

基于灰关联熵的重庆运输结构实证分析

高咏玲 杨 浩

(北京交通大学交通运输学院)

一、灰关联熵的适用性分析

目前,我国已经基本上形成了由公路、铁路、管道、水运和航空五种运输方式组成的综合运输体系。在整个体系中,一方面各种运输方式以其运输特性具有相对固定的服务对象,另一方面各种运输方式具有相互替代性,又存在着竞争关系。同时,运输结构的演变与社会经济发展过程是有机的结合在一起的,两者之间存在着一种复杂的双向作用机制。这种复杂性既体现在众多的社会经济因素影响着运输结构的发展,又反映在运输结构对社会经济的促进作用的表现形式多样性上。

区域运输结构可以被看作一个发展变化的系统,其发展既受外部社会经济环境的影响,也受各种运输方式的技术特点及发展状况的影响,而且各种影响因素之间也存在着一定的相关关系。

灰色系统理论的研究对象是“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”的不确定性系统。灰色关联分析方法对样本量的多少和样本有无规律都同样适用,而且计算量小,十分方便,更不会出现量化结果与定性分析结果不符的情况,因此可以借助于灰色关联分析方法来研究运输结构问题。但在数据分析中灰色关联分析方法带有以下两种较显著的弱点:

(1)局部关联倾向,即在点关联测度值离散分布的情况下,突出了大关联测度值的影响,并由这些值决定总体关联程度的取值;

(2)个性信息损失,平均值掩盖许多点关联测度值的个性化,没有充分利用由点关联测度值提供的丰富信息。

因此,本文采用灰关联熵分析方法,在关联度分析的基础上运用信息关联熵理论对区域运输结构系统与其影响因素间的发展变化态势做出定量描述和比较,改善了灰色关联分析的不足,为分析区域运输结构变化的原因提供了一种有效的方法。

二、灰关联熵分析的基本内容

灰关联熵分析将参考列与各比较列的时间序列数据的相似和吻合程度用信息熵的方法进行定量描述,以量化指标完成影响因素的吻合排序。设 $X_k = (x_{k1}, x_{k2}, \Lambda, x_{kn})$ 为第 k 个参考列的时间序列; $Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \Lambda, y_{in})$ 为相应时间段第 i 个比较列时间数据。 ξ_{ijk} 为参考列 X_k 与比较列 Y_i 在第 j 个时间段的灰关联系数,表示该时间段内参考列 X_k 与比较列 Y_i 间的吻合程度。

$$P_{ijk} = \xi_{ijk} / \sum_{i=1}^m \xi_{ijk}$$

对参考列 X_k 与比较列 Y_i 的灰关联系数 ξ_{ijk} 进行映射处理,根据灰熵定义及灰关联系数分布映射,由 P_{ijk} 为属性信息的 X_k 与 Y_i 的灰熵,可表示为:

$$H(P_{ik}) = - \sum_{j=1}^n P_{ijk} \ln P_{ijk}$$

$$(i = 1, \Lambda, m; k = 1, \Lambda, t; j = 1, \Lambda, n)$$

比较列的灰熵越大，则参考列与比较列的关联性越强或称两者吻合程度越好，说明比较列对于参考列的影响越大。

三、重庆地区运输结构的实证分析

1. 重庆地区客货运输结构影响因素的选择

运输结构是指运输部门内外部相互联系的各个方面和环节的有机比例和构成。通常情况下，某种运输方式在一定时间内完成的运输量大小及其比重，可以反映该种运输方式在运输系统中的地位与作用，也可以反映某种运输方式的发展状况和利用程度。另外，运输方式的技术结构、投资结构等均可直接或间接地在运输量的结构上综合地反映出来。

所以运输量结构是一个能够比较综合、全面反映运输结构的指标。

本文以各种运输方式的运输量比重来考察运输结构，并以运输量结构的变化来反映运输结构的演变。鉴于铁路、公路、水运在五中运输方式中比例较大，1996～2003 年间铁路、公路、水路客运周转量之和占重庆地区客运周转量总量的 94.1%，而这三种运输方式货运周转量之和占重庆地区货运周转量总量的 99.9%。

故要重点研究由以上三种运输方式所组成的重庆地区货运结构和客运结构的变化。

货物（旅客）周转量既反映了运量又体现了运输距离，是反映运输产品数量的重要指标，因此本文选用各种运输方式的运输周转量指标来计算划分率（某种运输方式的运输周转量占三种运输方式运输周转量之和的比重）。从各种运输方式的运输周转量的产生来看，它是外部经济需求和运输系统供给两方面的因素共同作用的结果。

