



区域港口一体化发展下港口腹地 范围演变规律研究^{*}

陈沿伊¹, 程 盼¹, 毕珊珊², 张培林¹

(1. 武汉理工大学 交通与物流工程学院, 湖北 武汉 430061; 2. 交通运输部规划研究院, 北京 100028)

摘要: 为探究区域港口一体化发展下港口经济腹地的演变规律, 以港口资源整合前后的大连港和营口港为例, 运用改进的腹地烟羽模型对 2018、2020 年的港口腹地范围进行测算, 结合 Arcgis 软件绘制各港口单纯与混合腹地空间分布, 通过各港口腹地范围演化特征分析港口一体化发展策略。研究表明: 港口整合后各港口综合影响力差距缩小, 大连港与营口港腹地范围差距减小、混合腹地范围扩大。港口一体化发展背景下, 各港口发展侧重于腹地范围的均衡协调, 避免同质化竞争, 实现合理分工。

关键词: 港口整合; 一体化发展; 烟羽模型; 港口腹地; 演变特征

中图分类号: F127; U65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)07-0013-07

Evolution law of port hinterland scope under integrated development of regional ports

CHEN Yanyi¹, CHENG Pan¹, BI Shanshan², ZHANG Peilin¹

(1. School of Transportation and Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430061, China;

2. Division of Waterway Planning, Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China)

Abstract: In order to explore the evolution law of port economic hinterland under integrated development of regional ports, this paper studies Dalian Port and Yingkou Port before and after port resource integration and uses the improved hinterland plume model to calculate the scope of port hinterland in 2018 and 2020. Then, the paper draws the spatial distribution of simple and mixed hinterlands of each port by Arcgis software and analyzes the integrated development strategy for ports according to the evolution characteristics of port hinterland scope. The research results show that after port integration, the gap in the comprehensive influence between ports becomes smaller. The gap in the hinterland scope between Dalian Port and Yingkou Port decreases, and the scope of the mixed hinterland expands. Under the background of integrated development of ports, each port focuses on balancing and coordinating hinterland scope during development, so as to avoid homogeneous competition and realize reasonable division of labor.

Keywords: port integration; integrated development; plume model; port hinterland; evolution characteristics

近几年我国各地陆续成立省级港口集团, 整合区域内港口资源, 各地港口一体化发展改革成

果显著。基于省港集团对区域内港口的一体化管理, 其竞争关系发生变化, 港口腹地范围有效反

收稿日期: 2022-10-20

*基金项目: 国家重要研发计划课题项目 (2016YFC0402103)

作者简介: 陈沿伊 (1984—), 男, 博士, 讲师, 从事交通运输系统规划、可持续交通发展等研究。

通讯作者: 毕珊珊 (1987—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事交通运输规划、港口规划、港航发展等研究。

E-mail: biss@tpri.org.cn

应区域内各港口的竞争关系,港口腹地范围的演化成为研究港口竞争关系的热点之一。

鲁渤等^[1]指出港口整合后港口发展由单个局部最优转化为港口群整体最优。Ma 等^[2]通过研究发现港口一体化对港口资源的合理化及其在区域港口之间的分配具有积极影响,促进了城市经济增长。港口的发展须具备良好的腹地,更好地了解港口腹地有利于制定腹地差异化发展战略,推动区域协同发展^[3-4]。经发展很多模型已用于港口腹地划分,包括场强模型^[5]、烟羽模型^[6-7]、Huff 模型^[8-9]、断-电模型^[10]、牛顿模型^[11]、密度模型^[12]、蚁群算法^[13]、离散选择模型^[14]。对于港口腹地各时期的演变,康译之等^[15]对长江三角洲地区集装箱港口重要节点时期的腹地演化特征进行分析,总结了各港口腹地演化影响机制。徐维祥等^[16]对港口腹地空间在不同外贸环境下的演变进行了研究。

本文以大连港与营口港为例,测算整合前后港口腹地范围,研究各港口腹地范围演变特征,总结一体化发展下港口腹地范围演变规律。

1 港口一体化发展下腹地范围划分

1.1 港口一体化背景

港口一体化是指对区域内功能相似的港口进行整合,建立有效的协作机制,通过改善行政壁垒和市场壁垒的约束等措施,创造良好的港口发展环境,促使各港口优势和功能充分发挥,形成分工合理、优势互补、良性竞争、共同发展、互利共赢的局面。通过港口整合实现区域内港口统一管理、优势互补,减少港口间竞争消耗,实现区域港口协同一体化发展。

