

# 地级行政区尺度的中国公路网络发展水平 与协调性评价

刘 东<sup>1,2,3</sup>, 金凤君<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;  
3. 交通运输部规划研究院, 北京 100028)

**摘 要:**对不同尺度区域的交通发展研究是交通地理学研究的重要范畴。中国不同区域间公路网络发展水平存在较大差异, 仅在31个省级行政区尺度上考察这种差异存在较大局限性; 在地级行政区尺度上的研究能够更加精确地考察公路网发展的区域差异。以全国333个地级行政区为研究对象, 首先选取公路网络相关的9个指标, 运用加权平均法构建区域公路网络综合评价模型, 对地级行政区尺度公路网络发展水平进行评价, 并划分为三级区域, 空间上具有东、中、西阶梯状分布的特征; 其次, 选取7个区域经济相关指标, 构建区域经济综合评价模型以及区域公路网络发展与经济发展的相关性模型, 证明两者之间具有显著的正相关关系; 然后, 通过计算协调指数, 对333个地级行政区公路网络与经济发展的协调性进行了评价, 并划分为“超前”、“协调”和“滞后”三类区域。其中滞后区域与第三级区域主要分布于西部地区, 公路网络发展水平较低且滞后于经济发展的地级行政区有92个, 是未来中国公路网络优化升级的重点区域。

**关 键 词:**地级行政区; 公路网络; 发展水平; 协调性; 中国

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.02.010

中图分类号: K902

文献标识码: A

## 1 引言

对不同尺度区域交通运输发展水平进行评价, 是交通地理学的重要研究领域之一。国内外一些学者通过构建不同评价指标体系和模型, 在区域交通运输发展水平评价以及区域交通运输发展与经济发展的协调性方面已经开展了许多研究。

在中国区域交通运输发展水平评价方面, 金凤君等(2008)界定了交通优势度的基本概念, 基于GIS技术构筑了交通优势度评价的空间数理模型, 并对中国2365个县级地域单元进行了实证分析; 封志明等(2009)采用公路密度、铁路密度等8个指标, 建构交通通达指数, 并运用GIS技术计算了2005年中国分县和分省通达指数; 陈洁等(2008)、白永平(2012)运用重力模型、空间句法模型等方法, 分别对京津冀都市圈、关中—天水经济区的可达性进行了定量分析; 刘俊等(2009)、孙威等(2010)、王

成新等(2010)、张新等(2011)、沈惊宏等(2012)等使用加权平均法、主成分分析法、GIS方法等, 对江苏、山西、山东、河北、安徽等省县级行政区的可达性、交通优势度进行了评价; 田智慧等(2008)基于技术评价指标体系对郑州市公路网发展水平进行了研究, 结果显示不同区域的交通运输发展水平差异较大, 而都市圈内各城市之间则相对均衡。

针对交通运输系统与经济系统的相关性或协调性, 国外学者 Cantos 等(2005)、Targa 等(2005)、Schade(2006)、Mahady 等(2008)的研究表明, 交通基础设施建设对各产业增加值有显著的正向作用, 交通投资带来运输时间的节约, 能够有效扩大区域经济的辐射范围; 较为完善的路网布局和较好的服务功能能够为高强度的经济活动提供有力的支撑。在国内, 武旭等(2005)、李卫东等(2005)、陈荔等(2009)、王振波等(2010)、朱兵等(2010)、刘传明等(2011)、黄晓燕等(2011)、程钰等(2013)等学者分别

收稿日期: 2013-04; 修订日期: 2013-11。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171107); 中国科学院地理科学与资源研究所“一三五”战略科技计划项目(2012QY004, 2011RC201)。

作者简介: 刘东(1978-), 河北衡水人, 博士研究生, 主要研究方向为交通地理、区域规划, E-mail: leastar@sohu.com。

通讯作者: 金凤君(1961-), 内蒙古赤峰人, 研究员, 博士生导师, 主要从事经济地理与区域经济研究, E-mail: jinfj@igsrr.ac.cn。

运用DEA包络、非线性加权综合评价、加权灰色关联度评价等方法,通过构建评价指标体系,从不同角度和侧重点,对全国尺度、新疆、湖北、海南等省区、济南等市的交通运输系统与经济系统的相关性、协调性或适应性进行了分析。