区域运输结构的变化涉及因素众多，其影响因素的选择不仅应遵循客观性、科学性、完整性、有效性等普遍原则，还应满足层次性、区域性、主成分性与可操作性等原则。

根据以上原则，对于重庆地区货运结构，选取第一产业产值、第二产业产值、第三产业产值、海关进出口总值反映重庆地区运输结构的外部经济需求水平，同时选取公路线路里程、营运载货汽车、内河航道里程、铁路营运里程来反映运输系统供给水平，把以上 8 个指标作为重庆地区货运结构及货物运输周转量变化的影响因素。

旅客运输与交通供给设备水平、道路交通水平、人口增长水平和居民收入水平等因素有着较强的相关关系。因此，选取总人口、公路线路里程、营运载客汽车、城市居民人均可支配收入、农村人均纯收入、国内外游客人数、内河航道里程、铁路营运里程 8 个指标作为重庆地区客运结构及客运周转量的影响因素。

2. 重庆地区货运结构变化及原因分析

根据上文，计算得出 1996～2003 年重庆地区货运结构与其影响因素的灰熵。（见表 1）

表 1

重庆地区货运结构与其影响因素的灰熵

	第一产业	第二产业	第三产业	海关进出口总值	公路线路里程	营运载货汽车	内河航道里程	铁路营运里程	运输方式划分率与其影响因素的灰熵
货运周转量	2.075	2.046	2.016	2.068	2.075	2.040	2.053	2.076	
铁路货运划分率	2.074	2.037	2.018	2.054	2.076	2.037	2.052	2.077	16.425
公路货运划分率	2.045	2.057	2.010	2.027	2.054	2.049	2.066	2.043	16.352
水路货运划分率	2.073	2.044	2.019	2.059	2.072	2.038	2.050	2.075	16.430
货运结构与其影响因素灰熵	8.268	8.184	8.064	8.208	8.275	8.164	8.220	8.271	

表 1 中, 从纵向来分析, 第一产业、第二产业、第三产业、海关进出口总值这四个因素灰熵之和为 32.724, 而公路线路里程、营运载货汽车、内河航道里程、铁路营运里程灰熵之和为 32.930。

由此可见, 运输供给水平对重庆地区货运结构的影响要大于外部经济需求的影响。

其中对于重庆地区货运结构影响最大的因素分别是公路线路里程、铁路营运里程、第一产业。而第三产业与各运输方式货运划分率的灰熵均为最低, 说明第三产业的产品大都是无形的服务产品对重庆地区货运结构的影响不大。同时对重庆地区货运结构变化及原因分析如下:

(1) 如图 1 所示, 重庆地区公路货运划分率由 1996 年的 15% 升至 2003 年的 24%, 增加了 9%。公路线路里程与区域货运结构的灰熵最大为 8.275, 说明国家通过大力投资交通基础设施建设使重庆地区公路建设规模的增加和路网通达深度的提高, 为公路运输充分发挥优势提供了良好的条件。

仅 2002 年重庆地区公路运输业基本建设投资为 93280 万元, 而铁路运输业、水路运输业基本建设投资分别为 3420 万元、12886 万元。同时公路货运划分率与第二产业的灰熵排序第二, 数值为 2.057。这说明在公路运输的货种构成中主要以工业品为主, 重庆地区第二产业的发展极大地促进了公路货运的发展。

此外, 公路货运划分率与内河航道里程的灰熵 2.066, 说明由于公路承担铁路、水运货物的集疏运任务, 其他运输方式的发展也带动了公路货运的发展。而营运载货汽车与公路货运划分率排序为第四, 数值为 2.049, 说明营运载货汽车数量的增加基本适应了公路货运的发展。

总之, 公路运输方式供给水平的提高以及重庆地区外部经济需求的变化使得公路的技术优势得以进一步发挥。此外, 由于公路运营企业市场化程度很高, 相应提高了运输效率, 从而大大提高了在各种运输方式中的竞争力。

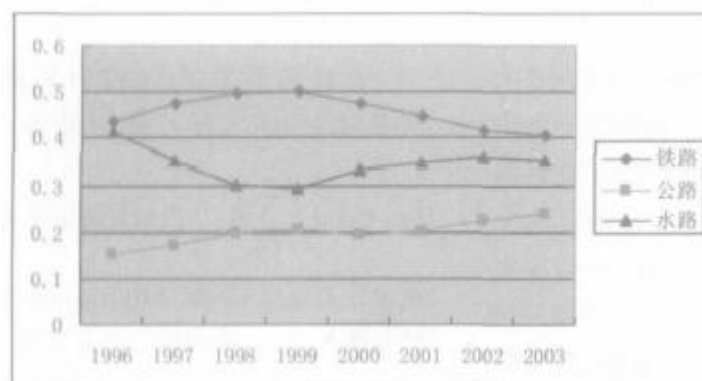


图1 重庆地区三种运输方式货运周转量划分率变化图

(2) 重庆水路货运划分率曾在 1999 年降至 29%，到 2003 年货运划分率恢复到 35%。随着重庆水运条件的改善尤其是 2003 年三峡蓄水通航，使重庆口岸水运进口量较 2002 年有大幅增长。所以重庆货运结构与内河航道里程、海关进出口总值的灰熵分别为 8.220、8.208，排序分别为第四、第五。与铁路相比，由于水运运输成本低，安全便捷，重庆地区水运的发展对货运结构也有较大的影响。