改革开放以来,我国港口事业快速发展,取得举世瞩目的成绩。数据显示,我国已有 7 个港口进入全球港口货物吞吐量和集装箱吞吐量排名前十。随着港口的不断发展,我国港口发展趋势由原来的激烈竞争转变为合作共赢,区域港口整

合是推进我国港口进一步发展和转型的重要措施,目前我国浙江、江苏、辽宁、山东等多地陆续加入省内港口整合。随着港口一体化发展,港口竞争关系发生转变,主要体现在港口对腹地的竞争,通过研究各港口腹地范围演变特征,分析港口一体化发展策略。

1.2 腹地范围划分思路

为探究区域港口一体化发展下港口经济腹地的演变规律,研究思路为首先选择合适的港口腹地划分模型;其次确定所研究的港口、腹地及时间范围;然后运用模型对港口整合前后腹地范围进行划分,根据划分结果分析腹地范围的演变特征;最后总结讨论港口一体化发展策略,见图 1。

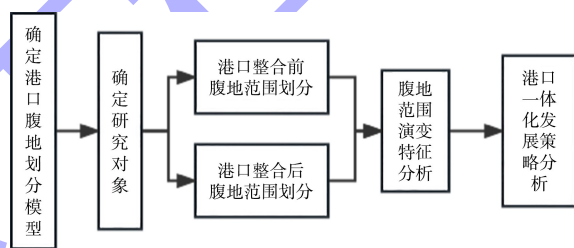


图 1 港口一体化发展下腹地范围研究思路

1.3 港口腹地划分模型

高斯烟羽模型(gaussian plume model, GPM)简称烟羽模型,是经典的气体扩散模型,也是运用最广的气体模型之一,适用于泄漏源强为已知、单源、单风向且大气稳定条件不变的情况下的匀质气体扩散量的计算^[17],广泛应用于大气环境质量预测以及空气污染扩散研究。烟羽模型的基本方程式为:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\delta_y\delta_z\mu} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\delta_y^2} + \frac{z^2}{\delta_z^2}\right)\right]} \quad (1)$$

式中: $C(x, y, z)$ 为坐标 (x, y, z) 点的污染物浓度; Q 为污染物的排放源强; μ 为污染物排放处的平均风速; δ_y 和 δ_z 分别为污染物在 y 、 z 方向的扩散系数。

烟羽模型引入港口腹地划分中,将港口视为污染源,研究港口对周边城市的影响程度,确定

港口腹地范围。受多方面因素的影响,包括港口综合影响力、港口与腹地之间的关联度、港口与腹地的交通可达性等,因此结合腹地划分影响因素对烟羽模型的参数重新定义,修正后的腹地烟羽模型具有一定的实用价值和创新意义。运用该模型测算各时期港口腹地范围,一方面直观反映各时期港口综合影响力大小以及区域内各港口综合影响力差值变化;另一方面清晰刻画各时期港口腹地范围及变动,有效分析一体化发展下各港口腹地范围的演变特征,总结港口一体化发展策略。

腹地划分烟羽模型的基本思路为:计算潜在腹地范围内各港口对同一单元(城市)的影响程度,根据影响程度的大小将该单元(城市)划分为对其影响程度最大的港口,将潜在腹地范围内所有单元进行依次划分,得出各港口腹地范围。根据烟羽模型,对模型中的变量进行重新定义和整理。港口*i*对地区*j*的影响程度可描述为:

$$C_{ij} = \frac{Q_i \bar{\mu}_{ij} R_{ij}}{4\pi x_{ij}^2} \quad (2)$$

式中: C_{ij} 为港口*i*对地区*j*的影响程度; Q_i 为港口*i*的自身综合影响力; $\bar{\mu}_{ij}$ 为由港口*i*到地区*j*的交通可达性系数; R_{ij} 代表港口*i*与地区*j*的关联度; x_{ij} 为港口*i*到地区*j*的最佳运输距离。

