

基于模糊层次综合评价法的快递物流园区选址

康文庆

(集美大学航海学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 针对城市快递物流园区选址优化问题,从影响选址的主要因素入手,建立选址的综合评价指标体系,以层次分析法确立各层级评价指标的相对权重,运用多级模糊综合评价法构建城市快递物流园区选址的综合评估模型,并用实例验证该方法的科学性和合理性。

[关键词] 快递物流园区;选址;影响因素;评价指标体系;层次分析法;多级模糊综合评价

[中图分类号] U 115; F 224.33

Study on Site Selection of Express Logistics Parks Based on Fuzzy Hierarchy Comprehensive Evaluation

KANG Wenqing

(Navigation College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: This paper mainly focuses on providing an optimization model for site selection of urban express logistics parks. The comprehensive evaluation index system of site selection is established based on the analysis of its major influencing factor, and the relative weight of all level indexes is determined by the AHP method. The optimization model is formed by using multi-level fuzzy comprehensive evaluation method, then its scientificity and rationality are validated. Through empirical research.

Keywords: express logistics parks; site selection; influence factors; evaluation index system; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation

0 引言

城市快递业务迅猛增长,而与之配套的快递物流园区、快件处理中心等快递中转集散载体服务平台的建设却相对滞后,城市物流用地资源紧缺,已成为影响快递行业健康发展的主要问题之一。目前,国内外关于城市快递节点选址问题的研究多侧重二级中转场和三级社区服务网点的选址。Ying-feng Ji^[1]等以道路网络的实际情况为基础,建立区域快递分拨中心选址的优化模型,以FCM聚类算法进行求解;Yandong He^[2]等从企业经营角度出发,以共同配送中心满足快递物流共同配送需求的可持续发展为基础,围绕其选址提出了一种新的混合模糊多准则决策模型;李妮娜^[3]提出了从政府管理和社会福利最大化角度出发,构建以网络成本最小和合理服务半径内配送量最大的快递中转场双目标决策模型;王颖翀^[4],吴席^[5]分析了城市快递中转场的社会成本构成,建立了已知城市快递中转场备选点条件下基于社会成本的城市快递中转场选址模型,并采用遗传算法求解模型。然而从构建和

完善整个城市快递物流服务网络体系角度出发，对于城市快递网络转运枢纽的一级节点——快递物流园区选址问题的研究目前几乎是空白。因此，本文从有利于城市快递物流业可持续健康发展的角度出发，以建立和完善整个城市快递物流服务网络为立足点，着重剖析影响城市快递物流园区选址的影响因素，构建模糊层次综合评估选址模型，旨在实现城市快递物流园区选址的科学性和合理性，满足城市快递业务发展需求，提高城市物流用地资源的利用效率。

1 选址的影响因素与综合评价指标体系的建立

1.1 选址的影响因素

城市快递物流园区在城市快递物流网络中具有数量少、占地大、快件流量大等特点^[3]。作为城市快递物流网络的转运枢纽节点，其选址影响因素分析是否科学合理，将会影响到城市快递物流服务网络的效率和成本。

纵观当前城市经济社会的发展趋势以及快递行业的发展态势，影响城市快递物流园区选址的因素主要包括市场因素、交通因素、场地因素、政策性因素以及社会影响因素等5个方面。

1) 市场因素 城市下辖各行政区域的人口数量越多，居民人均可支配收入水平越高，快递物流需求越旺盛。而城市快递物流园区主要承担全市快递的分拨集散功能，应在既定的时间内满足全市人民对快递配送的需求。因此，城市人口的空间分布状况与居民收入水平是影响城市快递物流园区选址的重要因素之一^[3-4]。

此外，城市下辖的各行政区的总体经济发展水平与该区域的快递物流需求存在着一定的相关性。一般来说，经济发展较快、水平较高的行政区具有较大的快递市场潜力^[3-4]。尤其是区域商业经济的发展水平与该区域的快递物流需求息息相关，区域商业经济越繁荣，快递物流需求就越旺盛。