水路货运划分率与铁路营业里程、公路线路里程的灰熵排序分别为第一、第三，数值分别为 2.075、2.072，说明重庆地区腹地集疏网络的逐步完善，适应了重庆水运发展的要求并使水运对周边地区的带动力增强。

2004 年重庆水路货运周转量首次超过铁路，位居各类运输方式之首。

重庆水运主要承担了大豆等商品的进口及摩托车和玻璃纤维的出口。因此，水路货运划分率与第一产业、海关进出口总值的灰熵分别为 2.073、2.059，排序分别为第二、第四。

重庆市水路运输资源利用程度的提高，对外贸事业的发展的贡献突出，进一步反映了重庆地区运输结构逐步向着合理化方向发展。

(3) 重庆铁路货运划分率在 1999 年高达 50%，然而自 2000 年以来铁路货运划分率逐年下降，2003 年降至 40.6%。铁路运输成本虽然高于水路，却因铁路线网较密集且运量大，在重庆市货运周转量多年来一直稳居第一位。在 1999 年后，随着公路与水路提高了市场供给能力和生产经营的效率，使其自身所拥有的运输潜能得到了较大的释放。

相比之下，铁路货运划分率与铁路营业里程灰熵最大为 2.077，而铁路营业里程在 1996~2001 年期间均为 591.4 公里，到 2002 年才增加到 632 公里。由于铁路的发展规模及发展速度无法满足国民经济发展的需求，随着经济的迅速发展，重庆铁路货运运力紧张，仅能满足煤炭、化肥、盐、粮食等物资的运输，难以发展高附加值的货物运输。

铁路货运划分率与第一产业的灰熵 2.074，排序为第三，也反映了铁路货物运输与重庆地区的农业发展有较高的相关关系。同时，铁路市场化取向改革的落后使铁路现有的制度安排难以有效激励铁路的生产活动，难以使铁路在根本上解决市场竞争的问题，这也使得铁路不断地丢失货运市场份额。

表 1 中，从横向来分析，水路货运划分率与其影响因素的灰熵总和最大为 16.430，其次是铁路、公路。说明在 1996~2003 年间由于铁路和水路与影响重庆地区货运结构的因素的关联程度高于公路，使得铁路与水路的货运划分率较高。

3. 重庆地区客运结构变化及原因分析

我们选取铁路、公路、水路三种运输方式客运周转量的划分率及三种运输方式客运周转量之和分别作为参考数据列。同时选取重庆客运结构的八个影响因素分别作为比较数据列，得出 1996~2003 年重庆地区客运结构与其影响因素的灰熵。（见表 2）

表 2 中，从纵向来分析，公路线路里程、营运载客汽车、内河航道里程、铁路营运里程这四个因素灰熵之和为 32.993，而总人口、城市居民人均可支配收入、农村人均纯收入、国内外游客数灰熵之和为 32.905。

由此可见，运输供给水平对重庆地区客运结构的影响要大于外部社会经济需求的影响。

其中对于重庆地区客运结构影响最大的因素分别是总人口、公路线路里程、铁路营运里程。而国内外游客数与各运输方式客运划分率均为最低，说明重庆地区旅游业对交通运输业发展的带动作用小。同时对重庆地区客运结构变化及原因分析如下：

表 2 重庆地区客运结构与其影响因素的灰熵

	总人口	公路线路里程	营运载客汽车	城市人均可支配收入	农村人均纯收入	国内外游客数	内河航道里程	铁路营运里程	运输方式划分率与其影响因素的灰熵
客运周转量	2.077	2.079	2.036	2.074	2.077	2.010	2.070	2.077	
铁路客运划分率	2.079	2.076	2.034	2.069	2.072	2.012	2.063	2.078	16.484
公路客运划分率	2.074	2.077	2.039	2.078	2.079	2.013	2.075	2.074	16.508
水路客运划分率	2.069	2.065	2.025	2.057	2.059	2.007	2.053	2.069	16.405
客运结构与其影响因素灰熵	8.300	8.300	8.133	8.277	8.287	8.041	8.262	8.298	

