

文章编号:1005-0523(2019)05-0059-08

基于 K-means 的航空旅客空间行为模式研究

张天炫,包丹文,狄智玮,顾佳羽

(南京航空航天大学民航学院,江苏 南京 211100)

摘要:航站楼内旅客空间行为模式研究,对航站楼满足不同属性旅客需求、提升服务水平至关重要。研究采用 K-means 聚类算法,对南京禄口国际机场 T2 航站楼国内出发旅客的空间选择行为进行大致细分。将国内出发旅客的行为路径聚类为 5 种空间行为模式,并分析了旅客性别、年龄、收入等基本属性在这 5 种空间行为模式上的不同分布,说明机场航站楼商业设施对女性旅客的吸引力更强;中青年旅客容易在非职能区域发生停留行为进而引发消费活动;未在机场乘过机的旅客对航站楼各类商业设施有强烈的兴趣;收入水平与旅客对机场非职能区域的选择概率之间呈正相关关系。研究通过分析航空旅客空间行为模式差异,对南京禄口国际机场提升机场管理水平和空间布局优化都有一定的实用价值。

关键词:K-means 聚类算法;旅客行为;旅客细分;空间行为模式

中图分类号:U580

文献标志码:A

改革开放以来,我国国民经济快速增长、综合国力逐渐增强,民航业取得了长足的进展。由于航空出行在日常生活中的普及,机场这一交通枢纽的多功能化使得旅客不再满足于“办票—值机—安检—乘机”这一单一服务,如今在航站楼内,旅客可以进行购物、就餐、唱歌、按摩、摄影等各种丰富多彩的活动。机场朝着现代化、商业化的方向不断发展,针对需求各异的旅客,分析其空间行为模式,满足尽可能多旅客需求,提高服务质量及旅客满意度,增强旅客粘性至关重要。各个领域的学者对人在不同空间中的行为模式做了各类研究,涉及大范围空间的如张海洲对广交会商务旅游者空间行为模式的研究,他将其聚类为直游式、直游—往返式、直游—环游式和环游式这四大类^[1];冯娟将农村居民的空间行为模式归纳为三类:村域就业—居住、城镇就业—居住和迁移模式^[2];李俊峰将芜湖市失地农民就业空间行为模式分为外地—创业型、外地—就业型、本地—就业型和本地—创业型^[3];Lue, Crompton 和 Fesenmaie 将旅游者的旅行模式归纳为单一目的地式、营区基地式、往返式、区域环游式和完全环游式五种类型^[4];郎月华区分了观光式、休憩式和乘车式三种不同类型的旅游行为空间模式^[5];刘培学等将三清山游客的轨迹聚类为 7 种游览路径,说明不同游客群体的空间行为和路径选择存在较大差异^[6]。涉及小范围空间的如常健将休闲建筑中人的行为模式分为穿越行为、游览行为、自由行为和休憩行为这四种类型^[7];黄潇婷将香港海洋公园大陆游客的行为模式按空间聚类为覆盖型、山上型、场馆型和短时折返型^[8];McKercher 将旅游目的地内部旅客的空间行为模式总结为点对点式、环游式和发散式三种类型^[9-10];任小乐将广东省博物馆内的游客聚类为综合怀旧型、虚拟怀旧型和非怀旧型三种类型^[11]。

可见,研究重点主要集中于分析景区旅游者的空间行为模式及旅游者行为聚类等方面。而在不同范围,不同功能的空间环境中,对人的行为模式有着相应的适合空间特点的分类方式,同时,关于航站楼旅客空间行为模式的研究还处于起步阶段,相关研究几乎没有。本文通过数据调查,运用目前数据挖掘技术中较为简便高效且广泛使用的 K-means 算法对旅客在航站楼内的空间行为模式聚类,分析每一类旅客的特点和典型行为路径,为机场向旅客提供多样化、个性化的服务提供参考。

收稿日期:2019-01-14

基金项目:国家自然科学基金项目(51508274);南京航空航天大学研究生创新基地(实验室)开放基金(kfjj20180718)

作者简介:张天炫(1995—),女,硕士研究生,研究方向为交通运输规划与管理。

通讯作者:包丹文(1982—),男,讲师,博士,研究方向为交通系统优化。

1 数据采集及研究范围划分

本文所用的研究数据来自 2018 年对南京禄口国际机场 T2 航站楼国内出发旅客的问卷调查, 调查于 2018 年 4 月 18 日(星期三)和 4 月 21 日(星期六)这两天时间内开展, 调查共回收有效问卷 1 458 份, 得到 968 条涵盖控制区内、外的完整旅客行为路径。同时, 按照功能的不同, 将 T2 航站楼国内出发地段划分为 62 个区域, 包含 5 种类型的功能区域: 职能类、零售类、餐饮类、休息等候类、休闲娱乐类, 这五种类型的区域空间分布如图 1 所示。