2 模型参数确定

2.1 港口综合影响力 Q_i 的确定

在借鉴其他研究的基础上,通过对海港功能特性、指标现实可行以及数据来源的综合分析,选取港口规模、港城经济实力、港口需求、港口发展趋势4个方面的10个指标进行港口综合影响力评价,用港口规模和港城经济实力来衡量港口实力,用港口需求和发展趋势来总结港口不同时期的发展定位,确定港口的综合影响力,分析整合前后区域内各港口综合影响力差值变化。指标见表1。

表1 港口综合影响力评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标
港口综合影响力	港口规模	港口码头长度
		港口泊位数量
	港城经济实力	城市GDP
		城市外贸额
		港城投资总额
	港口需求	货物吞吐量
		外贸货物吞吐量
		集装箱吞吐量
	港口发展趋势	货物吞吐量年增长率
		集装箱吞吐量年增长率

由于大多数指标计算方法主观性较大,如专家打分法、层次分析法等。本文运用SPSS24软件首先对原始数据进行标准化处理,将数据进行无量纲化;再采用多变量统计的主成分分析法,对港口综合影响力指标进行分析。

2.2 港口与其他城市之间的交通可达性系数 $\bar{\mu}_{ij}$

考虑港口到其他城市之间的公路和铁路因素,采用改良的综合可达性对港口与城市间的交通可达性系数进行确定。采用加权最短平均旅行时间法计算港口与其他城市的时间距离,以此反映港口与其他城市之间的交通可达性,计算公式为:

$$A_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^n T_{il} M_l}{\sum_{l=1}^n M_l} \quad (3)$$

$$M_l = \sqrt{P_l V_l} \quad (4)$$

式中: i 为港口城市; j 为潜在腹地城市; n 为*j*城市内的节点区域数量(个); l 为*j*城市内的节点区域; A_{ij} 为港口城市*i*与潜在腹地城市*j*的加权最短平均旅行时间; T_{il} 为港口城市与节点区域间的最短旅行时间; M_l 为节点区域的权重; P_l 和 V_l 代表节点区域常住人口和工业产值。

综合公路与铁路平均加权最短旅行时间的综合交通可达性公式为:

$$A'_{ij} = \sum A_{ij,y} \omega_y \quad (5)$$

式中: A'_{ij} 为港口城市*i*与潜在腹地城市*j*的陆路交通网络加权最短平均旅行时间; $A_{ij,y}$ 为第*y*种交通

方式的加权最短平均旅行时间； ω_y 为各交通方式的权重，结合货运量和参考文献[18-19]，将公路和铁路权重分别设置为 0.56、0.44。

加权平均旅行时间越长，港口与潜在腹地城市间可达性越差，对 A'_{ij} 值进行修正得到可达性系数值 $\overline{\mu}_{ij}$ ，计算公式为：

$$\overline{\mu}_{ij} = \frac{100}{A'_{ij}} \quad (6)$$

2.3 港口与其他城市的关联度 R_{ij}

港口的发展除与自身的综合实力和竞争力相关，与其他城市的发展也密不可分。港口是城市通往世界各地的桥梁，港口的发展为城市的发展和繁荣提供条件。城市为港口输送专业人才和货运需求，港口的发展取决于城市的物流需求。因此，选取港口与城市间的经济作用综合影响力来衡量港口与其他城市的关联度，以城市工业产值和常住人口数作为代表指标进行测算，计算公式为：

$$R_{ij} = \frac{\sqrt{P_i P_j V_i V_j}}{x_{ij}^2} \quad (7)$$

式中： P_i 、 P_j 分别为两城市的常住人口； V_i 、 V_j 分别为两城市的工业产值； x_{ij} 为两城市的最佳运输距离。铁路相对于公路及其他运输方式更为经济、环保、安全，因此本文采用铁路运输里程。

3 实证分析

大连港和营口港是辽宁最大的两个港口，主要腹地为东北三省及内蒙古东部地区的三市一盟。由于距离相近及腹地重叠，两港口的竞争不可避免。2019 年辽宁港口集团正式挂牌成立，实现两港口的初步整合。

3.1 研究范围及数据来源

港口及腹地范围：港口为辽宁港口集团进行港口一体化发展的大连港和营口港。腹地为两港口所面向的辽宁、吉林、黑龙江省及内蒙古自治区东部的三市一盟，以市级行政区为单位，共 40 个单元。

