



基于轴辐理论的群岛海运物流网络 构建及节点选择*

佟士祺, 张 晋

(大连海事大学 交通运输管理学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 为了有效提升群岛海运物流运营效益, 提出了一种以轴辐式网络为基础的3级海运物流网络模型; 运用主成分分析法, 选取对海运影响较大的7项指标, 利用各岛屿的得分辅助划分群岛海运物流节点的等级; 以我国南方某群岛为背景, 应用该指标体系确定各岛屿的得分排序, 构建了该群岛区域的3级轴辐式海运物流网络。结果表明: 三级轴辐式群岛海运物流网络可以提升群岛海运物流的规模效益、节约物流成本; 相应指标体系能够有效划分群岛海运物流网络的节点等级, 为群岛海运物流网络的布局规划提供参考。

关键词: 轴辐理论; 群岛; 物流网络

中图分类号: F 511.31

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)03-0068-06

Archipelago shipping logistics network construction and nodes selection based on hub-spoke theory

TONG Shi-qi, ZHANG Jin

(School of Transportation Management, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: To promote the efficiency of the archipelago shipping logistics network, a three-level model based on the hub-spoke network is put forward. Seven indices, which are analyzed by principal component analysis method, are selected to determine the level of logistics nodes in shipping logistics network. With an archipelago in the south of China as applying background, the index system is used to determine the ranking of the islands and the three-level shipping logistics network is constructed. The result shows that: the three-level shipping logistics network can promote the scale benefit and save the logistics cost; the islands in archipelago can be divided into three levels by the index system to assist the layout planning of archipelago shipping logistics network.

Key words: hub-spoke theory; archipelago; logistics network

随着我国群岛海洋经济活动规模的不断增长, 如何建立海运物流网络已逐渐进入政府的议事日程。建立群岛海运物流网络的主要困难在于: 群岛中各岛屿位置相对分散, 岛屿自身的物流需求规模较小, 难以形成可支撑港口、航线等物流要素正常运营所必须的规模效益。在这一现实背景下, 如何对港口、航线进行合理布局, 有效化解群岛海运物流供需之间的矛盾, 切实提升

群岛区域的物流供应能力与经济效益, 已成为亟待解决的重要问题。

研究发现, 轴辐式海运物流网络可以在显著降低海运建设成本的基础上提升群岛海运物流的规模效益, 是解决这一矛盾较为有效的手段。目前, 国内外学者关于轴辐式区域物流网络研究取得了较多的研究成果: 舒辉^[1]选出7个区域物流发展模式的影响要素, 并对其进行了层次结构分

收稿日期: 2013-09-29

*基金项目: 国家自然科学基金项目(71372087)

作者简介: 佟士祺(1977—), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为物流工程与管理。

析; 海峰等^[2]构建了一种区域物流轴辐式网络模型, 并运用主成分分析法, 通过得分排名确定出节点等级; 刘明菲等^[3]探讨了定位区域物流中心城市的评价方法; 李朝洪等^[4]以10个物流节点城市为例, 从5个层面构建了区域物流发展水平的综合评价指标; 吕韬等^[5]基于轴辐理论初步建立了泰州市物流网络等等。现有研究主要以经济发达、交通便利的陆上区域为研究对象, 开展物流网络的系统结构、运行机制及发展策略等方面的探讨, 相关成果对轴辐式群岛物流网络构建及选址研究有着明显的借鉴作用。但是, 由于群岛区域在自然地理特征和技术经济条件方面与陆上区域存在明显差别, 上述成果很难直接应用于群岛海运物流网络的规划布局问题。为此, 本文结合群岛海运物流的实际特征, 提出了轴辐式群岛3级海运物流网络模型, 运用主成分分析设计了3级海运物流网络的节点选择方法, 并以我国南方某群岛为应用背景开展实证研究, 为群岛海运物流网络的构建与优化提供了方法指导。

1 群岛3级海运物流网络模型

1.1 群岛海运物流网络的要素与结构

1) 群岛物流网络要素。群岛物流网络主要包含如下要素: ①陆上核心物流节点。这类节点主要为位于大陆上的中心补给港口, 是群岛海运物流的陆上集散地, 承担着一个或多个群岛区域的物流集散和中转分拨任务。②群岛中转分拨节点。这类节点为某一群岛中土地面积较大, 物流功能较为完备的群岛中心岛屿上的港口。这类港口一般是该群岛的物流中转中心, 承担着对周边较小岛屿的物流集散和中转分拨任务。③群岛终端物流节点。这类节点是群岛物流位于岛屿一侧的始端和终端, 主要承担该岛自身的物流供应任务。④群岛海运航线。一般情况下, 陆上核心物流节点、群岛中转分拨节点和群岛终端节点之间由海运航线相连接, 承担陆岛之间、岛岛之间的海上运输任务。