2) 交通区位因素 快递物流园区必须具有良好的交通区位条件，便于连接高速、机场、火车站和码头，从而实现“货畅其流”。因此，在城市快递物流园区选址过程中应重点考虑候选场地的地理位置是否紧靠城市综合交通枢纽，周边交通状况是否良好，是否具有良好的交通可达性，以及该区域未来综合交通体系的发展规划。

3) 场地因素 快递物流园区作为城市快递物流的转运集散枢纽，其占地面积一般较大，要求候选场地要有足够的土地资源来满足未来发展的需要。

其次，快递物流园区的选址应考虑开发建设成本，一般来说，园区地价越低，地形、地质条件以及建设条件（即园区征地拆迁、土地平整等工作是否已经完成，项目开工建设是否已经具备等）优越，园区的开发与运营成本就越低，越有利于吸引企业入驻，实现园区的成功运营。

4) 政策因素 快递物流园区本身是城市基础设施的重要组成部分，具有投入大、投资回报缓慢、本身效益低但综合效益高的特点。目前园区的开发模式主要是通过吸引快递企业资本进行园区的建设。为有效吸引快递企业参与快递物流园区的开发建设与运营，政府一般通过制定适宜的土地政策、税收政策和优惠的市政配套等相关扶持政策，降低入驻园区企业的建设成本与经营成本，增强企业的盈利能力，以促进园区的开发运营。因此，政府对候选场地快递物流行业的政策扶持力度是影响园区选址的一个重要因素。

此外，城市电子商务、批发、新零售、先进制造业等相关产业会产生大量的快递物流需求，其相关产业的发展规划会直接影响城市快递物流需求总量，以及快件在城市内部的具体流向和流量。因此，城市相关产业的发展规划也是影响快递物流园区选址的一个重要因素。

5) 社会影响因素 城市快递物流园区的开发建设及运营，必然会产生大量废水、废气、固体废弃物和噪声，给园区及周边道路系统带来大量的交通流，有可能会造成园区及周边道路系统交通拥堵，增加机动车尾气排放污染和噪音污染，会干扰园区周围居民的日常生活。因此，城市快递物流园区选址时应考虑尽量缓解对城市交通系统的压力、减轻对园区周边居民生活的干扰以及降低汽车尾气

排放、噪音污染等对城市生态环境的影响等社会因素。

1.2 选址综合评价指标体系的建立

根据城市快递物流园区选址的影响因素分析，城市快递物流园区选址的综合评价指标体系可由市场因素、交通区位因素、场地因素、政策因素和社会影响因素 5 个一级指标，19 个二级指标构成，如表 1 所示。

表 1 城市快递物流园区选址的综合评价指标体系

Tab.1 A comprehensive evaluation index system for site selection of express logistics park in cities

一级指标 First-class index	二级指标 Second-class index
市场因素 U_1 Market factors	各行政区人口数量 U_{11} Population of each district
	各行政区居民收入水平 U_{12} Resident's income level of each district
	各行政区总体经济发展情况 U_{13} Economic development level of each district
	各行政区商业经济发展水平 U_{14} Commercial economic development level of each district
交通区位因素 U_2 Transportation and location factors	周边交通状况 U_{21} Surrounding traffic condition
	交通可达性 U_{22} Transportation accessibility
	区域综合交通体系发展规划 U_{23} Regional integrated transportation development planning
	地理位置 U_{24} Geographical position
场地因素 U_3 Site factors	占地面积 U_{31} Site area
	地价水平 U_{32} Land price level
	建设条件 U_{33} Construction condition
	地形、地质条件 U_{34} Geographical condition
	公共设施配套状况 U_{35} Public facilities
政策因素 U_4 Policy factors	行政区的物流产业扶持政策 U_{41} Policy support for logistics industry
	城市相关产业发展规划 U_{42} Development planning of relative industries
社会影响因素 U_5 Social factors	对城市交通系统的影响 U_{51} The impact on urban transportation system
	对园区周边居民生活的影响 U_{52} The impact on resident's life
	对生态环境的影响 U_{53} The impact on ecological environment

