软件计算目标层特征根与相应的特征向量。

可以看出, 目标层最大实特征根为 4.0420, 对应的权重向量为 (0.0763, 0.2558, 0.4000, 0.2679)T, 一致性比率为 0.0156。根据对应权重向量数据大小, 在建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通等准则层中, 层次单排序重要性程度排序为顾客满意度 (C3)、地理交通 (C4)、物流效益 (C2)、建设成本 (C1), 表明在自提柜选址和空间布局中要重点考虑顾客满意度和地理交通这两个重要因素, 其次是物流效益和建设成本因素。

②建立准则层判断矩阵。根据上述计算结果, 结合专家调查打分, 构建建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通等要素判断矩阵。对要素运算采用 Matlab 软件如同第一步。

③计算要素重要性程度并进行自提柜选址方案排序。进一步计算出建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通等要素判断矩阵的最大特征值、一次性比率和权重向量，通过相容性检验，获取 3 个选址预设方案的总排序。

方案 P1、P2、P3 的权重分别为 0.2995, 0.2998, 0.4007。因此，3 个预设方案的评分结果排序情况为  $P3 > P2 > P1$ ，说明方案 3 为侯家塘北区域内麻园湾社区、嘉熙中心、地质家园和地泰御璟苑等研究样本自提柜选址最优方案。由此可知，研究区域应建设 15 台容量为 100 件/天的快递自提柜，其中麻园湾社区和地泰御璟苑分别增加 1 个自提柜，地质家园去掉 1 个自提柜。优化后研究样本区域自提柜空间分布情况如图 6，其中麻园湾社区 2 个，嘉熙中心 3 个，地质家园 4 个和地泰御璟苑 6 个。

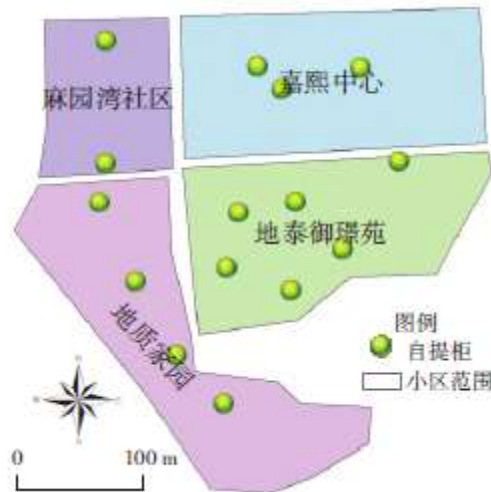


图 6 研究样本自提柜优化分布图

### 3 结论与建议

#### 3.1 研究结论

以湖南省长沙市雨花区侯家塘北的 4 个居民区为研究样本，运用集合覆盖模型与层次分析法（AHP）实证研究其快递自提柜投放选址及其空间优化问题。首先，通过实地调查获取侯家塘北这一研究区域快递需求、自提柜配置等数据，发现研究样本麻园湾社区和地泰御璟苑存在自提柜配置供需失衡问题，难以满足该区域内顾客需求，导致顾客满意度较低。其次，预设 3 套备选方案，利用集合覆盖模型分别对 3 套预设方案进行自提柜选址验证，采用 LINGO 软件获得的分析结果研判出与预设方案之间存在一定的差异。最后，利用 AHP 法进行自提柜选址优化，综合考虑建设成本、物流效益、顾客满意度和地理交通条件等 4 个因素，研究结果表明方案 3 层次总排名权重最大，为 0.4007，预选方案 3 为研究区域自提柜选址最优方案，所以研究区域应建设 15 台容量为 100 件/天的快递自提柜，其中麻园湾社区为 2 个、嘉熙中心为 3 个、地质家园为 4 个和地泰御璟苑为 6 个，使研究区域物流派送效能与顾客满意度都得以提高。

#### 3.2 相关建议

物流快递自提柜合理选址和空间优化是一个复杂的决策过程，直接影响到物流派送效能与顾客满意度，也直接关系到物流快递企业在末端配送市场上的竞争优势。根据研究结论，本文提出以下建议：①物流快递企业应主动合理增加快递自提柜建设，充分论证和选择快递自提柜建设数量和规模，减轻物流快递派送压力，破解物流配送“最后一公里”瓶颈，完善物流企业末端配送系统，从而提高物流派送效能。②物流企业加强对自提柜的运营管理，选取合适的运营管理模式和方法，实施自提柜数字化管

---

理,降低自提柜运营管理费用和成本,直接提高物流派送效能。③物流企业应加强自提柜合理选址和空间科学布局,采用如集合覆盖模型与层次分析法等方法实现自提柜精确精准选址和空间布局,自提柜选址和空间布局重点要考虑区域地理位置、楼栋布局、自提柜空间距离、取件便捷便利等环境条件和空间因素,方便和满足顾客需求,真正为民便民,提高顾客满意度。④物流企业应强化和规范快递人员派件服务管理,合理规划派件时间,确保自提柜派件时间确定性,提高顾客取件效率和取件时间合理性,减少顾客取件时间成本,从而提高顾客满意度。总之,物流企业在自提柜建设、选址和布设过程中要重点考虑物流派送效能与顾客满意度,尽量节约物流投资,科学配置自提柜,减少自提柜建设成本,合理空间布局自提柜,实现自提柜建设成本和运营成本最小化,合理安排配送时间和派件时间,为顾客提供安全便捷高效服务,最终实现物流派送效能与顾客满意度最大化。