2) 群岛物流网络节点间的货物运输方式。群岛海运物流网络的节点与节点之间主要通过海运航线进行货物运输, 主要的运输方式包括如下

两类: ①直航方式(图1a))。这类运输方式以陆上核心物流节点为始端(或终点), 以岛屿为运输的终端(始端), 利用一次船舶海运完成货物的运输, 货物在运输过程中不经过其他节点中转。②中转方式(图1b)), 这种方式以某一个或多个群岛中转分拨节点完成陆岛之间的运输活动, 期间至少经过两次以上不同船舶海运完成货物运输。



注：“□”为陆上核心物流节点，“○”为群岛中转分拨节点，“△”为群岛终端物流节点，“↔”为物流节点间的航线。

图1 群岛海运物流网络的货物运输方式

1.2 3级轴辐式群岛海运物流网络模型

根据节点构成类型及其货物运输方式, 本文应用轴辐理论, 提出一种3级轴辐式群岛海运物流网络模型, 见图2。模型中的物流网络节点被划分为3级: I级节点为陆上核心物流节点; II级节点为群岛中转分拨节点; III级节点为群岛终端物流节点。节点与节点之间通过海运航线相连。可以看出, 图2所示的轴辐式物流网络模型所反映的是一个点-轴结构形式的3级物流网络结构。该结构最主要的特点是: 以群岛中的大型岛屿为中转节点, 将大陆与群岛区域所有岛屿之间有效联系起来, 形成了以中转分拨为主体的群岛海运物流运作模式。实际上, 轴辐式群岛海运物流网络结构是在自然资源、地理条件、需求分布的综合作用下, 群岛海运物流自身演化发展的结果。

3级轴辐式群岛海运物流网络的特点主要体现在如下几个方面: ①提升了物流网络的规模效益。陆上核心物流节点与群岛中转分拨节点之间的运输产生了规模效应, 提高I级节点与II级节点之间的海运船只满载率, 避免了单个岛屿物流总量较少而造成的空载。②节约了物流网络的建设成本。轴辐式海运物流网络可有效地整合仓储、运输等方面的物流需求, 节约了港口、船舶等基础设施和设备的建设投资。③降低了海运物流网络的运营成本。尽管轴辐式海运物流网络增加了中转节点上的装卸及仓储成本, 但由于规模效益(大型船只、规模化

物流中心的运营成本优势等)的存在,轴辐式网络的物流成本优势明显。

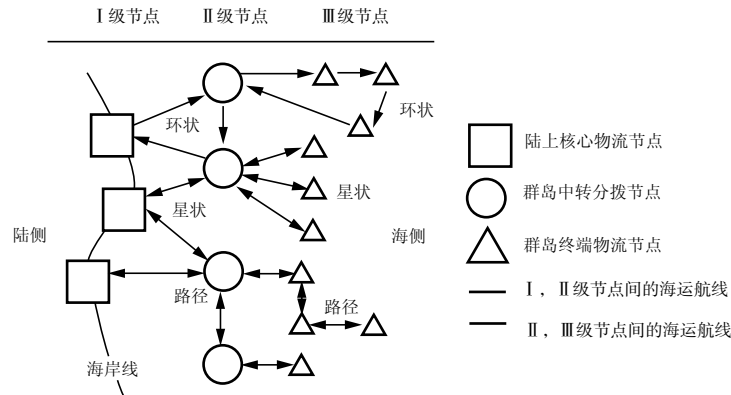


图2 3级轴辐式群岛海运物流网络模型

2 3级轴辐式群岛海运物流网络节点的选择

2.1 选择思路与计算方法

对于轴辐式物流网络而言,科学选取物流节点是整个网络构建的关键。对于群岛海运物流网络,陆上节点物资丰富、基础设施和配套设施完整,毫无疑问是I级物流节点。因此,对于群岛区域内各岛屿II,III级节点的划分便成为3级轴辐式海运物流网络节点选择的重点。为了在科学衡量岛屿物流节点能力的基础上合理划分等级,有必要设计一个合理有效的评分体系,考虑如资源储量、岛屿面积、可靠泊船舶吨位数等诸多因素对各岛屿进行评估,并根据评估结果来划分岛屿的等级,保证整个群岛海运物流网络的经济性、合理性和科学性。