从现有研究来看,在公路网络发展评价方面还需要进一步深化,且较少涉及中国区域公路网络发展水平与经济协调性的评价。此外,出于对统计数据获取便利性的考虑,在研究尺度上,以往研究多集中在全国31个省级尺度或某省范围之内,而缺少对全国更低一级空间尺度上的区域公路网发展水平及其协调性分析。地级行政区是中国介于省级与县级行政区之间的行政区域单元,2010年中国大陆地区共有333个地级行政区,分布在除北京、天津、上海、重庆4个直辖市以外的27个省和自治区。地级行政区在地区经济社会发展、促进区域协调、维护国家稳定等方面,发挥着不可替代的作用。通过构建评价指标体系和模型,评价地级行政区尺度中国公路网络发展水平,并分析地级行政区公路网络与经济协调性,从中遴选出公路网络发展水平较为落后,以及公路网络发展滞后于经

济发展的地区,从而为区域公路网络的优化升级提供依据。

2 研究方法

2.1 评价指标及数据源

用于评价区域公路网络发展水平的指标众多,基于指标的全面性、代表性和独立性原则,选取了反映公路网络规模、等级、通达性、运量等4个方面的9个典型指标,建立区域公路网络评价指标体系(表1)。相关数据通过查阅各省交通统计资料获得。

在对区域经济发展水平的评价方面,重点选取了反映区域人口、经济、收入、财政、投资和消费等6个方面的7个指标,构建了区域经济评价指标体系(表2)。相关数据通过查阅各省统计年鉴获得。

2.2 发展水平评价模型

对区域公路网络或经济发展进行综合评价时,由于各指标之间单位、量级不同,需对指标作标准化处理,第 $j$ 个区域的第 $i$ 个指标的标准值( $k'_{ij}$ )计算公式为:

表1 区域公路网络评价指标

Tab.1 Evaluation indicators of regional highway networks

类别	指标	指标描述	全国平均值
规模	面积密度 $\delta_a$	单位面积拥有的公路里程	$\delta_{a0}=12.63\text{ km}/100\text{ km}^2$
	车辆密度 $\delta_v$	单位车辆拥有的公路里程	$\delta_{v0}=1.54\text{ km}/100\text{ 辆}$
等级	平均技术等级 $J$	各等级公路里程加权平均值	$J_0=3.80$
	平均路面等级 $M$	各路面铺装公路里程加权平均值	$M_0=1.91$
通达性	县级节点连通度 $C$	国道对县级行政节点的连通程度	$C_0=1.89$
	建制村通畅率 $T$	通沥青(水泥)路建制村的比重	$T_0=81.7\%$
运量	国道年交通量 $AADT$	国道年平均日交通量	$AADT_0=9239\text{ 辆}/\text{d}$
	公路客运强度 $\alpha$	单位公路里程承担的客运量	$\beta_{\text{客}0}=2.52\text{ 万人}/\text{km}$
	公路货运强度 $\beta$	单位公路里程承担的货运量	$\beta_{\text{货}0}=2.02\text{ 万 t}/\text{km}$

表2 区域经济评价指标

Tab.2 Evaluation indicators of regional economies

类别	指标	指标描述	全国平均值
人口	人口密度 $D$	单位面积土地上居住的人口数量	$D_0=140\text{ 人}/\text{km}^2$
经济	人均生产总值 $GDP_p$	单位人口的地区生产总值	$GDP_{p0}=29992\text{ 元}$
收入	城镇居民人均可支配收入 $CM$	城镇居民单位人口的收入	$CM_0=19019\text{ 元}$
	农民人均纯收入 $NM$	农村居民单位人口的收入	$NM_0=5919\text{ 元}$
财政	人均财政收入 $CS$	单位人口的地方一般预算财政收入	$CS_0=3029\text{ 元}$
投资	人均固定资产投资额 $GT$	单位人口的固定资产投资额	$GT_0=20741\text{ 元}$
消费	人均社会消费品零售额 $SX$	单位人口的社会消费品零售额	$SX_0=11708\text{ 元}$

$$k'_{ij} = \frac{k_{ij}}{k_0} \tag{1}$$

式中： $k_{ij}$ 是第*j*个区域的第*i*个指标的原始数据； $k_0$ 是第*i*个指标的全国发展水平值。

基于统计资料数据,计算得到2010年9个公路网络指标和7个经济指标的全国发展水平值(表1和表2)。进而得到全国333个地级行政区公路网络和区域经济发展水平各指标的标准值。在处理时对于逆向指标须进行同向化处理。