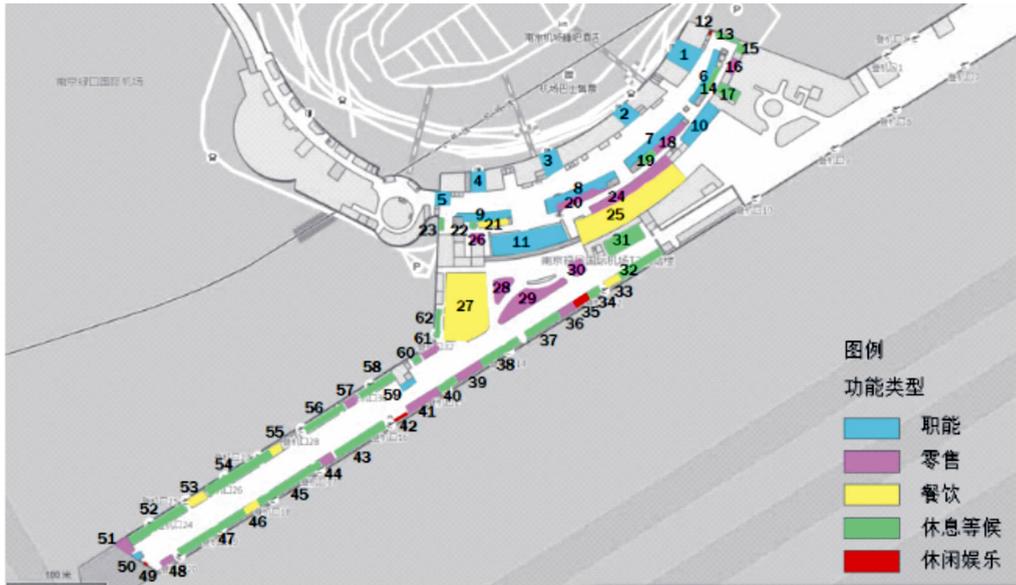


图 1 T2 航站楼国内出发地段 62 个区域分布及功能类型

Fig.1 Distribution and function types of 62 areas in the domestic departure area of T2

2 聚类模型构建

2.1 聚类要素

通过调查问卷的结果, 对南京禄口国际机场 T2 航站楼国内出发地段内旅客停留的区域, 包括入口、值机柜台、商铺等做了精细的记录, 将旅客在行进过程中任一有目的行动记为一次选择, 包括购物、休闲娱乐、餐饮等非航空性活动和值机、安检等强制性航空业务等。本文目的在于探究旅客空间行为模式, 为防不同特征之间相互干扰, 对聚类结果产生影响, 仅选择空间要素来描述旅客对功能区选择的差异, 不加入旅客基本属性, 行为路径时间等其他要素参加聚类。

旅客的空间行为即为对 62 个功能区的选择与否, 对每个旅客的行为路径进行转换。有选择的功能区对应记录为 1, 没有选择的功能区对应记录为 0。最终, 旅客的空间行为链转化为一条 0—1 数据链, 如图 2 所示。