时间范围：2019 年大连港与营口港完成整合，选取 2018、2020 年分析整合前后港口腹地范围演变，反映出港口在实行一体化发展前后的竞争合作关系。

数据来源：本文数据来源于 2019、2021 年的《辽宁省统计年鉴》《黑龙江省统计年鉴》《吉林省统计年鉴》《中国港口统计年鉴》和各市县的统计年鉴，以及 2018、2020 年国民经济和社会经济发展公报。运输时间及数据来源于各年份地区交通图。

3.2 研究结果与分析

由式(2)计算各港口综合影响力 Q_i ，得出 2018 大连、营口港综合影响力分别为 2 475、1 145，差值为 1 330；2020 年两港口分别为 1 838、1 078，差值为 760。港口整合后差距减小，表明区域港口一体化发展下，各港口调整港口需求和定位，促进港口协调发展，港口综合影响力差距减小。

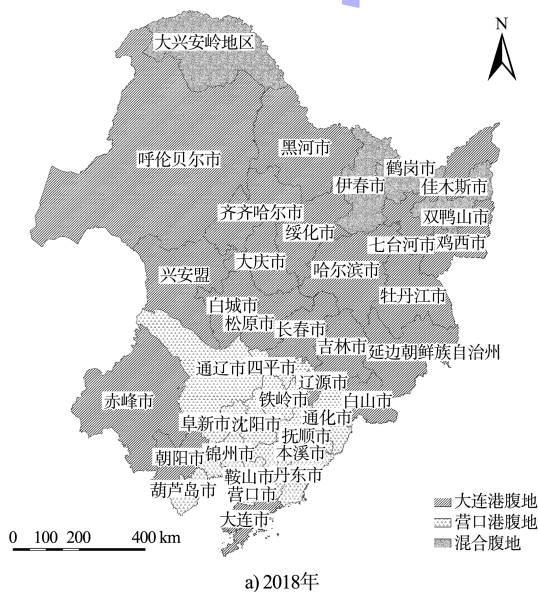
根据式(2)计算出港口对各城市的影响程度 C_{ij} ，由于港口所在城市与港口联系紧密，不具有可比性，因此本文对大连、营口市不进行影响程度计算。港口对各城市影响程度见表 2。运用 Arcgis 软件绘制出 2018、2020 年大连港、营口港在东北地区的腹地范围分布，见图 2。

表 2 港口对城市影响程度

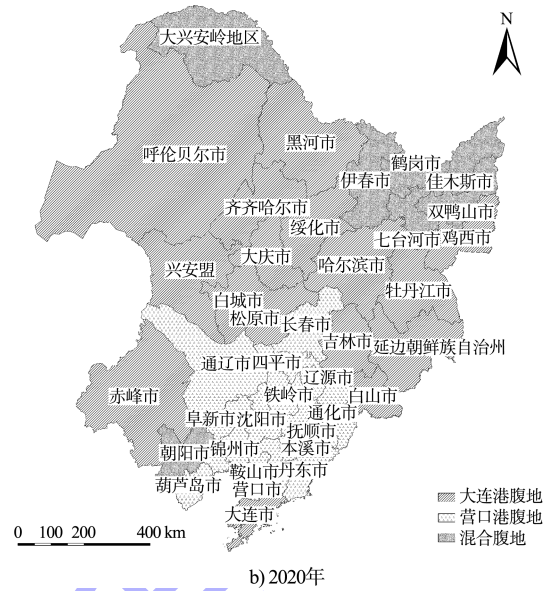
城市	影响程度			
	2018 年		2020 年	
	大连港	营口港	大连港	营口港
沈阳	0.337 01	2.703 57	0.249 64	2.308 16
鞍山	0.470 10	32.996 31	0.337 17	27.287 35
抚顺	0.044 06	0.192 37	0.031 15	0.166 21
本溪	0.057 22	0.425 07	0.042 63	0.386 97
丹东	0.007 33	0.010 72	0.005 36	0.009 59
锦州	0.042 91	0.187 34	0.030 94	0.165 07
阜新	0.006 13	0.011 00	0.004 52	0.009 92
辽阳	0.165 91	5.065 41	0.119 50	4.458 36
盘锦	0.149 39	2.995 36	0.112 65	2.760 10
铁岭	0.026 49	0.152 76	0.019 38	0.136 54
朝阳	0.003 92	0.002 93	0.002 95	0.002 88
葫芦岛	0.025 39	0.068 11	0.017 33	0.056 79
通化	0.001 15	0.001 91	0.000 69	0.001 40
白山	0.002 20	0.000 93	0.001 56	0.000 80