对于区域公路网络或经济发展水平的综合测算,采用将各指标标准值  $k'_{ij}$  赋予相应的权重进行加权平均的方法。将区域公路网络综合指标定义为“公路指数”( $H_j$ ),计算公式为:

$$H_j = \sum_{i=1}^9 h'_{ij} \omega_{hi} \tag{2}$$

式中： $h'_{ij}$ 是第*j*个区域第*i*个公路网络指标的标准值； $\omega_{hi}$ 是第*i*个公路网络指标的权重。

按照各指标在指标体系中的重要程度排序,通过专家打分法和层次分析法分别赋予不同的权重。将区域公路网络9个评价指标分为3个等级。其中,面积密度、平均技术等级、平均路面等级指标直接反映公路网的规模和质量,为“重要”等级,赋值为3;县级节点连通度、建制村通畅率指标反映公路网的通达程度,为“比较重要”等级,赋值为2;车辆密度、国省道交通量、客运强度、货运强度指标反映公路网承担的车辆数、交通量和运量水平,为“一般”等级,赋值为1。3个等级指标的权重分别为0.1765、0.1176、0.0588。

经过加权平均后,全国公路指数  $H_0=1$ ;各地级行政区公路指数  $H_j$  的大小反映各地区公路网络发展相对水平的高低; $H_j > 1$ ,表明该地区公路网络发展水平高于与全国水平; $H_j < 1$ ,则反之。

对于区域经济综合指标,将其定义为“经济指数”( $E_j$ ),计算公式为:

$$E_j = \sum_{i=1}^7 e'_{ij} \omega_{ei} \tag{3}$$

式中： $e'_{ij}$ 是第*j*个区域第*i*个经济指标的标准值； $\omega_{ei}$ 是第*i*个经济指标的权重。

将区域经济7个评价指标也按照重要程度划分为3个等级。其中,人均GDP为“重要”等级;城镇居民人居可支配收入、农民人均纯收入为“比较重要”等级;人口密度、人均财政收入、人均固定资产投资额、人均社会消费品零售额为“一般”等级。3个等级权重分别为0.2727、0.1818和0.0909。

经过加权平均后,全国经济指数  $E_0=1$ 。将各地级行政区经济指数  $E_j$  与1作比较,可反映各地区经济综合发展水平相对于全国水平的高低程度。

2.3 相关性评价模型

在得到区域公路指数和经济指数后,用皮尔森(Pearson)线性相关公式  $y=ax+b$  进行拟合,并计算相关系数  $r$ ,公式如下:

$$H_j=a \times E_j+b \tag{4}$$

式中： $E_j$ 是第*j*个区域的经济指数,作为横坐标*x*; $H_j$ 是第*j*个区域的公路指数,作为纵坐标*y*; $a$ 为斜率; $b$ 为截距。

相关系数  $r$  的计算方法为:

$$r = \frac{\sum (H_j - \overline{H_j})(E_j - \overline{E_j})}{\sqrt{\sum (H_j - \overline{H_j})^2 \sum (E_j - \overline{E_j})^2}} \tag{5}$$

式中： $\overline{H_j}$ 为  $H_j$  的均值； $\overline{E_j}$ 为  $E_j$  的均值。 $r$  的绝对值  $|r|$  反映两变量间相关的程度,  $|r|$  越接近于1,表明相关程度越高,衡量标准见表3。

2.4 协调性评价模型

区域公路网络与区域经济之间除具有一定程度的相关性外,还表现出一定的协调性。落后的公路基础设施难以适应区域经济社会发展和运输发展的需求,而公路基础设施水平偏高的区域,如果没有较为发达的经济以及由此产生的运输需求,在某种程度上也会造成资源的浪费。公路网络是一个区域的基础性、先导性和服务性设施,应“适度超前”于区域经济发展,将此定义为两者“协调”发展;如果区域公路网络发展水平比区域经济发展水平高出很多,则表现为“超前”于区域经济发展;如果区域公路网络发展水平低于区域经济水平,则表现为“滞后”于区域经济发展。

计算得到区域公路网络与经济相关系数后,如果两者具有较高的相关性,则可根据公式(4),输入各区域经济指数  $E_j$ ,得到对应区域公路指数的理想值  $H'_j$ 。  $H'_j$  代表对应于经济发展水平  $E_j$ ,  $j$

表3 相关系数|r|的取值与相关程度

Tab.3 Correlation coefficient and degree of correlation	
r 的取值范围	相关程度
0.00~0.19	极低相关
0.20~0.39	低度相关
0.40~0.59	中度相关
0.60~0.79	高度相关
0.80~1.00	极高相关