最后,值得说明的是,本研究主要选取4个居民区共22个快递需求点进行自提柜选址及其空间优化研究,研究样本可能偏少,研究结论难免存在偏颇,后续研究中需要增加研究样本进一步解释和验证本研究结论,使之趋于科学合理并更具有理论性。此外,自提柜合理选址与空间优化是破解物流派送效能与顾客满意度最大化难题的重要钥匙,限于篇幅,本研究没有量化测度和探究物流派送效能与顾客满意度及其平衡问题,这有待进一步展开深入研究。

### 参考文献:

- [1]陈义友.基于顾客选择均衡的末端配送选址与定价问题研究[D].成都:西南交通大学,2018.
- [2]Iwan S,Kijewska K,Lenke J.Analysis of parcel lockers' efficiency as the last mile delivery solution:the results of the research in Poland[J].Transportation Research Procedia,2016,(12):644-655.
- [3]Savelsbergh M,Woensel T V.50th anniversary invited article city logistics:Challenges and opportunities [J].Transportation Science,2016,50(2):579-590.
- [4]Weltevreden J W J,Rotem Mindali O.Mobility effects of B2C and C2C e-commerce in the Netherlands:A quantitative assessment[J].Journal of Transport Geography,2009,17(2):83-92.
- [5]张戎,王镇豪.城市配送末端节点布局双层规划模型及算法[J].同济大学学报:自然科学版,2012,40(7):1035-1040.
- [6]杨朋珏,胡昊,王俊嘉,等.电子商务环境下城市配送末端网点选址模型研究[J].工业工程与管理,2014,19(1):35-40.
- [7]姚宇,杨晓芳.电子商务环境下自提网点布局的研究[J].物流技术与应用,2015(9):145-148.
- [8]肖卡飞,孙咏,王嵩,等.基于渐进服务半径的自提柜选址算法[J].计算机系统应用,2017,26(3):187-192.
- [9]陈义友,陈以衡.基于逐渐覆盖的自提点选址模型与算法研究[J].计算机应用研究,2016,33(8):2275-2277.
- [10]施书彪,黄有方,严伟.智能柜在校园快递配送中的应用研究[J].计算机仿真,2015,32(9):421-424.
- [11]Wu H,Shao D,Ng W.Locating self-collection points for last mile logistics using public transport data[M].New York:Springer International Publishing,2015.
- [12]周翔,许茂增,吕奇光.B2C模式下配送中心与末端节点的两阶段布局优化模型[J].计算机集成制造系统,2014,20(12):3140-3149.

- 
- [13]Kafle N,Zou B,Lin J.Design and modeling of a crowd sourceenabled system for urban parcel relay and delivery[J].Transportation Research Part B:Methodological,2017,99:62-82.
- [14]Wang Y,Zhang D,Liu Q,et al.Towards enhancing the last mile delivery:An effective crowd tasking model with scalable solutions[J].Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review,2016(6):279-293.
- [15]陈义友,张锦,陈以衡,等.基于顾客有限理性的自提点选址研究[J].工业工程与管理,2015,20(6):92-100.
- [16]周林,林云,王旭,等.网购城市配送多容量终端选址与多车型路径集成优化[J].计算机集成制造系统,2016,22(4):1139-1147.
- [17]Zhou L,Wang X,Ni L,et al.Location-routing problem with simultaneous home delivery and customer's pick up for city distribution of online shopping purchases[J].Sustainability,2016,8(8):1-20.
- [18]郑文升,金丽娟,姜玉培,等.中国C2C电子商铺与物流网点地区分布关系[J].经济地理,2016,36(3):83-90.
- [19]陈红丽,赵爽,杨海波,等.环首都流通圈物流供应链节点空间布局优化[J].经济地理,2020,40(7):115-123.
- [20]李佳儒,王玉珍.新零售背景下生鲜食品超市配送路径优化研究[J].邵阳学院学报:自然科学版,2019,16(3):27-35.
- [21]吕博文.网络环境下校园内联盟企业自提柜的选址研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2018.
- [22]张秋燕.关于智能快递自提柜的研究及应用分析——以亚马逊为例[J].科技广场,2014(10):141-145.
- [23]李镜璇,卢山.校园智能自提柜选址规划研究及应用[J].物流工程与管理,2018(1):74-77.
- [24]檀竹隔.快递自提柜投放选址问题研究[D].合肥:合肥工业大学,2016.
- [25]赵金楼.基于原本观的网络维力与管理变革研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2006.
- [26]王彩华,朱煜东.多目标优化的模糊解法中目标权重的处理方法[J].重庆大学学报:自然科学版,1992,15(6):92-97.
- [27]曹婧华,姜威,冉彦中,等.汽车制造业零部件配送中心选址模型建立与Lingo求解[J].物流技术,2012,31(15):272-274.
- [28]洪文,朱云鹃,金震,等.LINGO在运筹学实验教学中的应用[J].实验室研究与探索,2012,31(4):277-282.
- [29]王宗军.综合评价的方法、问题及其研究趋势[J].管理科学学报,1998(1):73-79.
- [30]陈衍泰,陈国宏,李美娟.综合评价方法分类及研究进展[J].管理科学学报,2004,7(2):69-79.