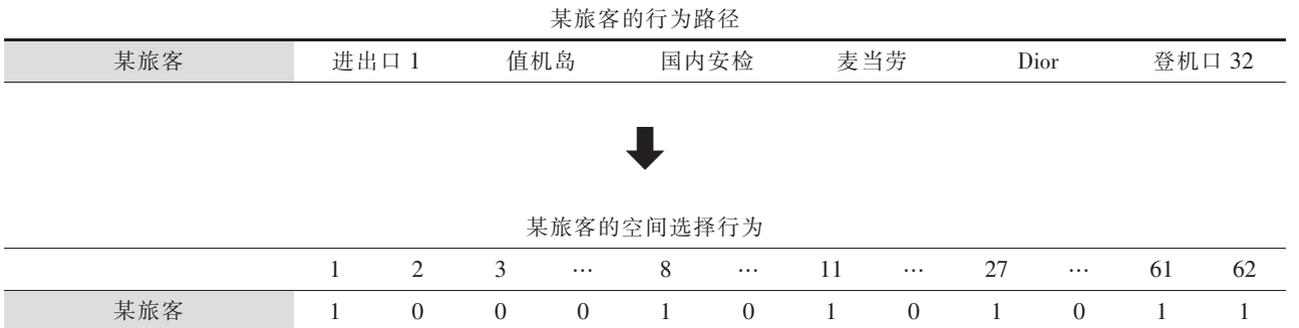


图 2 旅客行为路径与空间选择的转化

Fig.2 The transformation of passenger behavior path and space selection

2.2 K-means 聚类步骤

K-means 聚类的最终目标是使组内数据距离最小,同时组与组之间数据距离最大,是典型的基于距离的聚类算法,采用距离作为相似性的评价指标,两个样本的距离越近,其相似度就越大^[12]。

在一个给定的数据集 D 中含有 n 个数据对象,每个数据对象含有 d 个可描述属性,指定簇的数量为 k 个。采用划分的方法将数据集中的对象聚类到合适的簇 C_i, C_j, \dots, C_k 中,且每一个数据对象只属于一个簇,即 $1 \leq i, j \leq k, C_i \in D, C_i \cap C_j = \varnothing$, 本文模型具体算法步骤如下:

步骤一:从 n 个数据对象即旅客行为路径中任意选取 k 个对象作为初始聚类中心。

步骤二:分别计算每个对象到各个聚类中心的距离,见式(1),并将各对象分配到距离最近的簇中^[13]

$$P(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{s=1}^d (X_{is} - X_{js})^2} \tag{1}$$

式中: $P(X_i, X_j)$ 为对象 X_i 和 X_j 之间的相似度; X_i, X_j 为旅客选择行为; d 为旅客选择行为属性个数; X_{is}, X_{js} 为旅客选择行为的第 s 个属性值。

步骤三:在所有对象分配完成后,重新计算各簇的中心。

步骤四:将新得到的各聚类中心与之前的聚类中心比较,如果聚类中心不一致,则转至步骤二;如果前后两次聚类中心一致则转至步骤五。

步骤五:计算误差平方和测度函数,见式(2),如果测度函数收敛,则输出聚类结果

$$E = \sum_{l=1}^K \sum_{p \in c_l} \text{dist}(p, m_l)^2 \tag{2}$$

式中: E 为待聚类的数据集 D 中所有数据对象的距离平方和; p 为属于第 i 类的数据对象;簇 C_i 的中心为 m_i 。

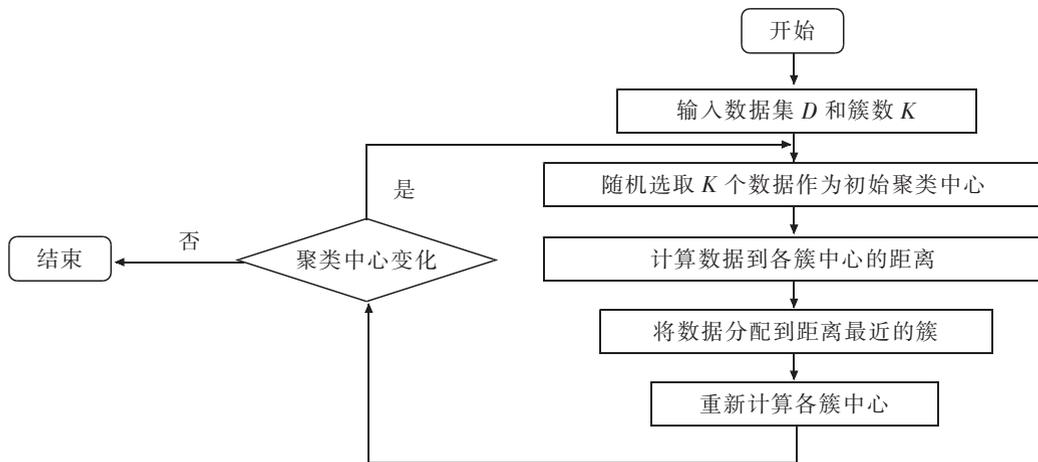


图 3 K-Means 聚类算法流程图

Fig.3 Flow chart of K-Means clustering algorithm

3 聚类结果

本文采用 SPSS17.0 软件所提供的 K-均值聚类分析 (K-means Cluster) 实现对旅客空间行为模式的聚类,参与聚类的变量为 62 个,标记的是每个旅客对 62 个区域的选择行为。同时聚类对象为能够到达研究范围内所有区域的 968 位完成离港全流程的国内出发旅客。