续表2

城市	影响程度			
	2018 年		2020 年	
	大连港	营口港	大连港	营口港
辽源	0.003 35	0.003 01	0.001 71	0.002 71
四平	0.008 68	0.013 32	0.004 14	0.007 76
白城	0.000 52	0.000 33	0.000 39	0.000 24
松原	0.001 16	0.000 76	0.000 84	0.000 68
吉林	0.003 05	0.001 86	0.002 24	0.001 67
长春	0.021 35	0.020 35	0.017 69	0.020 60
延边朝鲜	0.000 58	0.000 16	0.000 42	0.000 14
哈尔滨	0.003 09	0.001 71	0.002 70	0.001 83
齐齐哈尔	0.000 43	0.000 12	0.000 31	0.000 11
鸡西	0.000 50	0.000 03	0.000 38	0.000 02
鹤岗	0.000 03	0.000 01	0.000 02	0.000 01
双鸭山	0.000 04	0.000 02	0.000 03	0.000 02
大庆	0.000 97	0.000 43	0.000 64	0.000 35
伊春	0.000 04	0.000 02	0.000 02	0.000 01
佳木斯	0.000 13	0.000 01	0.000 04	0.000 02
七台河	0.000 03	0.000 01	0.000 02	0.000 01
牡丹江	0.000 20	0.000 04	0.000 14	0.000 04
黑河	0.007 32	0.000 01	0.005 34	0.000 01
绥化	0.000 44	0.000 20	0.000 30	0.000 17
大兴安岭	0.000 01	0.000 00	0.000 01	0.000 00
呼伦贝尔	0.000 13	0.000 01	0.000 11	0.000 01
兴安盟	0.000 32	0.000 14	0.000 24	0.000 14
通辽	0.001 32	0.002 26	0.001 02	0.002 13
赤峰	0.001 85	0.000 98	0.001 39	0.000 91



a) 2018年



b) 2020年

图2 港口腹地范围分布

如图2a)所示,2018年大连港腹地20个、营口港腹地15个、混合腹地5个。营口港由于其陆路可达性优势,腹地范围主要是内圈层的营口、沈阳、鞍山等城市。随着距离优势的减弱,大连港凸显综合影响力优势,在中间圈层的大连、朝阳、白山、吉林等城市属于大连港腹地。最外圈层的鹤岗、双鸭山等城市,大连港的综合影响力优势与营口港距离优势相互平衡,两港口对该区域的影响程度差异较小,为两个港口的混合腹地。

如图2b)所示,2020年大连港腹地16个、营口港腹地17个、混合腹地7个。与2018年相比,部分原为大连港腹地的城市转变为营口港腹地或者混合腹地,其中辽源、长春等城市转变为营口港腹地,朝阳、佳木斯等城市转变为两港口混合腹地。

各港口腹地范围差距减小,发展更加均衡。由图3可知,2018年,大连港与营口港腹地范围差异显著,大连港由于港口综合影响力优势拥有20个腹地,占据腹地总量的50%。营口港腹地为港口周边的15个城市,占据腹地总量的37%。2020年大连港腹地范围缩减至16个,港口综合影响力减弱,营口港凸显其陆路可达性优势,使得腹地增加至17个,两港口腹地范围差距明显减小。

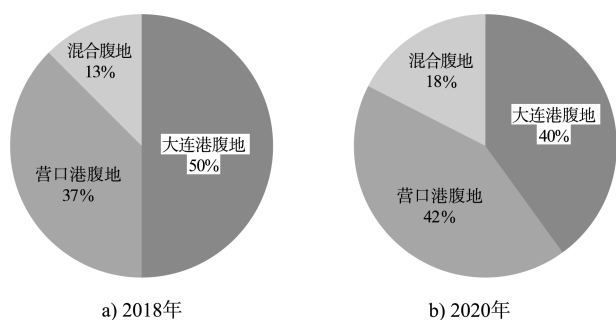


图3 腹地数量占比

混合腹地范围扩大，港口差异化程度提高。由图3可知，港口整合后，两港口共同服务的城市数量增加，2018年两港口在东北地区混合腹地5个，2020年增加至7个。一体化发展下各港口对腹地范围边界处的城市影响程度差距减小，使得营口港与大连港腹地边界处的朝阳市、混合腹地边界处的佳木斯市转变为混合腹地。另外，港口整合后，大连港集装箱货物运输量大幅降低，营口港大有赶超之势。整合后大连港以油品、铁矿石、煤炭、钢材、粮食和大宗散杂货、客运滚装等为主，集装箱货物运输向营口港偏移，使港口差异化程度提高。

