引文格式：张雪清,黄淇,陈甲全,等. 重庆市货运物流与交通运输耦合协调度研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(7): 101-104. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.07.025

重庆市货运物流与交通运输耦合协调度研究

张雪清[1,2]，黄　淇[3]，陈甲全[1,2]，叶　胜[1,2]，陈　林[1,2]，贾亚辉[1,2]
（1. 重庆市地理信息和遥感应用中心，重庆 401147；2. 自然资源部国土空间规划监测评估预警重点实验室，重庆 401147；
3. 重庆交通大学 智慧城市学院，重庆 400074）

摘　要：为贯彻落实好市委、市政府相关政策，为市交通综合信息平台建设提供数据支撑，辅助交通与国土空间协同监测分析决策，基于重庆市2013—2019年统计年鉴，采用主成分分析法和耦合协调度模型，开展货运物流与交通运输协同监测分析，并针对研究结果和现存问题提出了优化建议，助力交通强市建设。重庆市货运物流与交通运输发展的耦合度、耦合协调度逐年增加，二者协调发展程度呈上升趋势，2013—2015年为失调阶段，交通运输发展滞后于货运物流；2016—2017年为初步协调阶段，货运物流发展滞后于交通运输；2018—2019年为良好协调阶段，二者发展均趋于成熟，但交通建设仍待加强。

关键词：货运物流；交通运输；协同分析；主成分分析；耦合协调度模型
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）07-0101-04

Research on Coupling Coordination Degree of Freight Logistics and Transportation in Chongqing City

ZHANG Xueqing[1,2], HUANG Qi[3], CHEN Jiaquan[1,2], YE Sheng[1,2], CHEN Lin[1,2], JIA Yahui[1,2]
(1. Chongqing Geographic Information and Remote Sensing Application Center, Chongqing 401147, China;
2. Key Laboratory of Monitoring, Evaluation and Early Warning of Territorial Spatial Planning Implementation, Ministry of Natural Resources, Chongqing 401147, China;
3. School of Smart City, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: In order to implement the relevant policies of the Municipal Party Committee and Municipal Government, provide data support for the construction of urban transportation comprehensive information platform, and assist the collaborative monitoring, analysis and decision-making of transportation and territorial space, based on the Statistical Yearbook of Chongqing from 2013 to 2019, we used the principal component analysis and coupling coordination degree model to carry out collaborative monitoring and analysis of freight logistics and transportation. Then, according to the research results and existing problems, we put forward the optimization and improvement suggestions to help strong traffic city construction. The coupling coordination degrees between freight logistics and transportation in Chongqing City increased year by year from 2013 to 2019, and the coordination degree between them showed a gradual upward trend. The development of transport lagged behind that of freight logistics from 2013 to 2015. The development of freight logistics lagged behind that of transportation from 2016 to 2017. The freight logistics and transportation development tended to be mature from 2018 to 2019, but traffic construction still needed to be strengthened.

Key words: freight logistics, transportation, collaborative analysis, principal component analysis, coupling coordination degree model

交通属于国民经济三大产业中的服务业，对政治、经济、文化、社会、生态等国民经济发展具有衔接推动作用。为更好地促进经济增长，加快建设交通强市，《重庆市综合立体交通网规划纲要（2021—2035）》提出，要推进交通与现代物流融合发展，统筹建设国际多式联运集疏运体系和物流服务网络，打造多元化、国际化物流产业体系。《重庆市综合交通运输“十四五”规划（2021—2025）》[1]提出，要打造经济高效现代物流体系，充分发挥交通运输在现代物流体系中的基础性作用，促进产业要素高效合理流动。为贯彻落实市委、市政府相关政策，本文开展货运物流与交通运输的协同监测分析。

协同[2]是为达到系统总体发展目标，各子系统、各要素之间通过有效合作，使其从无序到有序、从低效到高效的运作发展过程[3]。货运物流和交通运输作为区域总体发展的子系统，只有保持二者的动态平衡协调，才能高效促进区域总体发展[4]。关于货运物流和交通运输的协同分析研究出现较早[5]，也较丰富，

收稿日期：2023-02-14；修回日期：2023-03-10。
第一作者简介：张雪清（1986—），硕士研究生，高级工程师，主要从事自然资源信息化建设，E-mail：315099266@qq.com。