3.1 空间行为模式细分

利用 K-means 聚类方法,与实际问卷调查结果及航站楼国内出发地段空间布局进行对照,将旅客初始分为 6 个样本集,即 K 值取 6,使各簇样本量分布较为均衡。对 6 个样本集的 62 个指标分别进行聚类,聚类结果如表 1 所示。

表1 T2 航站楼国内出发地段旅客空间行为模式初始聚类结果 ($n=968$)Tab.1 Initial clustering results of passenger spatial behavior patterns in the domestic departure area of T2 ($n=968$)

| 区域 | 旅客空间行为模式聚类 | | | | | | 差异度 F | 显著性 sig |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| VAR00001 | 0 | 1.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.426 | 0.046 |
| VAR00002 | 0 | 0 | 1.000 | 0 | 0 | 0 | 23.833 | 0.003 |
| VAR00003 | 1.000 | 0 | 0 | 0 | 1.000 | 0 | 12.663 | 0 |
| VAR00004 | 0 | 1.000 | 0 | 0 | 0 | 1.000 | 13.711 | 0 |
| VAR00005 | 0 | 0 | 0 | 1.000 | 0 | 0 | 25.312 | 0 |
| VAR00006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.383 | 0.038 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| VAR00060 | 0 | 1.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30.426 | 0.019 |
| VAR00061 | 1.000 | 1.000 | 0 | 0 | 1.000 | 0 | 18.540 | 0.059 |
| VAR00062 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.000 | 15.435 | 0.012 |
| 样本量 | 77 | 154 | 107 | 415 | 31 | 184 | 总计 | 968 |

由初始聚类表可知,最终聚类中心1和中心5的数据对象相似且存在62个区域的 sig 值大于0.05的现象,说明初始聚类中心的选取存在误差,因此将相似样本集合并为一类,此时 K 值为5,再次运用SPSS软件对原始数据进行新的迭代计算,进行优化。

最终将旅客空间行为模式聚类为5种类型,如表2所示,此时62个区域的 sig 值均小于0.05,可以看出5种空间行为模式类型之间有显著差异,无法再次进行划分。

表2 T2 航站楼国内出发地段旅客空间行为模式优化聚类结果 ($n=968$)Tab.2 Optimized clustering results of passenger spatial behavior patterns in the domestic departure area of T2 ($n=968$)

| 区域 | 旅客空间行为模式聚类 | | | | | 差异度 F | 显著性 sig |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| VAR00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.066 | 0.035 |
| VAR00002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40.935 | 0.001 |
| VAR00003 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 37.540 | 0 |
| VAR00004 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 14.824 | 0.001 |
| VAR00005 | 1.000 | 0 | 1.000 | 1.000 | 0 | 28.895 | 0 |
| VAR00006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.689 | 0.022 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| VAR00059 | 0 | 1.000 | 0 | 1.000 | 0 | 34.110 | 0.003 |
| VAR00060 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.066 | 0 |
| VAR00061 | 0 | 0 | 1.000 | 0 | 0 | 27.623 | 0.003 |
| VAR00062 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.345 | 0.013 |
| 样本量 | 262 | 244 | 230 | 62 | 170 | 总计 | 968 |

1) 仅登机型旅客。仅登机型旅客总数占样本量的27.07%,其进入航站楼出发层之后,通常只完成必须的值机任务,产生非航空性活动的概率较低。同时,在完成安检进入国内出发控制区后,也偏向于直接在候机区开始长时间的等待登机过程,很少四处走动访问店铺,发生购物、餐饮等商业活动。仅登机型旅客空间行为模式中典型性旅客行为路径如图4所示,红色圆点代表旅客停留概率最高的十个区域。

2) 登机—餐饮型旅客。登机—餐饮型旅客总数占样本量的25.19%,其对餐饮区域的选择概率要高于其他类型的旅客,大部分旅客的餐饮活动集中发生在区域25和27(餐饮店铺最集中区域);同时,其对区域27的选择概率高于区域25,这是因为安检前的过程较为紧张,而安检后旅客心情放松下来,容易在候机、登机前