4 港口一体化发展策略分析

1) 均衡港口综合影响力，避免腹地范围不合理扩张。一体化发展下，港口的发展模式从单个局部最优转变为港口群体最优。港口整合前，各港口通过腹地来抢夺货源，以保证港口利益最大。规模较大的港口必然利用其港口实力优势扩大其腹地范围争夺更多货源，保证港口的经营水平，导致其他港口经营水平降低。然而，一体化发展注重于港口群的整体效益，对于一体化发展下的港口管理，通过对各时期港口需求进行预测，对港口综合影响力合理预判，确定港口整合后的最优规模，避免其对腹地的进一步吸引，促使区域内港口协调发展，实现港口群有效整合。

2) 引导港口合作，解决港口同质化问题。一体化发展下，应当正确引导港口合作，促进港口优势互补，促使港口群整体利益最优。因此，引导混合腹地内各港口的经营合作，促进港口间合

理分工和协同发展，一方面促进港口强强联合；另一方面带动规模较小的港口发挥其功能优势，减少资源浪费。有效解决区域内港口同质化问题，提升港口群整体资源利用率和经营效益。

5 结论

1) 运用改进的烟羽模型对港口整合前后腹地范围进行测算，结果直观反映了港口在整合前后港口综合影响力以及港口对腹地影响程度值的变化，清楚刻画了一体化发展下各港口腹地范围的演变特征。

2) 通过对港口一体化前后腹地范围对比得出，整合后港口腹地范围分布与以往不同。港口整合前，各港口发展侧重于个体利益最大化，通过港口扩建、降低服务价格等措施扩张腹地范围争夺货源；港口整合后，以港口群整体利益最优为先，通过协调港口综合影响力，均衡各港口腹地范围，避免腹地范围恶性扩张，实现区域内港口一体化协调发展。

3) 一方面港口综合影响力指标体系应考虑更多因素，如航线密度、港口自动化水平等，综合展现一体化发展前后港口综合影响力。另一方面在港口与城市的最佳运输距离测算时，应综合考虑距离、成本、时间来确定。后续研究将从以上两个方面进行完善。

参考文献：

- [1] 鲁渤,路宏漫.大连港积极推动辽宁港口整合对策研究[J].大连干部学刊,2021,37(8):60-64.
- [2] MA Q F, JIA P, SHE X R, et al. Port integration and regional economic development: Lessons from China[J]. Transport policy, 2021(110): 430-439.
- [3] 曹炳汝,樊鑫.港口物流与腹地经济协同发展研究:以太仓港为例[J].地理与地理信息科学,2019,35(5):126-132.
- [4] 叶翀,邵博,李若然.港口经济腹地划分与促进区域经济发展关系研究:基于厦门港海铁联运带动腹地经济发展案例的分析[J].价格理论与实践,2021(10):181-184,196.
- [5] 刘万波,朱正晖,王利.基于场强模型的辽宁沿海港口腹地划分[J].资源开发与市场,2019,35(5):618-624.