区域的公路网络所应达到的发展水平。通过计算  $H_i$  与  $H_j$  的比值  $\rho_i$ (协调指数),可判断区域公路网络与经济发展的协调性,协调指数计算公式如下:

$$\rho_i = \frac{H_i}{H_j}$$

(6)

协调性评价标准根据专家打分法得到(表4)。

表4 协调性评价标准  
Tab.4 Evaluation criteria of coordination

协调指数 $\rho$	协调性
$\rho_i \geq 1.15$	区域公路网络发展“超前”于经济发展
$1 \leq \rho_i < 1.15$	区域公路网络与区域经济“协调”发展
$\rho_i < 1$	区域公路网络发展“滞后”于经济发展

3 公路网络发展水平评价

按照公式(2),对全国333个地级行政区的公路指数进行计算,计算结果见图1。

中国地级行政区尺度公路指数  $H_i$  分布于0.361~5.992之间。全国333个地级行政区中,  $H_i$  高于全国平均水平的有227个, 低于平均的有106个。其中, 东莞市、深圳市的发展指数最高, 分别为5.992、5.698; 阿里地区、那曲地区的发展指数最低, 分别为0.380、0.361。

按照公路指数  $H_i$  的大小, 可将333个地级行政区划分为三类区域(图2)。

(1) 一级区域

公路网络发展水平较高, 公路指数  $H_i$  相当于全国水平的150%以上, 包括东莞、深圳、佛山等104个地级行政区, 主要分布于东、中部地区。其中, 东部地区有68个, 占总数的65%, 江苏(13个)、浙江(9个)、山东(10个)、广东(11个)为公路发展水平较高的省份; 中部地区29个, 占总数的28%, 安徽(9个)、河南(12)为发展水平较高的省份; 西部地区仅7个地级行政区为一级区域, 占总数的7%。

(2) 二级区域

公路网络发展水平中等, 公路指数  $H_i$  相当于全国平均水平的100%~150%, 包括运城、福州、鞍山等121个地级行政区, 主要分布在中部地区。其中, 东部地区28个, 占总数的23%; 中部地区61个, 占50%; 西部地区32个, 占27%。

(3) 三级区域

公路网络发展水平较低, 公路指数  $H_i$  低于全国

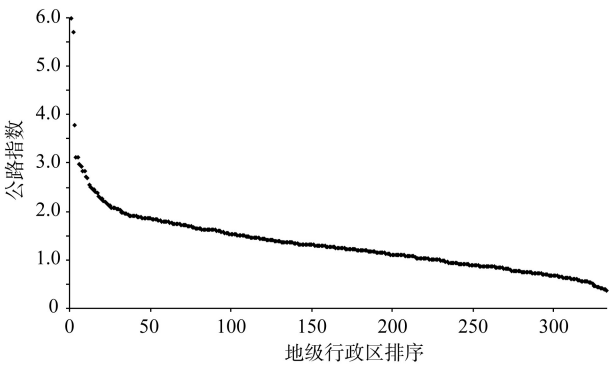


图1 地级行政区公路指数排序

Fig.1 Ranking of prefecture-level administrative regions with highway index

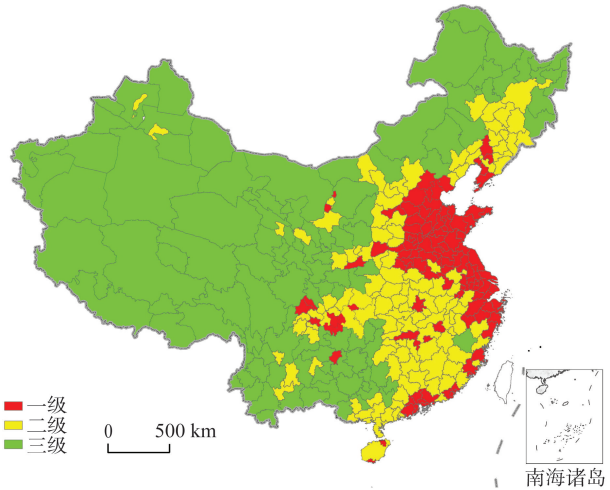


图2 地级行政区公路指数分类

Fig.2 Classification of prefecture-level administrative regions with highway index

平均水平, 包括承德、绵阳、嘉峪关等108个地级行政区, 主要分布于西部地区。其中, 东部地区仅2个, 占总数的2%; 中部地区有15个, 占14%, 黑龙江(11个)为中部地区公路发展水平较低的省份; 西部地区91个, 占84%, 云南(14个)、甘肃(13个)、新疆(12个)、西藏(7个)等省区的公路发展水平在全国排名靠后, 尤其是西藏自治区, 除拉萨外的其余6个地级行政区排名均在全国后10位。