主要方法为主成分分析法（PCA）和耦合协调度模型[6]，即先采用PCA方法对区域货运物流和交通运输发展水平进行综合评价，再采用耦合协调度模型测度协同度[7]。然而，相关研究涉及的指标相对简单，且地域性较强，针对西部[8]尤其是重庆市的货运物流与交通运输协同性的研究成果并不多见，因此本文基于重庆市2013—2019年统计年鉴，采用PCA方法和耦合协调度模型开展重庆市货运物流与交通运输的协同监测分析，以期为重庆市交通综合信息平台建设提供数据支撑，辅助交通与国土空间协同监测分析决策，助力交通强市建设。

1 研究区概况

目前重庆市交通基础设施网络基本形成，实现80%区县（自治县，含两江新区、重庆高新区、万盛经开区，以下统称区县）通铁路、97%区县通高速公路、75%区县通航运，运输机场100 km半径覆盖人口率达95%，行政村100%通硬化路，村民小组100%通达。2021年重庆市全市完成货运量14.4亿吨，其中公路、水路、铁路和民航的货运量分别为12.1亿吨、2.1亿吨、1 593万吨和15万吨，比例为84.01∶14.88∶1.10∶0.01。货运以公路运输为主，公路货运量占比较上年减少3.71个百分点；全年内河港口货物吞吐量为19 804.25万吨，增长20.0%；完成港口货物吞吐量为1.98亿吨，同比增长20.0%；空港货物吞吐量为47.87万吨，增长16.0%；国际标准集装箱吞吐量为171.21万标准箱，其中铁路吞吐量为38.14万标准箱，增长20.1%。

2 指标体系与数据来源

本文依据参考文献[2]、[6]，结合重庆市货运物流与交通发展的实际情况，并考虑统计数据的可获得性，构建耦合协调水平指标体系（表1）。货运物流指标来源于2014—2021年重庆统计年鉴；铁路复线里程、铁路路网密度、公路密度、交通固定资产完成投资数据来源于2014—2020年重庆交通年鉴，其中交通固定资产完成投资采用交通运输部统计口径数据；其他指标来源于2014—2020年重庆统计年鉴。

3 研究方法

在构建货运物流和交通运输耦合协调关系指标体系的基础上，参考PCA方法提取参量构建耦合协调度模型，并对货运物流和交通运输的耦合协调水平进行测试。PCA方法[9]是一种能简化分析过程且不影响结果的分析方法，利用较少的互不相关的综合指标代替原有的多指标进行综合评价。根据交通运输和货运物流的各项指标，本文利用PCA方法构建模型。假设有 n 年基础指标数据，每年数据均有 p 个研究指标 X_1、X_2、…、X_p，则可得到原始矩阵：

$$\boldsymbol{X}=\begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}=\left(\boldsymbol{X}_1,\boldsymbol{X}_2,\cdots,\boldsymbol{X}_P\right)$$

式中，$\boldsymbol{X}_i=\left(x_{11},x_{21},\cdots,x_{n1}\right)^{\mathrm{T}}$，$i=1,2,\cdots,P$。

以 $\boldsymbol{X}$ 的 p 个列向量 $\left(\boldsymbol{X}_1,\boldsymbol{X}_2,\cdots,\boldsymbol{X}_P\right)$ 为线性组合，可得到指标变量：

$$\begin{cases} Z_1=a_{11}\boldsymbol{X}_1+a_{21}\boldsymbol{X}_2+\cdots+a_{p1}\boldsymbol{X}_p \\ Z_2=a_{12}\boldsymbol{X}_1+a_{22}\boldsymbol{X}_2+\cdots+a_{p2}\boldsymbol{X}_p \\ \vdots \\ Z_p=a_{1p}\boldsymbol{X}_1+a_{2p}\boldsymbol{X}_2+\cdots+a_{pp}\boldsymbol{X}_p \end{cases}$$

可简写为：

$$\boldsymbol{Z}_i=a_{1i}\boldsymbol{X}_1+a_{2i}\boldsymbol{X}_2+\cdots+a_{pi}\boldsymbol{X}_p \qquad i=1,2,\cdots,P$$