- [6] 袁金龙. 基于烟羽模型的港口腹地区内划分: 以广西北部湾港口为例[J]. 价值工程, 2019, 38(27): 52-54.
- [7] 李振福, 汤晓雯. 港口腹地划分的腹地烟羽模型研究[J]. 地理科学, 2014, 34(10): 1169-1175.
- [8] 姜晓丽, 张平宇. 基于 Huff 模型的辽宁沿海港口腹地演变分析[J]. 地理科学, 2013, 33(3): 282-290.
- [9] MOURA T G Z, GARCIA-ALONSO L, SALAS-OLMEDO M H. Delimiting the scope of the hinterland of ports: Proposal and case study [J]. Journal of transport geography, 2017, 65: 35-43.
- [10] 李振福, 苑庆庆, 闵德权. 港口腹地划分的断-电模型研究[J]. 水运工程, 2011(2): 71-76.
- [11] 唐顺梅. 基于牛顿模型的港口腹地划分研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2010.
- [12] 王杰, 王晓斌, 张咪妮. 基于 GIS 的港口腹地划分模型[J]. 水运工程, 2014(10): 91-96.
- [13] 冯社苗. 基于蚁群算法的港口间接腹地划分模型[J]. 水运工程, 2009(5): 47-50.
- [14] WANG X C, MENG Q, MIAO L X. Delimiting port hinterlands based on intermodal network flows: Model and algorithm [J]. Transportation research (part E), 2016(88): 32-51.
- [15] 康译之, 何丹, 高鹏, 等. 长三角地区港口腹地范围演化及其影响机制[J]. 地理研究, 2021, 40(1): 138-151.
- [16] 徐维祥, 许言庆. 我国沿海港口综合实力评价与主要港口腹地空间的演变[J]. 经济地理, 2018, 38(5): 26-35.
- [17] 王海燕, 张岐山. 基于改进高斯烟羽模型的废弃物处理设施负效应测度[J]. 中国管理科学, 2012, 20(2): 102-106.
- [18] 黄承锋, 田少斌, 郑淑心. 基于 GIS 的陆路交通可达性空间测度与评价[J]. 重庆交通大学学报(社会科学版), 2022, 22(4): 23-28.
- [19] 阎福礼, 邹艺昭, 王世新, 等. 中国不同交通模式的可达性空间格局研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(6): 806-815.

(本文编辑 赵娟)

(上接第12页)

2) 科学预判了区域港口分货类运输需求发展趋势和结构化特征, 提出“十四五”期长三角区域港口货物吞吐量仍保持稳步增长, 其中煤炭、矿石等货类运输需求增长有所放缓, 集装箱、商品汽车等货类运输需求将保持较快增长。

3) 提出了长三角区域码头的重点建设路径包括: 推进中小码头和老旧码头升级改造; 超前谋划码头后方储运设施建设; 超前推动集装箱码头设施能力提升和后续岸线资源开发; 有序推进重大件设备、商品汽车等专业化码头建设等。将成为高质量推进区域港口码头建设和一体化发展的关键举措。

4) 根据已有统计数据的特点, 采取不同的数学模型进行分货类预测, 但由于数学模型和方法的多样性, 更加适合每种货类的预测模型仍值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 斯彩英. 基于灰色加权马尔科夫模型的港口货物吞吐量预测: 以宁波舟山港为例[J]. 数学的实践与认识, 2023(2): 46-57.
- [2] 张有林, 牟峰, 黎青松, 等. 港口货物吞吐量的序列灰预

测模型与系统灰预测模型比较分析研究[J]. 中国水运(下半月), 2013, 13(12): 120-124.

- [3] 穆俊鹏, 李娟, 张明. 基于 PCA 的神经网络在港口货物吞吐量中的预测[J]. 微型机与应用, 2012, 31(19): 79-81, 84.
- [4] 樊文靖. 基于最优组合的重庆港港口货物吞吐量预测模型研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- [5] 刘长俭, 高天航, 陈正勇, 等. “十四五”我国港口货物吞吐量结构化预测[J]. 水运工程, 2022(12): 1-6.
- [6] 王蕊, 丁文涛, 冯云, 等. 粤港澳大湾区港口集装箱吞吐量预测及发展建议[J]. 水运工程, 2023(1): 1-6.
- [7] 贾大山, 徐迪, 蔡鹏. 2022 年沿海港口发展回顾与 2023 年展望[J]. 中国港口, 2023(1): 1-12.
- [8] 徐杏, 高天航, 沈益华, 等. 新形势下我国港口集装箱运输系统优化研究[J]. 水运工程, 2023(3): 6-11, 16.
- [9] 王达川, 姚海元, 丁文涛, 等. 沿海港口围填海要素制约问题分析及应对措施[J]. 水运工程, 2023(2): 7-11, 16.
- [10] 毕珊珊, 沈益华, 刘长俭, 等. 我国海上通道及港口支点布局建设现状特征及展望[J]. 水运工程, 2022(11): 7-12, 20.

(本文编辑 赵娟)