产生餐饮需求,即在餐饮类型最集中的区域 27 产生餐饮活动。登机—餐饮型旅客空间行为模式中典型性旅客行为路径如图 5 所示。

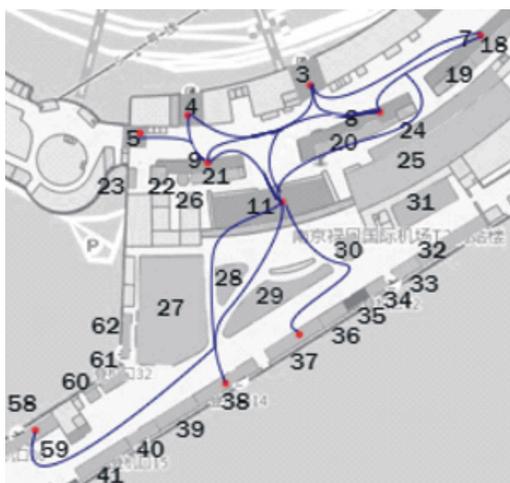


图 4 仅登机型代表性旅客行为路径图

Fig.4 Path map of boarding passenger behavior

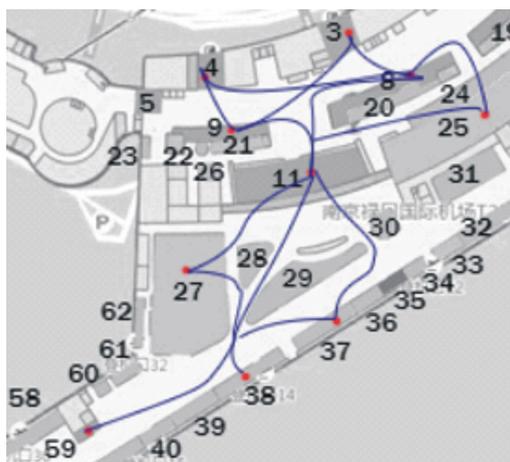


图 5 登机—餐饮型代表性旅客行为路径图

Fig.5 Path map of boarding-catering passenger behavior

3) 登机—购物型旅客。登机—购物型旅客总数占样本量的 23.82%(此类型中的购物并不指旅客在零售区发生了消费行为,而是指其在零售区发生了停留行为,有潜在的消费可能)。机场在国内出发地段设置了各种零售类店铺,以满足旅客的各种消费欲望。同时,零售类店铺大多设置在旅客的离港流程路线上,如区域 28 和 29,以吸引旅客驻足浏览,进而产生随机购物需求。登机—购物型旅客空间行为模式中典型性旅客行为路径如图 6 所示。

4) 登机—休闲娱乐型旅客。登机—休闲娱乐型旅客总数占样本量的 6.30%,其对控制区内休闲娱乐设施存在区域的选择概率高于其他四种类型的旅客。休闲娱乐设施一般设置在机场控制区内,主要分布在候机区附近,旅客容易发现并使用,但相较于香港国际机场和新加坡国际机场等先进机场而言,南京禄口国际机场提供的休闲娱乐设施较少,吸引的旅客有限,无法满足旅客多层次需求。登机—休闲娱乐型旅客旅客空间行为模式中典型性旅客行为路径如图 7 所示。

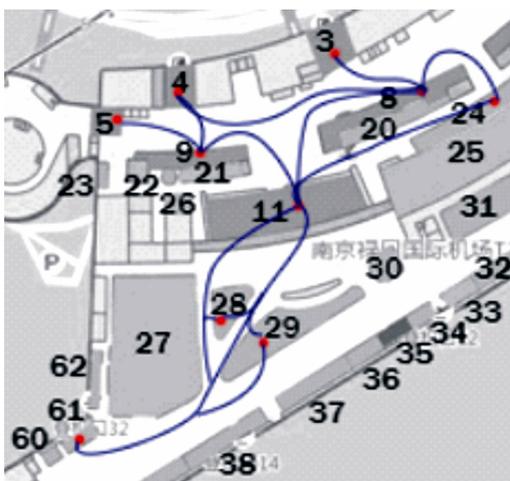


图 6 登机—购物型代表性旅客行为路径图

Fig.6 Path map of boarding-shopping passenger behavior

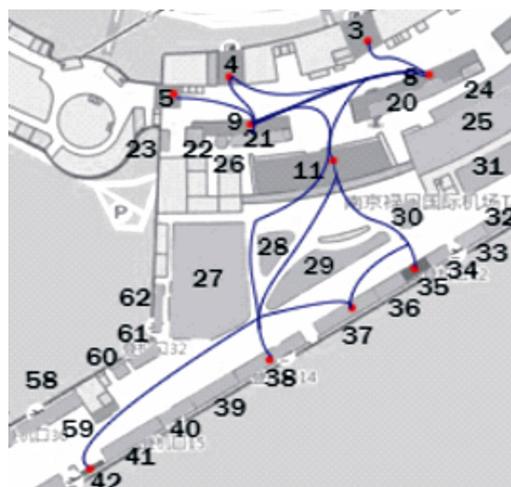


图 7 登机—休闲娱乐型代表性旅客行为路径图

Fig.7 Path map of boarding-leisure passenger behavior

5) 登机—餐饮—购物型旅客。登机—餐饮—购物型旅客总数占样本量的 17.62%,与登机—餐饮型和登机—购物型旅客不同的是,登机—餐饮—购物型旅客选择餐饮区和零售区的概率都比较高,其身上出现了