2 选址模糊层次综合评价模型的构建

在城市快递物流园区选址规划过程中，本文采用定性与定量相结合的方法，根据城市快递物流园区选址的影响因素，以及所在城市物流产业发展情况，电子商务、先进制造业等与快递业关联产业发展情况，城市土地利用总体规划、综合交通体系规划等实际情况，初步筛选出符合要求的候选点，在此基础上以选址的综合指标体系为依托，并运用模糊层次综合法对各候选点进行综合评估和比较，得出最终的选址方案。

2.1 建立评价因素集和评语集

根据表 1，可建立评价因素集合：

$U_1 = \{ \text{人口数量 } U_{11}, \text{居民收入水平 } U_{12}, \text{总体经济发展情况 } U_{13}, \text{商业经济发展情况 } U_{14} \} ;$
 $U_2 = \{ \text{周边交通状况 } U_{21}, \text{交通可达性 } U_{22}, \text{城市综合交通体系发展规划 } U_{23}, \text{地理位置 } U_{24} \} ;$
 $U_3 = \{ \text{占地面积 } U_{31}, \text{地价水平 } U_{32}, \text{建设条件 } U_{33}, \text{地形、地质条件 } U_{34}, \text{公共设施配套情况 } U_{35} \} ;$
 $U_4 = \{ \text{物流产业扶持政策 } U_{41}, \text{城市相关产业发展规划 } U_{42} \} ;$
 $U_5 = \{ \text{对城市交通系统的影响 } U_{51}, \text{对周边居民区生活的影响 } U_{52}, \text{对生态环境的影响 } U_{53} \} 。$

根据城市快递物流园区选址的实际情况，可将评语集 V 划分为 5 个等级，如下所示：

$V = \{ V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 \} = \{ \text{很好, 较好, 一般, 差, 很差} \} 。$

2.2 层次分析法确定因素集指标权重

1) 建立各层次两两比较判断矩阵

两两比较判断矩阵表示针对上一层次某元素而言，本层次与之有关的各因素之间的相对重要性。在构建城市快递物流园区选址各层次两两比较判断矩阵时,为消除人为主观因素影响,应组建由企业、政府、高校、协会、咨询公司等相关行政企事业单位的行业精英所组成的专家组，根据1~9指数标度法的判断准则，采用德尔菲法对同层次元素之间进行两两比较，来确定判断矩阵的元素值 a_{ij} ，如针对目标层城市快递物流园区选址综合评价 U ，下层市场因素 U_1 、交通区位因素 U_2 、场地因素 U_3 、政策因素 U_4 以及社会性因素 U_5 ，这5个因素可构建 5×5 的判断矩阵，如图1所示。

U	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
U_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
U_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
U_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}
U_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}
U_5	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}

图1 矩阵形式图
Fig.1 Matrix chart

2) 层次单排序

用积乘法或方根法计算判断矩阵的权重，并进行归一化处理，得到各因素权重，然后对判断矩阵进行一致性检验，若一致性指标 $CR\leq 0.1$ ，说明所构建的判断矩阵是可行的，由判断矩阵计算得到因素权重是可行的。

2.3 评价指标隶属度的确定

在确定评价指标隶属度时，专家对各评价指标进行打分，然后对所得分数进行汇总和模糊化处理，得到各个因素对于各等级的隶属度，从而得到模糊关系矩阵。

2.4 多级模糊综合评价模型的建立

1) 一级模糊综合评价模型

城市快递物流园区选址一级模糊综合评判是将市场因素 U_1 、交通区位因素 U_2 、场地因素 U_3 、政策因素 U_4 以及社会性因素 U_5 5个指标因素进行综合评价。设 U_i 中的评价因素集为 $U_i = \{u_{i1}, \cdots, u_{ik}\}$ ，各评价因素权重集合为 $A_i = (a_{i1}, \cdots, a_{ik})$ ， R_i 为 U_i 到 V 的模糊关系矩阵，则得到各一级评价指标模糊综合评价结果 $B_i = A_i \circ R_i$ ，其中 \circ 为模糊算子符号。