由于群岛海运物流网络节点选择中涉及因素较多、计算较为复杂,因此本文运用主成分分析法来进行简化降维。它的原理是设法将原来众多具有一定相关性的原始指标,重新组合成一组新的互相无关的综合指标。虽然综合指标并不能直接观测到,但是这些综合指标之间互不相关,并且能尽量多地反映原有指标的信息。同时,要求主成分变量所包含的指标信息量占原始指标信息量的80%以上。这就是主成分分析法的主要思想,也是利用它进行分析和评价的主要手段。

2.2 指标体系构建

从群岛物流的特征出发,影响II,III级节点选择的因素主要可划分为岛屿自然地理条件和岛屿海洋经济条件两类。本文针对上述两类因素构建了群岛海运节点物流能力的指标体系(图3)。

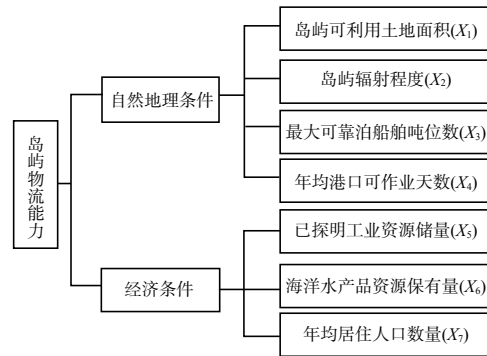


图3 岛屿物流能力评价体系

1) 岛屿自然地理条件。

岛屿自然地理条件是影响岛屿物流供给能力的重要因素,主要包括岛屿的土地资源、岸线水深条件、波浪掩护条件、气候条件、陆岛间的距离和岛岛之间的距离等。其中,土地资源反映了岛屿可构建物流中心的规模大小,可转化为可利用土地面积进行度量,记为 X_1 ;陆岛之间的距离和岛岛之间的距离反映了岛屿在物流网络中的辐射能力,可用岛屿辐射程度进行度量,记作 X_2 ;岸线水深条件、波浪掩护条件等反映了该岛屿的船舶靠泊及作业能力,可统一转化为最大可靠泊船舶吨位数进行度量,记作 X_3 ;气候条件反映了该岛屿适宜进行港口作业的程度,可用年均港口可作业天数来度量,记作 X_4 。

2) 岛屿海洋经济条件。

岛屿海洋经济条件是影响岛屿物流需求能力的重要因素,主要包括岛屿及其周边附近海域的人口规模、海洋水产品资源、油气资源、矿藏资源等。其中,油气资源、矿藏资源等反映了该岛

屿周边附近海域未来可能形成的工业开发规模, 可用以探明工业资源储量来度量, 记作 X_5 ; 海洋水产品资源反映了该岛屿区域未来可能达到的海产品生产规模, 可用海洋水产品资源保有量作为度量, 记作 X_6 ; 人口规模能够直接反映岛屿自身在群岛经济体系中的地位及开发程度, 可用岛屿年平均居住人口数量来度量, 记作 X_7 。

3 案例研究——我国南方某群岛海运物流网络的构建

3.1 群岛简介

现以我国南方某群岛为例, 对3级轴辐式海运物流网络模型及节点选择方法进行验证。该群岛有 D_1, D_2, \dots, D_{10} 共10个岛屿。群岛中各个岛屿的评价指标数据见表1。

表1 某群岛中岛屿的评价指标数据

岛屿	面积/ km^2	辐射程度	可靠泊船舶吨位/t	可作业天数/d	工业资源储量/万t	水产品资源保有量/万t	人口数量
D_1	2.1	1/4 362	5 000	308	151.3	565.7	1 200
D_2	0.5	1/5 628	1 000	275	155.6	612.3	200
D_3	1.5	1/5 576	1 200	224	287.3	724.5	150
D_4	0.714	1/6 625	1 000	261	367.5	411.3	100
D_5	0.36	1/6 689	200	242	142.3	325.6	120
D_6	0.4	1/5 387	300	267	124.1	432.2	100
D_7	1.5	1/6 122	5 000	256	113.7	365.6	300
D_8	0.16	1/5 032	100	287	104.5	366.7	50
D_9	0.46	1/4 977	300	234	208.8	512.2	100
D_{10}	150	1/37 675	300	176	100.0	1200	100

3.2 计算过程

1) 数据标准化。

由于选取的各指标的单位量纲不一, 所以在计算前应先对原始数据进行标准化处理, 以便消除量纲的影响。原始数据的标准化方法如下:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p) \quad (1)$$