多种类型的消费动机,消费欲望和消费几率都很高;同时,其停留次数较多,在意登机走廊上的店铺,未必在任一店铺发生实质性购买行为,但店铺访问量的增多可能带来更多的旅客消费行为,有助于机场非航空性业务收入的增加。登机—餐饮—购物型旅客空间行为模式中典型性旅客行为路径如图8所示。

总体来看,航站楼内旅客的空间行为聚类结果与学者们对景区旅游者行为研究的成果存在较大差异:旅游者在景区内希望最大可能地遍历景点,而旅客在航站楼出发地段有一个特定的目的地——登机口。旅客在前往登机口的行走过程中,由于乘机时间的限制,势必不能访问特别多区域,因此趋向于在流线附近产生休闲、购物及餐饮活动,对偏离流线较远区域的选择概率较低。

旅客对控制区内休闲娱乐类区域、餐饮购物类区域的选择概率要高于控制区外。可能是因为控制区外旅客没有完成耗时较长的值机安检活动,担心时间不够宽裕,心理上较为紧张;而控制区内旅客,只需等待登机,心理上较为安逸,因此提高了对商店、餐饮的关注度。

旅客对职能区域的选择概率远远高于其他类型区域。南京禄口国际机场国内出发地段每天要接待大约4万名旅客,每一名旅客都需要在分布高度集中的值机及安检区域完成必须的流程活动,而娱乐、餐饮、购物区域相对分散,且考虑到时间、金钱、空间等因素,很多旅客放弃访问这些非职能区域。

旅客空间行为模式在一定程度上反映了航站楼的人流密度。虽然值机安检是旅客必须经历的流程活动,但是旅客多数选择从哪个出发口进入,哪个值机岛最繁忙,也能在聚类分析得出的空间行为模式结果上有所体现,从聚类结果可看出,出发口3和值机岛C的被选择概率最高,这也与调研过程中实际观测到的现象一致。

针对5种聚类结果分析,南京禄口国际机场应:①根据旅客活动流线合理分配各区域设施设备,对于流线附近即航站楼旅客出发过程中活动最为集中的区域,应多设置对于旅客而言附加价值较高的设施设备及商店,如洗手间、休闲娱乐设施及各类店铺;②增加控制区内休闲娱乐类区域和餐饮购物类区域的覆盖率,以满足旅客登机前的各类需求;③在保证职能区域显著指引标志的前提下,完善非职能区域功能和环境,引入于候机旅客而言较有吸引力的娱乐设施及商店,将潜在的旅客资源转化为效益;④控制人流密度较大区域内的设施设备面积,保证旅客通行过程不被阻挠,同时加强规范管理,以维持旅客出发地段的基本秩序。

3.2 空间行为模式与旅客基本属性分析

对5种旅客空间行为模式下旅客的重要基本属性分别进行统计,结果如表3所示。

仅登机型旅客中,男性旅客略多于女性旅客,表明机场航站楼总体商业设施对女性的吸引力更强,女性旅客更容易对商业店铺产生兴趣;同时机场商业设施对中青年旅客吸引力较强,而大部分老年旅客只利用了机场的交通功能,不关注商业设施。另外,仅登机型旅客中曾在南京禄口国际机场乘过机的旅客总数明显多于未在此乘过机的旅客总数,可能是因为未乘过机的旅客对各种商业设施有更强烈的兴趣和探索欲望;并且,在仅登机旅客中占比较多的是收入水平较低的群体,这种现象符合社会现实状况。

登机—餐饮型旅客中,男性旅客多于女性旅客,表明男性对航站楼餐饮的需求高于女性;同时中青年旅客对餐饮的需求也高于老年旅客。另外,航站楼的熟悉度水平对旅客的航站楼餐饮需求影响不大;并且,收入水平越高,越容易在机场产生餐饮消费。