将标准化的指标变量通过上述模型转换为主成分后，可计算得到综合发展指标函数：

$$F=\sum_{i=1}^{p}a_iZ_i$$

采用SPSS软件对数据进行标准化，再利用PCA方法得到相应的主要影响因素，为构建系统耦合协调度模型[10]奠定基础。将各主成分对系统的贡献率作为该主成分的系数，分别得到货运物流和交通运输每年度的综合得分。耦合度的计算公式为：

$$C=\left\{\frac{F(X)\times F(Y)}{\left[F(X)+F(Y)\right]/2}\right\}^{1/2}$$

C 的取值范围为0~1[11]，反映了交通运输与货运物

表1 耦合协调水平指标体系

货运物流指标	符号	交通运输指标	符号
铁路货运量/万吨	X_1	铁路营运里程/km	Y_1
公路货运量/万吨	X_2	铁路复线里程/km	Y_2
水路货运量/万吨	X_3	铁路路网密度/(km /万km²)	Y_3
民航货运量/万吨	X_4	公路线路里程/km	Y_4
铁路货物周转量/(亿吨/km)	X_5	公路密度/(km /百km²)	Y_5
公路货物周转量/(亿吨/km)	X_6	载货汽车拥有量/万辆	Y_6
水路货物周转量/(亿吨/km)	X_7	内河航道里程/km	Y_7
民航货物周转量/(亿吨/km)	X_8	船舶数量/艘	Y_8
GDP/亿元	X_9	港口货物吞吐量/万吨	Y_9
人口/万人	X_{10}	航空运输架次/万架·次	Y_{10}
快递业务收入/亿元	X_{11}	空港货物吞吐量/亿元	Y_{11}
交通、仓储、邮政生产总值/亿元	X_{12}	交通固定资产完成投资/万吨	Y_{12}

流之间的相互作用程度；C 值越大，说明交通运输与货运物流之间的相互作用越明显、发展协调性越好。在系统发展水平一定的情况下，当 $F(X)\times F(Y)$ 达到最大值时，交通运输与货运物流之间的耦合度达到最高。耦合度在反映交通运输与货运物流协同发展水平上仍存在不足，因此引入耦合协调度模型，即交通运输和货运物流在满足整体性、综合性等前提下，二者在正向约束和规定条件下能协同发展。耦合协调度的计算公式为：

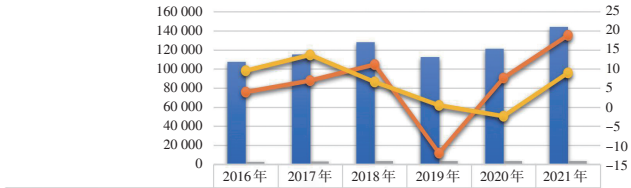
$$D=\sqrt{C\left[\alpha F(X)+\beta F(Y)\right]}$$

D 的取值范围为0~1；α、β 为效用参数，反映交通运输与货运物流之间的相对重要程度，对于重庆而言，交通运输 $F(Y)$的重要程度明显高于货运物流系统 $F(X)$，因此 $\alpha=0.4$，$\beta=0.6$。本文采用十分法定义耦合协调度评价标准，可将重庆市交通运输与货运物流的耦合协调度划分为10个等级，即0.0~0.1极度失调、0.1~0.2严重失调、0.2~0.3中度失调、0.3~0.4轻度失调、0.4~0.5濒临失调、0.5~0.6勉强协调、0.6~0.7初级协调、0.7~0.8中级协调、0.8~0.9良好协调、0.9~1.0优质协调

4　研究结果分析

4.1　重庆市近年来货运量与周转量情况分析

近6年重庆市货运量与周转量情况见图1，2019年货运量较上年下降12.06%；2020年货运周转量较上年下降2.38%。近6年重庆市铁路、公路、水路和民航的货运量与周转量情况见图2，铁路货运量呈现一定幅度的波动，货运量基本维持在1 500万吨以上，周转量在2019年、2020年出现一定下降，2021年则呈增长趋势；公路货运量和周转量在2019年是低谷期，2020年回归正常，2021年达到最高；水路货运量和周转量在2020年明显下降，2021年达到最高；民航货