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (2)$$

$$S_j = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

标准化后的数据见表2。

表2 标准化处理后的数据

岛屿	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
D_1	-0.29	1.15	1.86	2.79	1.50	-0.27	0.05
D_2	-0.32	0.21	-0.23	-0.12	0.60	-0.23	0.23
D_3	-0.30	0.24	-0.13	-0.27	-0.79	1.27	0.66
D_4	-0.32	-0.28	-0.23	-0.41	0.22	2.18	-0.54
D_5	-0.33	-0.31	-0.65	-0.35	-0.30	-0.38	-0.87
D_6	-0.33	0.34	-0.60	-0.41	0.38	-0.58	-0.46
D_7	-0.30	-0.05	1.86	0.17	0.08	-0.70	-0.71
D_8	-0.33	0.59	-0.70	-0.56	0.92	-0.81	-0.71
D_9	-0.32	0.63	-0.60	-0.41	-0.52	0.39	-0.15
D_{10}	2.85	-2.55	-0.60	-0.41	-2.09	-0.86	2.49

2) 数据检验。

主成分分析的检验采用KMO检验, 一般认为KMO值越接近1越适合使用主成分分析法进行处

理, 低于0.5则不太适合使用主成分分析法。由检验数据(表3)可以看出, 各变量具有较强的相关性。KMO统计量为0.559, 说明各变量之间的信息

重叠程度较高，采用主成分分析是可行的。

表3 Bartlett检验

近似卡方	df	Sig.
42.15	21	0.004

3) 主成分提取。

运用主成分分析对数据进行提取，结果见表4。

表4 主成分提取

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	3.68	52.55	52.55	3.68	52.55	52.55	3.28	46.82	46.82
2	1.73	24.74	77.29	1.73	24.77	77.29	2.00	28.57	75.39
3	0.92	13.20	90.48	0.92	13.20	90.48	1.06	15.10	90.48
4	0.38	5.37	95.85						
5	0.18	2.63	98.48						
6	0.09	1.22	99.70						
7	0.02	0.30	100.00						

4) 主成分分析。

表5为主成分载荷矩阵，用表5中的数据除以主成分相对应的特征值开平方根便得到3个主成分中每个指标所对应的系数。

表5 主成分载荷矩阵

X	主成分1	主成分2	主成分3
X ₁	-0.90	0.39	-0.017
X ₂	0.93	-0.12	-0.017
X ₃	0.50	0.73	0.220
X ₄	0.91	0.10	-0.160
X ₅	0.12	-0.48	0.860
X ₆	-0.81	0.41	0.230
X ₇	0.51	0.79	0.230

可以看出，表4中前3个主成分的特征值均接近或大于1，且累计贡献率达到了90%，因此本文选取3个主成分对数据进行主成分分析。根据表4中各个主成分的特征值可得到各主成分的权重，主成分的权重越高，说明其对岛屿物流能力解释的贡献率越大。

根据上面的因子载荷系数 α_{ij} 与主成分系数 μ_{ij} 之间的关系，可推算出主成分系数矩阵（表6）。

表6 主成分系数矩阵

X	主成分1	主成分2	主成分3
X ₁	-0.47	0.30	-0.02
X ₂	0.49	-0.09	-0.02
X ₃	0.26	0.55	0.23
X ₄	0.48	0.07	-0.16
X ₅	0.06	-0.37	0.90
X ₆	-0.42	0.31	0.24
X ₇	0.26	0.60	0.24

最后，计算每个岛屿的综合得分F，以每个主成分的特征值占所选取的3个主成分总的特征值之和的比例作为权重，可以得到公式：

$$F = -0.19373X_1 + 0.25541X_2 + 0.33596X_3 + 0.27306X_4 + 0.06739X_5 - 0.12284X_6 + 0.35114X_7 \quad (4)$$

通过式（4）得到各岛屿的综合得分及排名(表7)。

表7 各岛屿综合得分排名

岛屿	综合得分	排名	岛屿	综合得分	排名
D ₁	2.34	1	D ₆	-0.07	6
D ₂	0.12	3	D ₇	0.79	2
D ₃	-0.22	8	D ₈	0.07	4
D ₄	0.04	5	D ₉	-0.21	7
D ₅	-0.36	9	D ₁₀	-2.48	10