登机—购物型旅客中,女性旅客在航站楼的购物欲望及消费需求都远远高于男性;同时青年旅客的购物需求也高于中老年旅客。另外,首次在南京禄口国际机场乘机的旅客在零售类店铺的停留概率要高于非

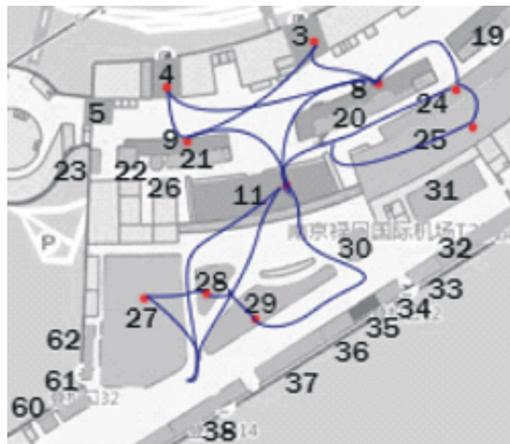


图8 登机—餐饮—购物型代表性旅客行为路径图
Fig.8 Path map of boarding-catering-shopping passenger behavior

第一次乘机的旅客;并且,在机场的购物需求也与收入呈正相关关系。

表3 样本分属性比例
Tab.3 Sample attribute ratio

| 聚类类型 | 性别 | | 年龄 | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 男性 | 女性 | 青年 | 中年 | 老年 |
| 1 | 56.32% | 43.68% | 23.87% | 35.74% | 40.39% |
| 2 | 57.74% | 42.26% | 38.82% | 40.32% | 20.86% |
| 3 | 31.19% | 68.81% | 59.20% | 31.55% | 9.25% |
| 4 | 51.24% | 48.76% | 65.23% | 34.77% | 0.00% |
| 5 | 30.44% | 69.56% | 66.39% | 30.16% | 3.45% |

| 聚类类型 | 是否第一次在此机场乘机 | | 月收入 | | |
|------|-------------|--------|-----------|----------------|------------|
| | 是 | 否 | < 5 000 元 | 5 000~10 000 元 | > 10 000 元 |
| 1 | 40.38% | 59.62% | 66.91% | 20.45% | 12.64% |
| 2 | 50.61% | 49.39% | 26.56% | 33.81% | 39.63% |
| 3 | 60.43% | 39.57% | 24.14% | 32.25% | 43.61% |
| 4 | 45.78% | 54.22% | 31.15% | 34.33% | 35.52% |
| 5 | 59.48% | 40.52% | 10.06% | 39.70% | 50.24% |

登机—休闲娱乐型旅客中,男性旅客和女性旅客在机场休闲娱乐方面的需求相差不大;同时,对休闲娱乐活动的选择概率,青年旅客高于中年旅客,且远远高于老年旅客。另外,航站楼的熟悉度水平对旅客的休闲娱乐活动选择影响不大;并且,收入水平对旅客的休闲娱乐活动选择影响也不显著。

登机—餐饮—购物型旅客中,女性旅客产生多种消费需求的概率高于男性旅客;同时,青年旅客也比中老年旅客更容易在各类功能区发生停留行为。另外,对南京禄口国际机场不熟悉的旅客反而会更多地在餐饮区及零售区停留徘徊;并且,对购物、餐饮的需求和收入水平呈正相关。

从以上空间行为模式中旅客基本属性的分布来看,针对不同属性旅客的行为模式,机场需要重视相应管理措施:①针对登机—餐饮型旅客,重视了解男性旅客的餐饮习惯,满足男性商务人士的饮食需求;②针对登机—购物型旅客,提高商品档次,巩固女性消费群体的同时兼顾高收入水平顾客。引入中老年用品店和本地特色店铺以吸引中老年旅客及首次在南京禄口国际机场乘机的旅客;③针对登机—休闲娱乐型旅客,保证娱乐设施年轻化时尚化满足青年旅客的同时扩展设施种类,设置部分放松养生类设施吸引中老年旅客;④针对登机—餐饮—购物型旅客,多设置于女性旅客及青年旅客效用较高的设施设备及商店,如化妆品店和潮牌店,迎合高消费概率旅客需求。

4 结论与展望

本文在借鉴国内关于空间行为模式及 K-means 聚类算法文献的基础上,划分了航站楼国内出发地段各功能类型区域,根据问卷调查进行数据分析,并利用 K-means 聚类算法对航空旅客的空间选择行为进行大致细分,将旅客空间行为模式分为仅登机型、登机—餐饮型、登机—购物型、登机—休闲娱乐型及登机—餐饮—购物型五大类,并分析了旅客基本属性(性别、年龄、收入、机场熟悉度)在这五类空间行为模式上的不同分布。实现了将聚类结果与航空旅客需求联系起来进行分析,对机场合理规划航站楼出发地段空间布局、针对不同类型旅客提供多样化服务提出了相应建议,同时将数学分析与实际应用更好地关联起来。