	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
货运量总计/万吨	107 840	115 346.14	128 234.37	112 765.98	121 389.83	144 254.4
货物周转量总计/(亿吨/km)	2 934.77	3 370.76	3 593.63	3 610.63	3 524.7	3 841.66
货运量较上年增长/万吨	3.95	6.96	11.17	−12.06	7.65	18.84
周转量较上年增长/(亿吨/km)	9.55	13.69	6.61	4.17	−2.38	8.99

图1　重庆市近6年货运量及周转量情况

运量2019年达到最高，周转量2021年达到最高。在货运绝对量方面，虽然水运仍有绝对优势，但水路货运多采用远程江海联运的方式；同时铁路运输发展的相对滞后，也导致公路货运在重庆社会经济发展中的作用明显大于东部平原和东北部等铁路网络更发达的地区。因此，在重庆市货运物流的传输通道中，高速公路是最重要的组成部分，以至于在重庆市域范围内的货运物流方面，公路货运（尤其是高速公路货运）仍占据优势地位。

4.2　货运物流与交通运输协同监测分析

利用上述参数和公式可计算得到货运物流与交通运输之间的耦合度、耦合协调度；并结合耦合协调度等级水平分类，得到二者协同发展度，结果见表2，可以看出，货运物流与交通运输协同发展的耦合度和耦合协调度在2013—2019年逐年增加，说明二者协调发展呈逐步上升趋势。总体可分为3个阶段，2013—2015年为失调阶段，交通基础设施发展速度较慢，规划中的铁路、公路、水路等快速运输系统刚起步，难以达成大规模效应，而物流业在公路和铁路发展上已有所起步，势头总体上强于交通运输发展；2016—2017年为初步协调阶段，二者发生了明显扭转，基本为货运物流滞后于交通运输；2018—2019年为良好协调阶段，重庆市“三环十二射多联线”的高速公路网基本布局完成，铁路高铁版图进一步扩大，同时物流

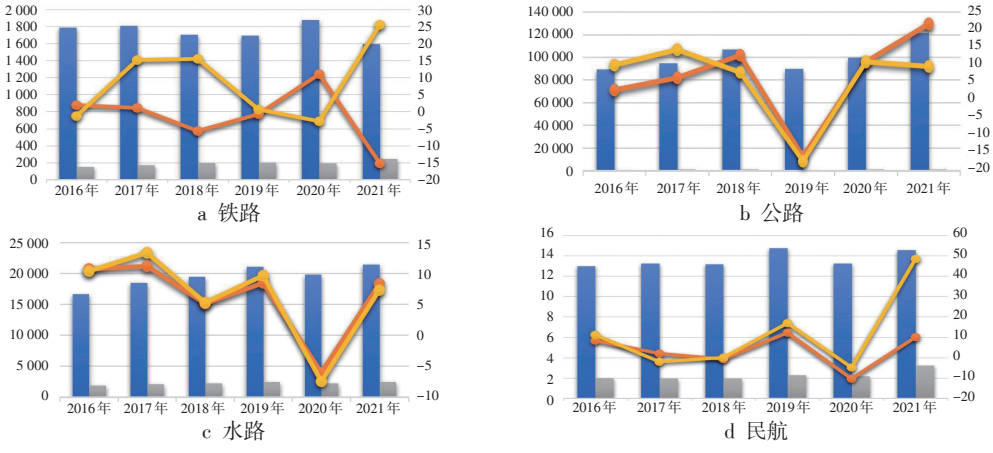


图2　近6年重庆市各类运输方式的货运量与周转量情况

业规模快速增长，物流方式多元化发展，货运物流与交通运输进一步呈现整体良好的趋势。

表2 货运物流与交通运输耦合协调度

年度	耦合度	耦合协调度	协同发展度
2013	–	–	–
2014	0.40	0.26	中度失调
2015	0.51	0.38	轻度失调
2016	0.72	0.64	初级协调
2017	0.81	0.80	中级协调
2018	0.83	0.82	良好协调
2019	0.89	0.88	良好协调