2) 二级模糊综合评价模型

城市快递物流园区选址二级模糊综合评判是在一级模糊综合评价的基础上，对上述5个影响因素进行综合评价。设5个因素的相对权重为 $A = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5)$ ， $R = (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5)^T$ 为 U 到 V 的模糊关系矩阵，则二级评价指标模糊综合评价结果 $B = A \circ R$ 。

3) 反模糊化测算

为便于直观评价各个选址方案的优劣，可采用等级参数法对评语集 V 各级别进行定量化处理。设 $C = (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)^T$ 与评语集 $V = \{\text{很好, 较好, 一般, 差, 很差}\}$ 一一对应，将其与模糊综合评价结果 B 进行合成，可得最终评价结果为 $P = B \cdot C$ 。

3 实例分析

目前，厦门市已把快递物流园区建设纳入全市物流产业园区规划，正在推进园区的选址规划工作。根据城市快递物流园区选址的影响因素以及厦门市城市总体规划，综合交通运输体系的建设与发展，物流用地的空间布局规划等实际情况，可初步筛选出杏林前场、同安凤南两个候选场地。

3.1 计算城市快递物流园区选址评价指标体系的权重

根据城市快递物流园区选址综合评价指标体系，组建由来至相关企业、邮政管理局、集美大学等部门组成的专家组，依照1~9指数标度法的判断准则，采用德尔菲法构建上下层隶属关系的6个判断矩阵，具体如下图2所示。