以上分析可见, 三类区域在空间分布上具有明显的东、中、西阶梯状分异格局, 与中国经济空间分布格局基本吻合。一级区域中, 东部地区的华北、华东和珠三角等地区的公路网络发展水平最高, 这些区域的共同特点是地势较为平坦、人口和城镇分布密集、经济发展水平高、交通需求大, 为公路网络

发展提供了良好的基础条件。二级区域主要分布于华中、华南地区以及吉林、山西等省,这些区域的地形地质条件较为复杂,经济发展水平中等。三级区域主要分布于西北、西南地区,其地形地质条件复杂,人口和城镇分布分散,经济发展水平落后,交通需求小,公路网络发展水平低。

4 公路网络与经济发展协调性评价

按照公式(2)和公式(3),分别计算333个地级行政区的公路指数 $H_j$ 和经济指数 $E_j$ ,再按照公式4进行线性拟合。得到地级行政区公路网络与经济发

$$H_j=0.8478\times E_j+0.3732 \tag{7}$$

展的线性相关性公式(图3):

根据公式(5),计算得到相关系数 $r=0.8328$ 。对照表3可知, $r>0.8$ ,说明333个地级行政区公路网络发展与经济发展之间存在极高的正相关性。

根据公式(7),输入各地级行政区经济指数 $E_j$ ,计算对应地级行政区公路指数的理想值 $H'_j$ 。再根据公式(6),计算各地级行政区的协调指数 $\rho_j$ 。最后按照表4,判断各地级行政区公路网络与经济发展之间的协调性,按照协调指数 $\rho_j$ 的大小排序(图4)。

333个地级行政区中,协调指数最高的是东莞市, $\rho_{\max}=1.634$ ,表明公路网络发展高度超前于经济发展水平;协调指数最低的是阿拉善盟, $\rho_{\min}=0.223$ ,表明公路网络发展严重滞后于经济发展水平。

根据协调性评价结果,可将全国333个地级行政区分为三类区域(图5):

(1) 超前区域

公路网络发展“超前”于经济发展的地级行政区,协调指数 $\rho_j\geq 1.15$ ,包括东莞、六安、运城等90个地级行政区,主要分布在中、东部地区,其中东部35个,中部44个,西部11个。其中一些公路网络超前的地级行政区,虽然自身经济发展水平不一定很高,但由于其具有良好的区位优势,有较大的过境交通需求,因此需要较为发达的公路网络支撑。

(2) 协调区域

公路网络与经济协调发展的地级行政区,协调指数 $1\leq \rho_j < 1.15$ ,包括铜陵、襄阳、铜川等85个地级行政区,在东、中、西部地区均有分布,其中东部34个,中部25个,西部26个。这些地级行政区的公路网络发展水平较好地支撑了其经济社会发展。

(3) 滞后区域

公路网络发展“滞后”于经济发展的地级行政

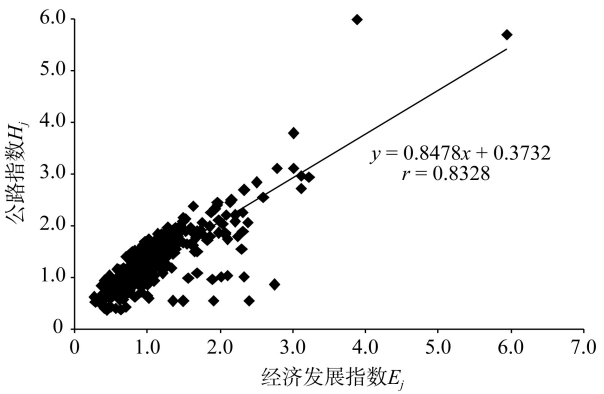


图3 地级行政区 $E_j$ 和 $H_j$ 线性拟合

Fig.3 Linear fitting formula of  $E_j$  and  $H_j$  of prefecture-level administrative regions