（1）如图 2 所示，公路客运划分率逐年升高，由 1996 年的 52%升至 2003 年的 75%，使得重庆地区公路客运的主导地位日益增强。公路客运划分率与农村人均纯收入、城市居民人均可支配收入、公路线路里程灰熵排序分别为第一、第二、第三，数值分别为 2.079、2.078、2.077。

一方面，说明随着重庆地区经济的发展，居民生活水平的提高，刺激了居民的出行需求。另一方面，说明公路运输通过扩大运输网络规模从供给角度来满足潜在的运输需求，随着营运载客汽车数量的增加与高速客运的兴起，公路在客运市场中的竞争力进一步提高，分流了一部分水路、铁路客源。

同时公路作为独立的短途运输工具，在整个运输系统中承担铁路、水运等运输方式的客流集散功能。

因此，公路客运周转量的增量是重庆地区客运周转量增量的主要组成部分。

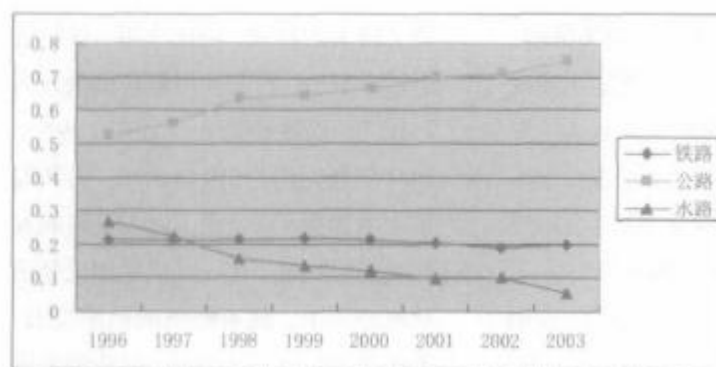


图2 重庆地区三种运输方式客运周转量划分率变化图

(2) 铁路客运划分率略有下降，由1996年的21%降至2003年的19.9%。铁路客运划分率与总人口和铁路营业里程灰熵较大，分别为2.079、2.078。而重庆地区铁路运输处于资源短缺型状态，铁路营业里程对促进铁路客运周转量增长的作用有限。

因此，在公路客运快速发展的情况下，铁路客运划分率略有下降。

(3) 由于水路运输的速度慢且安全隐患多，特别是三峡旅游经济的发展缓慢，水路客运划分率与国内外游客数的灰熵最小为2.007，使重庆水路客运已呈萎缩趋势。水路客运划分率由1999年的26.6%降至2003年的5.4%。水路运输中的相当部分客运都被公路运输所取代。

表2中，从横向来分析，公路客运划分率与其影响因素的灰熵总和最大为16.508，其次是铁路、水路分别为16.484和16.405。在1996~2003年间由于公路与影响区域客运结构因素的关联程度最高，使得公路客运划分率高于铁路和水运，并呈现不断上升的趋势。而水路客运划分率与其影响因素的灰熵远远低于其它运输方式，使得水路客运划分率与其每一项影响因素的关联程度较低，因此重庆地区水路客运呈萎缩趋势。

从重庆交通运输系统的竞争态势来看，公路运输在整个综合运输体系中的地位不断上升，其客运的主导地位日益加强。重庆市水路运输资源利用程度的提高，水路货运发展迅速。

这也反映了重庆地区运输结构发展呈现出的良好态势的一面。但重庆地区铁路的发展规模及发展速度无法满足国民经济发展的需求使得其在运输体系中地位下降。

铁路是资源节约型的运输方式，铁路在重庆地区的综合运输体系中处于骨干地位，这不仅由其载运量大、运行成本低等技术经济优势决定的，而且也是我国的国情所决定的。

综合运输体系要求各种运输方式发展的协同、运输管理的协调、运输过程的协作。因此，应加大对重庆地区铁路的投资，加快铁路发展，从而缓解重庆地区铁路供给的不足，实现各运输方式的协调发展。

对运输结构的分析与调整问题的研究是当前我国交通运输发展中的一个重要的理论和现实课题。影响区域运输结构的因素还有很多如区域能源结构、运输方式技术性能的改善、政策因素等。

本文选取的影响因素综合考虑了区域运输结构的特点和实际操作的可性，具有系统全面、简单实用的特点。通过各种运输方式在客货运结构中变化的原因分析，有利于找出运输结构存在的问题，从而为运输结构的调整提供有益的参考。

诚然，为实现各种运输方式的协调发展和合理利用，使综合运输体系在质和量上与运输总需求相适应，更深入的研究有待于继续开展下去。