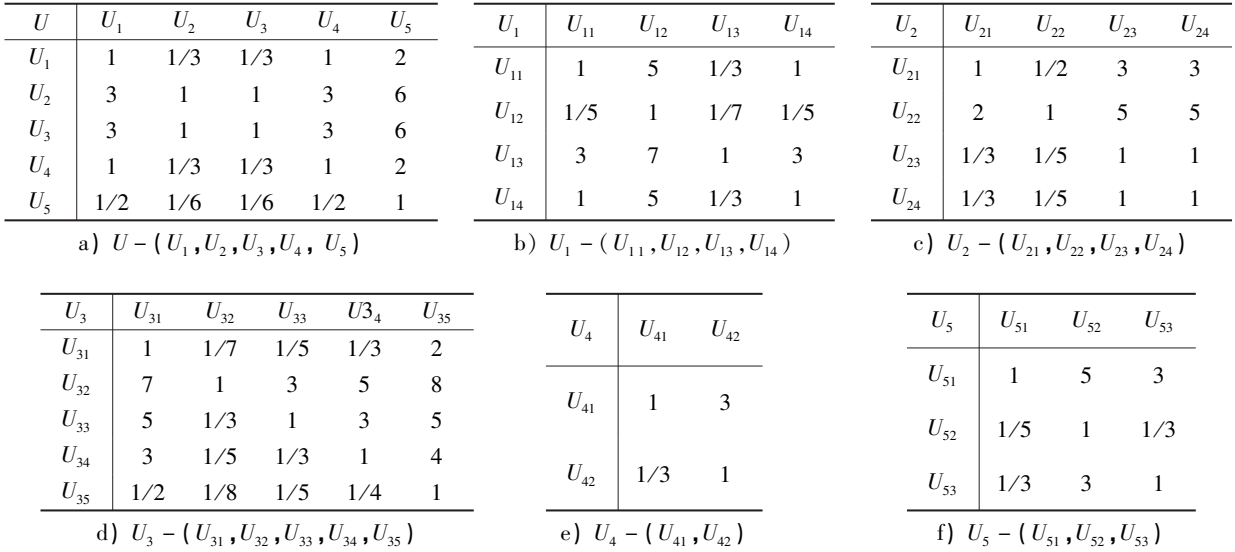


图 2 判断矩阵

Fig. 2 Judgment matrix

对上述 6 个判断矩阵采用方根法计算权重，并进行一致性检验，其结果如表 2 所示。

表 2 各矩阵相对权重及一致性检验指标值

Tab.2 Relative weight and consistency testing index of each matrix

名称 Name	U	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
相对权重 Relative weight	0.118	0.214	0.284	0.061	0.750	0.637
	0.353	0.052	0.518	0.514	0.250	0.105
	0.353	0.531	0.099	0.255		0.258
	0.118	0.214	0.099	0.128		
	0.059			0.042		
最大特征根 Maximum eigenvalue λ_{\max}	5.000	4.073	4.004	5.195	2.000	3.039
CR	0.000	0.027	0.002	0.043	0.000	0.033

从表 2 中可以看出，上述 6 个判断矩阵的一致性 CR 都小于 0.1，都通过一致性检验，说明所构造的判断矩阵是可行的，由判断矩阵计算的权重是可行的。

3.2 确定评价指标的隶属度

在确定厦门市快递物流园区选址评价指标隶属度时，由 30 位专家对各评价指标进行打分，具体打分情况表 3。

表 3 厦门市快递物流园区选址评价指标专家打分统计

Tab.3 Experts' scoring statistics for evaluation index of site selection of Xiamen express logistics parks

指标 Index	前场 Qianchang					凤南 Fengnan				
	很好 Very good	较好 Good	一般 General	差 Bad	很差 Very bad	很好 Very good	较好 Good	一般 General	差 Bad	很差 Very bad
U_1	U_{11}	26	4	0	0	5	10	15	0	0
	U_{12}	5	25	0	0	5	23	2		
	U_{13}	0	25	5	0	0	20	10	0	0
	U_{14}	10	20	0	0	5	17	8	0	0

续表

指标 Index		前场 Qianchang					凤南 Fengnan				
		很好	较好	一般	差	很差	很好	较好	一般	差	很差
		Very good	Good	General	Bad	Very bad	Very good	Good	General	Bad	Very bad
U ₂	U ₂₁	10	20	0	0	0	12	18	0	0	0
	U ₂₂	25	5	0	0	0	20	5	5	0	0
	U ₂₃	15	10	5	0	0	10	15	5	0	0
	U ₂₄	20	10	0	0	0	5	15	5	5	0
U ₃	U ₃₁	5	10	10	5	0	10	10	10	0	0
	U ₃₂	5	10	15	0	0	7	15	8	0	0
	U ₃₃	15	15	0	0	0	0	15	15	0	0
	U ₃₄	10	20	0	0	0	15	15	0	0	0
	U ₃₅	10	15	5	0	0	0	10	15	5	0
U ₄	U ₄₁	5	15	10	0	0	5	12	13	0	0
	U ₄₂	5	20	5	0	0	0	15	15	0	0
U ₅	U ₅₁	15	10	5	0	0	12	16	2	0	0
	U ₅₂	5	10	10	5	0	8	10	6	6	0
	U ₅₃	5	15	10	0	0	5	10	15	0	0

3.3 一级模糊综合评价

1) 对杏林前场进行一级模糊评价

对市场因素 U₁ 的评价为：

$$B_1 = A_1 \circ R_1 = (0.214, 0.052, 0.351, 0.241) \circ \begin{bmatrix} 13/15 & 2/15 & 0 & 0 & 0 \\ 1/6 & 5/6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5/6 & 1/6 & 0 & 0 \\ 1/3 & 2/3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} =$$
$$(0.263, 0.650, 0.088, 0, 0)。$$

同理可分别对交通区位因素 U₂、场地因素 U₃、政策因素 U₄ 以及社会影响因素 U₅ 进行评价，结果为：

$$B_2 = (0.642, 0.341, 0.017, 0, 0)；$$
$$B_3 = (0.280, 0.425, 0.284, 0.010, 0)；$$
$$B_4 = (0.167, 0.625, 0.208, 0, 0)；$$
$$B_5 = (0.379, 0.376, 0.227, 0.017, 0)。$$