3.3 物流网络构建

由表7可以看出, D_1, D_2 和 D_7 的综合物流能力明显高于其他岛屿。其中, D_1 岛得分也远远高于其他各个岛屿, 无论从经济发展现状还是自然地理条件考虑, 都应作为群岛物流网络的核心节点; D_7 岛得分排名第2, 距离路上补给港口的距离较近, 岛屿面积较大, 且能停泊大型的船舶, 在各岛屿之间起到了交通枢纽以及仓储中心的作用; D_2 岛综合排名第3, 靠近陆上补给港口, 地理条件比较优越, 具有较为丰富的渔业资源, 岛上居住人口较多, 物流需求能力和供给能力潜力较大。根据以上分析, 结合群岛区域的实际情况初步建立了该群岛的3级轴辐式海运物流网络(图4)。图4中, 陆上港口 A, B 作为I级节点, 岛屿 D_1, D_2, D_7 为II级节点; 其余各岛屿为III级物流节点。

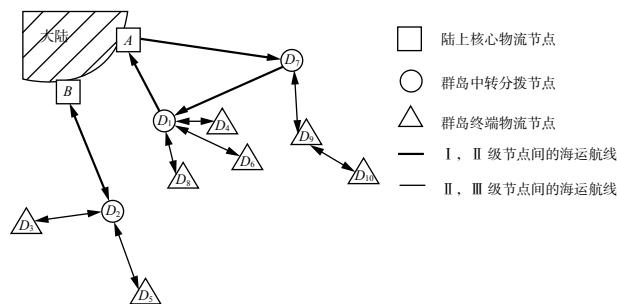


图4 我国某群岛的3级轴辐式海运物流网络

1) I, II级节点间物流网络的建设方案。

① I级节点 A 负责对II级节点 D_1 和 D_7 的物资运输。在节点 A, D_1, D_2 各建设5 000吨级通用泊位1个; 近期节点 A, D_1, D_2 之间设置环状海运航线, 采用1 000吨级的滚装船开展运输; 待海运规模满足条件后, 可将船舶吨位提高至5 000吨级, 并采用星状海运航线。② I级节点 B 负责对II级节点 D_2 的物资运输。在节点 B 和 D_2 各建设1 000吨级通用泊位1个; 近期采用500吨级的滚装船开展运输, 待条件允许后可增至1 000吨级。

2) II, III级节点间物流网络的建设方案。

① D_1 负责对 D_4, D_6 和 D_8 的物资运输。 D_1 建设1 000吨级通用泊位1个, D_4 建设1 000吨级通用泊位1个,

D_6 建设300吨级滚装泊位1个, D_8 建设100吨级交通泊位1个。II, III级节点之间采用星状航线, 采用500吨级滚装船对 D_4 开展运输, 采用300吨级滚装船对 D_6 开展运输, 采用100吨级交通船对 D_8 开展运输。② II级节点 D_7 负责对III级节点 D_9 和 D_{10} 的物资运输。 D_7, D_9 和 D_{10} 建设300吨级滚装泊位各1个; D_7, D_9 和 D_{10} 之间设置路径状航线, 采用300吨级滚装船开展运输。③ D_2 负责对 D_3 和 D_5 的物资运输。 D_3 建设1 000吨级通用泊位各1个, D_5 建设200吨级交通泊位1个。II, III级节点之间采用星状航线, 采用300吨级滚装船对 D_3 开展运输, 采用200吨级交通船对 D_5 开展运输。

4 结语

本文提出了3级轴辐式群岛海运物流网络结构模型, 并结合节点分级需要, 构建了评价指标体系。同时, 以我国南方某群岛为案例, 运用主成分分析法对群岛内岛屿进行了计算分析; 结合分析结果确定了案例中各个岛屿的物流节点等级, 初步构建了该群岛的海运物流网络系统结构, 并提出了岛屿物流网络的初步建设方案。在未来的研究中, 将进一步探讨群岛海运物流网络中节点与节点之间、节点与航线之间的协调优化问题, 以期有效提升海运物流网络系统的运营效率。

参考文献:

- [1] 舒辉. 区域物流发展模式选择影响要素分析[J]. 当代财经, 2010(12): 71-75.
- [2] 海峰, 阎欣, 丁灿, 等. 基于轴辐理论的区域物流网络节点选择[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(6): 1 295-1 305.
- [3] 刘明菲, 张君. 区域物流中心城市选址的综合评价方法[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(8): 78-81.
- [4] 李朝洪, 刘晓林. 基于因子和聚类分析的区域物流节点城市发展水平综合评价[J]. 物流科技, 2012(12): 66-69.
- [5] 吕韬, 车前进. 区域物流节点空间布局评价研究——以泰州市为例[J]. 商贸流通, 2009(10): 120-121.

(本文编辑 武亚庆)