本文的研究中也存在一定的局限性。本次调查最终回收调查问卷 1 458 份,可用聚类调查问卷 968 份,已达到建立模型数据库的基本数量。但相比南京禄口国际机场每天庞大的航空出行旅客数量而言,调查比例较低,使整个研究结果和实际情况存在一定差异;因此最终 K-Means 聚类结果与现实情况间存在一定偏差。同时,本研究的聚类结果只适用于南京禄口国际机场,在运用到其他机场时,需要考虑现实情况的复杂性,根据实际情况划分航站楼各功能类型区域,选取适当的聚类要素进行聚合才能使结果准确有效,以提高机场整体服务水平。

参考文献:

- [1] 张海洲,朱其静,陆林,等. 广交会商务旅游者的空间行为模式与空间扩散[J]. 世界地理研究,2018(2):131-142.
- [2] 冯娟,乔花芳. 农村居民空间行为模式转换研究:以武汉市新洲区3个样本村为例[J]. 地域研究与开发,2015(1):144-149.
- [3] 李俊峰,甘伟,高凌宇. 失地农民就业空间特征及行为模式研究——以安徽省芜湖市为例[J]. 人文地理,2016(3):19-26.
- [4] LUE C,CROMPTON J L,FESENMAIE D R. Conceptualization of multi-destination pleasure trips [J]. Annals of Tourism Research, 1993,20(2):289-301.
- [5] 郎月华. 基于轨迹数据的景区旅游空间行为模式研究[D]. 石家庄:河北师范大学,2017.
- [6] 刘培学,廖茂林,张捷,等. 山岳型景区游客轨迹聚类与体验质量差异研究——以世界遗产地三清山为例[J]. 旅游学刊,2018(5):56-67.
- [7] 常健,肖平. 社会公益性休闲建筑中庭空间行为模式研究[J]. 华中建筑,2014(1):10-13.
- [8] 黄潇婷. 基于时空路径的旅游情感体验过程研究:以香港海洋公园为例[J]. 旅游学刊,2015(6):39-45.
- [9] LAU G,MCKERCHER B,TRIBE J. Understanding tourist movement patterns in a destination:A GIS approach[J]. Tourism & Hospitality Research,2006,7(1):39-49.
- [10] LEW A,MCKERCHER B. Modeling tourist movements:A local destination analysis[J]. Annals of Tourism Research,2006,33(2):403-423.
- [11] 任小乐. 基于怀旧理论的游客在景区内部的时空行为模式研究——以广东省博物馆为例[D]. 广州:华南理工大学,2016:31-51.
- [12] 林曼筠,赵现纲,皇甫大鹏,等. 基于主成分分析和改进 K-means 算法的极轨气象卫星数据处理软件分型研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2017(6):656-662.
- [13] 王纯杰,刘斌霞,陈嘉. 基于 SAS 软件的大学生考研数据统计分析[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版),2018(1):46-53.

Research on Air Spatial Behavior Patterns of Passengers Based on K-means

Zhang Tianxuan, Bao Danwen, Di Zhiwei, Gu Jiayu

(College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211100, China)

Abstract: The study of passenger spatial behavior patterns in the terminal building is essential for the terminal managers to meet the needs of passengers with different attributes and improve service levels. The research adopts the K-means clustering method to subdivide spatial selection behaviors of domestic departing passengers of Nanjing Lukou International Airport Terminal 2. In the process of segmenting passengers, it clusters behavioral paths of domestic departing passengers into five types of spatial behavior patterns and the different distributions of the basic attributes such as gender, age and income of passengers in these five types are analyzed. The research also shows that commercial facilities in terminals are more attractive to female passengers; young and middle-aged passengers are prone to stay in non-functional areas and engage in consumption activities; passengers who have not taken flights before have strong interest in various commercial facilities in terminals; and there is a positive correlation between income levels and passengers' choice probabilities of non-functional areas of terminals. Therefore, study on the differences in air passenger spatial behavior patterns has a practical value to improve the management level of Nanjing Lukou International Airport and optimize spatial layout.

Key words: K-means clustering method; passenger behavior; passenger segmentation; spatial behavior pattern