2) 对同安凤南进行一级模糊评价

同理，同安凤南 5 个因素的一级模糊评价分别为：

$$B_1 = (0.079, 0.580, 0.341, 0, 0)；$$
$$B_2 = (0.508, 0.356, 0.119, 0.017, 0)；$$
$$B_3 = (0.204, 0.483, 0.306, 0.007, 0)；$$
$$B_4 = (0.042, 0.475, 0.483, 0, 0)，$$
$$B_5 = (0.362, 0.461, 0.193, 0.021, 0)。$$

3.4 多级模糊综合评价

1) 对杏林前场进行多级模糊评价

$$B_{\text{前场}} = A \circ R_{\text{前场}} = (0.118, 0.353, 0.353, 0.118, 0.059) \circ \begin{bmatrix} 0.263 & 0.650 & 0.088 & 0 & 0 \\ 0.642 & 0.341 & 0.017 & 0 & 0 \\ 0.280 & 0.425 & 0.284 & 0.01 & 0 \\ 0.167 & 0.625 & 0.208 & 0 & 0 \\ 0.379 & 0.376 & 0.227 & 0.017 & 0 \end{bmatrix} =$$

(0.398, 0.443, 0.154, 0.005, 0)。

通过咨询专家组的意见, 评价等级参数向量设为 $C = (100, 80, 60, 40, 20)^T$, 则对杏林前场综合评价得分为

$$P_{\text{前场}} = B_{\text{前场}} \cdot C = (0.398, 0.443, 0.154, 0.005, 0) \cdot (100, 80, 60, 40, 20)^T = 84.680。$$

2) 对同安凤南进行多级模糊评价

同理可得: $B_{\text{凤南}} = (0.286, 0.446, 0.285, 0.010, 0)$;

$$P_{\text{凤南}} = B_{\text{凤南}} \cdot C = (0.286, 0.446, 0.285, 0.010, 0) \cdot (100, 80, 60, 40, 20)^T = 80.178。$$

通过上述分析, 在市场、交通区位、政策因素方面杏林前场候选点略优于同安凤南, 而在场地、社会影响因素方面稍差于同安凤南。总体而言, 杏林前场整体上略优于同安凤南, 建议厦门市快递物流园区的选址应优先考虑杏林前场。

4 结束语

本文从剖析影响城市快递物流园区选址的主要因素和建立选址的综合评价指标体系入手, 采用层次分析法, 确立各层级评价指标的相对权重, 运用多级模糊综合评价法对城市快递物流园区候选点进行综合评估, 得出最终选址方案, 以期对城市科学建设快递物流园区等快递载体平台提供有价值的参考。

[参 考 文 献]

- [1] YINGFENG JI, HUALONG YANG, YAN ZHANG, et al. Location optimization model of regional express distribution center [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 96: 1008-1013.
- [2] YANDONG HE, XU WANG, YUN LIN, et al. Sustainable decision making for joint distribution center location choice [J]. Transportation Research Part D, 2017, 55: 202-216.
- [3] 李妮娜. 基于地理中心论的城市快递服务网点选址研究——以北京市为例 [D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [4] 王颖翀. 基于社会成本的城市快递中转场选址规划研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [5] 吴席. 电子商务环境下快递物流网络选址研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [6] 彭南林. 基于模糊层次综合评价法的重庆塑料颗粒分拨中心选址研究 [D]. 重庆: 重庆理工大学, 2016.
- [7] 李亚茹, 张庆年. 物流中心选址规划方案评价方法 [J]. 公路交通科技, 2010, 27(2): 143-146.
- [8] 吴启兵, 刘德祖, 赵云胜. 基于模糊层次综合评价法的炼铁厂评价模型及应用研究 [J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(10): 136-140.
- [9] 谭跃进, 陈英武, 易进先. 系统工程原理 [M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999: 66-69.
- [10] JIANXUN TANG, LINXIN TANG. Solution method for the location planning problem of logistics park with variable capacity [J]. Computers & Operations Research, 2013, 40(1): 406-417.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 周云龙)