在现有交通现状条件下，对标货运物流和交通发展的高质量要求，重庆市交通运输发展不平衡不充分问题依然明显：①“四向联通”的对外大通道不畅，重庆市与京津冀、长三角、粤港澳大湾区等主要城市群尚无250 km以上时速高铁直连；②西部陆海新通道能力不足、运行不畅，2020年水路全年完成货运量2.1亿吨，港口完成货物吞吐量1.7亿吨，但三峡船闸的年设计通行能力仅为1亿吨，三峡船闸不堪重负，实际年过闸运量超过设计能力近50%；③民航空域资源紧张，缺乏旗舰型主基地航空公司，国际航线偏少，支撑重庆融入全球、引领西部开放能力有待加强；④成渝地区双城经济圈互联互通不够，铁路面积密度、高速公路面积密度、机场群客货吞吐能力远低于长三角、京津冀和粤港澳大湾区，“四式联运”的综合运输体系不佳，公路货运量占货运总量的比例达到84%，铁路货运量占比仅为1.1%，嘉陵江、乌江等支流航道对干线运输贡献率不足15%。

5 结 语

基于2013—2019年统计年鉴，本文采用PCA方法和耦合协调度模型开展货运物流与交通运输协同监测分析。结果表明，重庆市货运物流与交通运输发展的耦合度、耦合协调度在2013—2019年逐年增加，说明二者协调发展程度呈逐步上升趋势。本文结合现状和规划交通廊道，基于市域层面物流与交通运输的协同关系，为进一步服务城市货运物流交通，助力交通强市建设，提出以下优化改善建议[12-16]：

1）推动长江经济带沿航道综合交通立体走廊建设，最大程度发挥水运内部转运功能。为缓解三峡大坝过闸压力，扩大货运物流通道，应充分发挥水运优势，最大程度发挥水运内部转运功能，多维度实现货运物流畅通；避开短板，辅以其他交通方式，优化沿江普通或重载货运铁路廊道（渝利铁路、宜万铁路）、提档升级沿江高等级公路（银百高速），建设航空网络，形成沿航道的立体式交通走廊，达到铁水、公水的无缝衔接，建成江海“主干道”、铁路“次干道”、公路“支路”的沿航道综合交通立体走廊。

2）提高重庆与青海等西北地区交通通道运输服务能力，推动“一带一路”倡议向纵深发展。青海的能源和原材料与重庆联系密切，推动中欧班列（成渝）高质量发展，释放兰渝铁路货运能力，畅通新亚欧大陆桥、中国—中亚—西亚陆路国际运输通道，推动丝绸之路经济带与西部陆海新通道、长江经济带等开放通道在重庆无缝衔接，形成联动开放格局。利用公铁联运组织优化的方式组建陆路交通运输网络，加强重庆与青海等西北地区货运物流通道走廊的建设，畅通重庆到青海地区交通走廊，打造成为重庆衔接西北部的重要补充通道。

3）加快“南向通道”科学化建设，提高运输效率。依托跨境公路班车联盟（成渝跨境运输平台），持续推进南向东盟国家GMS（大湄公河次区域）跨境公路运输，提升南向铁路通道能力，扩容南向高速公路网络，推动形成多路径、多方式的铁海联运、铁路国际联运、公路跨境班车运输模式，充分发挥连接西部地区和东盟市场的桥梁纽带作用，以交通引领国际国内产业互补融合发展。同时，扩能提质现有运输渠道与贵州、广西等省（自治区）的货运大通道，建设一条向南最快捷的货运通道，缩短货物运输时间，提高运输效率，提高服务质量。

参考文献

[1] 重庆市人民政府. 重庆市人民政府关于印发重庆市综合交通运输“十四五”规划(2021-2025年)的通知[J]. 重庆市人民政府公报,2021(23):1-30

[2] 宋书洋. 交通运输物流协同构架研究[D]. 成都:西南交通大学,2006

[3] 方阳劼,孙焰. 社会物流系统及综合运输系统协同分析[J]. 黑龙江交通科技,2013,36(3):153-154

[4] 余敏. 我国智慧物流与综合交通运输协同发展研究[J]. 物流工程与管理,2018,40(10):19-20

[5] 肖绍萍. 广西综合运输体系适应物流发展的对策性研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2008

[6] 翁世洲,莫小青,李柏敏. 广西物流产业与综合交通耦合协调水平测度[J]. 物流工程与管理,2021,43(10):101-104

[7] 王梅,吴同政,张俊杰. 贵州交通运输与物流系统发展耦合协同发展研究[J]. 现代商业,2022(4):88-91

（下转第137页）