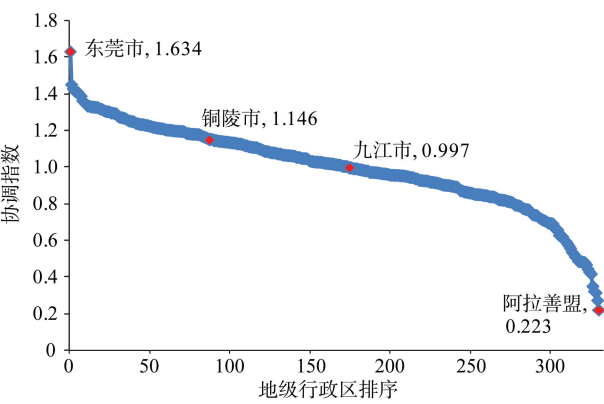


图4 地级行政区协调指数排序

Fig.4 Ranking of prefecture-level administrative regions with coordination index

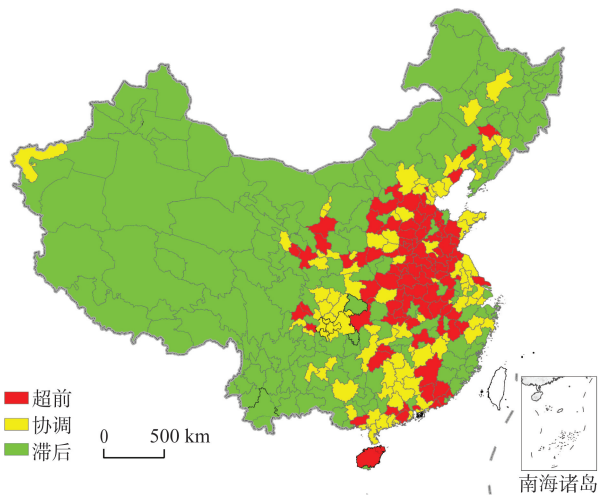


图5 地级行政区协调指数分类

Fig.5 Classification of prefecture-level administrative regions with coordination index

区,协调指数 $\rho_j < 1$ ,包括九江、洛阳、贵港等158个地级行政区,主要分布于西部地区,其中东部29个,中部36个,西部93个。对于这些公路网络发展滞后的地级行政区,应加快公路建设,提高公路网络对经济发展的支撑和保障能力。

通过对图5和图2的比较可以看出,按照协调性划分的三类区域,与按照公路网络发展水平划分的三级区域在分布上既有差异又有共性。差异体现在:①公路网络发展“超前”区域多集中于中部地区,而公路网络发展水平较高的一级区域多位于

东部地区;②“协调”区域在中国东、中、西部地区均有分布,而公路网络发展水平中等的二级区域多集中在中部地区。共性体现在“滞后”区域多位于西部地区,这与公路网络发展水平较低的三级区域分布大体一致。

其中,属于公路网络发展水平较低的三级区域,且公路网络发展水平“滞后”于经济发展的地级行政区有92个(表5)。对于这些区域,需要加强公路网络薄弱环节的建设,提升公路整体发展水平,以适应区域经济发展的需求。

表5 公路网络发展水平为三级且滞后于经济发展的地级行政区

Tab.5 Prefecture-level administrative regions in the lagged category and with the third level of highway index	
标准	地级行政区(92个)
$\rho_j < 1$ 且 $H_j < 1$	承德、绵阳、嘉峪关、泸州、南平、大庆、延边、梧州、柳州、鸡西、榆林、齐齐哈尔、桂林、曲靖、金昌、来宾、崇左、佳木斯、双鸭山、商洛、百色、延安、伊春、汉中、牡丹江、鄂尔多斯、雅安、鹤岗、白银、拉萨、昌吉、红河、保山、湘西、黔西南、遵义、大理、德宏、西双版纳、昭通、文山、吐鲁番、乌兰察布、毕节、黑河、铜仁、塔城、楚雄、通辽、赤峰、黔南、伊犁、博尔塔拉、阿克苏、庆阳、临沧、张掖、武威、丽江、迪庆、黔东南、普洱、陇南、酒泉、凉山、海北、阿勒泰、巴音郭楞、哈密、兴安、黄南、巴彦淖尔、海南、甘南、阿坝、大兴安岭、怒江、呼伦贝尔、喀什、阿拉善、锡林郭勒、海西、和田、果洛、昌都、林芝、甘孜、玉树、山南、日喀则、阿里、那曲

5 结论

选取反映公路网络发展的9个指标和反映区域经济的7个指标,构建综合发展水平评价模型和协调性评价模型,对中国333个地级行政区公路网络的发展水平以及公路网络与经济协调性进行了评价。主要结论如下:

- (1) 公路网络综合评价模型结果表明,中国333个地级行政区的公路指数处于0.361~5.992之间,不同地区间公路网络发展水平存在较大差异,各省份内部也存在一定差异。按照公路指数的大小,可将全国333个地级行政区分为三级区域,分别包括104、121和108个地级行政区。不同发展水平的三级区域在数量上呈现“三足鼎立”的局面,在分布上呈现东、中、西阶梯分布。
- (2) 地级行政区公路指数和经济指数拟合的相关系数为0.8328,表明中国地级行政区公路网络与经济发展之间存在极高的正相关性,可以通过输入各地区经济指数,得到相应地区公路指数的理想值。
- (3) 公路网络与经济发展协调性评价模型计算表明,中国333个地级行政区的协调指数处于0.223~1.634之间。按照协调指数的大小,可将333个地级行政区分为“超前”、“协调”、“滞后”三类区

域,分别包括90、85和158个地级行政区。可见,与经济发展相比,中国近半数地级行政区的公路网络发展滞后。

(4) 公路网络发展滞后于经济发展且公路网络发展水平属于三级区域的地级行政区共有92个,是未来公路网络优化升级的重点区域。

此外,以下问题还有待未来进一步深化研究:在评价指标方面,可补充反映区域公路网养护水平、安全水平等指标;在评价对象方面,仅考虑了公路交通发展水平,没有考虑其他运输方式,今后研究可考虑对区域综合运输发展指标进行评价;在研究尺度方面,下一步可对更小尺度如全国2800多个县级行政区的交通发展水平及其分布的规律性进行全面研究。

参考文献(References)

白永平,陈博文,吴常艳. 2012. 关中—天水经济区路网空间通达性分析. 地理科学进展, 31(6): 724-732. [Bai Y P, Chen B W, Wu C Y. 2012. Spatial accessibility of road network in Guanzhong-Tianshui economic region. Progress in Geography, 31(6): 724-732.]

陈洁,陆锋. 2008. 京津冀都市圈城市区位与交通可达性评价. 地理与地理信息科学, 24(2): 53-56. [Chen J, Lu F. 2008. Location advantage and accessibility evaluation on



- Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Area. *Geography and Geo-Information Science*, 24(2): 53-56.]
- 陈荔, 马荣国, 张菁. 2009. 基于SWOT的区域公路交通与经济适应性的适应性. *长安大学学报*, 11(1): 28-32. [Chen L, Ma R G, Zhang J. 2009. Adaptability between road traffic and economic development based on SWOT. *Journal of Chang'an University*, 11(1): 28-32.]
- 程钰, 刘雷, 任建兰. 2013. 济南都市圈交通可达性与经济发展水平测度及空间格局研究. *经济地理*, 33(2): 60-64. [Cheng Y, Liu L, Ren J L. 2013. The study about measuring of the relationship between transportation accessibility and the level of economic growth and spatial structure at county level. *Economic Geography*, 33(2): 60-64.]
- 封志明, 刘东, 杨艳昭. 2009. 中国交通通达度评价: 从分县到分省. *地理研究*, 28(2): 419-429. [Feng Z M, Liu D, Yang Y Z. 2009. Evaluation of transportation ability of China: from county to province level. *Geographical Research*, 28(2): 419-429.]
- 黄晓燕, 曹小曙, 李涛. 2011. 海南省区域交通优势度与经济发展关系. *地理研究*, 30(6): 985-999. [Huang X Y, Cao X S, Li T. 2011. The relationship between regional transport superiority and regional economic performance in Hainan. *Geographical Research*, 30(6): 985-999.]
- 金凤君, 王成金, 李秀伟. 2008. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析. *地理学报*, 63(8): 787-798. [Jin F J, Wang C J, Li X W. 2008. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. *Acta Geographica Sinica*, 63(8): 787-798.]
- 李卫东, 王稼琼. 2005. 中国公路交通与社会经济发展的适应性刍议. *交通运输系统工程与信息*, 6(3): 9-12. [Li W D, Wang J Q. 2005. Research on the adaptive relationship between highway transportation and social & economic development in China. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 6(3): 9-12.]
- 刘传明, 曾菊新. 2011. 县域综合交通可达性测度及其与经济发展水平的关系: 对湖北省79个县域的定量分析. *地理研究*, 30(12): 2210-2221. [Liu C M, Zeng J X. 2011. The calculating method about the comprehensive transport accessibility and its correlation with economic development at county level: the statistical analysis of 79 counties in Hubei Province. *Geographical Research*, 30(12): 2210-2221.]
- 刘俊, 陆玉麒, 孟德友. 2009. 基于不同指标的公路交通网络可达性评价: 以江苏省为例. *工业技术经济*, 28(2): 78-82. [Liu J, Lu Y Q, Meng D Y. 2009. Highway transport network accessibility evaluation based on different indicators: example of Jiangsu Province. *Industrial Technology & Economy*, 28(2): 78-82.]
- 沈惊宏, 陆玉麒, 兰小机. 2012. 区域综合交通可达性评价: 以安徽省为例. *地理研究*, 31(7): 1280-1293. [Shen J H, Lu Y Q, Lan X J. 2012. Assessment on accessibility of regional comprehensive transport: a case of Anhui. *Geographical Research*, 31(7): 1280-1293.]
- 孙威, 张有坤. 2010. 山西省交通优势度评价. *地理科学进展*, 29(12): 1562-1569. [Sun W, Zhang Y K. 2010. Assessment of transportation superiority degree in Shanxi Province. *Progress in Geography*, 29(12): 1562-1569.]
- 田智慧, 曾琦. 2008. 区域公路网技术评价指标体系研究. *安徽师范大学学报*, 31(4): 371-375. [Tian Z H, Zeng Q. 2008. Research on technical evaluation indicator system of area highway network. *Journal of Anhui Normal University*, 31(4): 371-375.]
- 王成新, 王格芳, 刘瑞超. 2010. 区域交通优势度评价模型的建立与实证: 以山东省为例. *人文地理*, 25(1): 73-76. [Wang C X, Wang G F, Liu R C. 2010. Empirical research on evaluation model of transport superiority degree: a case study of Shandong Province. *Human Geography*, 25(1): 73-76.]
- 王振波, 徐建刚, 朱传耿. 2010. 中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系. *地理学报*, 65(4): 416-426. [Wang Z B, Xu J G, Zhu C G. 2010. The county accessibility divisions in China and its correlation with population distribution. *Acta Geographica Sinica*, 65(4): 416-426.]
- 武旭, 胡思继, 崔艳萍. 2005. 交通运输与经济协调发展评价的研究. *北京交通大学学报*, 4(2): 10-14. [Wu X, Hu S J, Cui Y P. 2005. Study on evaluation of harmonious development between transportation and economy. *Journal of Beijing Jiaotong University*, 4(2): 10-14.]
- 张新, 刘海炜, 董文. 2011. 省级主体功能区划的交通优势度的分析与应用: 以河北省为例. *地球信息科学学报*, 13(2): 170-176. [Zhang X, Liu H W, Dong W. 2011. Transport superiority degree analysis and application for Major Function Regions zoning at provincial level: a case study of Hebei Province. *Journal of Geo-information*, 13(2): 170-176.]
- 朱兵, 张小雷, 桂东伟. 2010. 新疆城镇发展与交通可达性相互影响. *地理科学进展*, 29(10): 1239-1248. [Zhu B, Zhang X L, Gui D W. 2010. The relationship between urban development and transport accessibility in Xinjiang. *Progress in Geography*, 29(10): 1239-1248.]
- Cantos P, Gumbau-albert M, Maudos J. 2005. Transport infrastructures, spillover effects and regional growth: evidence of the Spanish case. *Transport Reviews*, 25(1): 25-50.
- Mahady F X, Lahr M L. 2008. Endogenous regional economic growth through transportation investment. *Transportation Research Board*, 2067: 110-119.
- Schade W. 2006. Assessing economic impacts of large-scale transport infrastructure projects: case of Lyon-Turin corri-

dor. 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, DC: January 22-26.  
Targa F, Clifton K J, Mahmassani H S. 2005. Economic activi-

ty and transportation access: an econometric analysis of business spatial patterns. *Transportation Research Record*, 1932: 61-71.

## Development level and coordination of highway networks of prefecture-level administrative regions in China

LIU Dong<sup>1,2,3</sup>, JIN Fengjun<sup>1</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Transport Planning and Research Institute, MOT, Beijing 100028, China)

**Abstract:** The study of regional transport development in different scales is one of important areas in transport geography research. There are big differences among the regions of China in highway network development. Examining the differences in the scale of prefecture-level administrative region (PAR) is more accurate than in provincial scale. In this paper, taking the 333 PARs in China as a research object, we studied the differences among the regions in highway network development and evaluated the degree of coordination between highway network development and economic development. Firstly, we selected 9 indicators reflecting the scale, quality, accessibility and transportation volume of highway networks and, by using the weighted average method, established a comprehensive evaluation model to evaluate the levels of highway network development and calculate highway indicators for the 333 PARs. Secondly, we selected 7 economic indicators to establish a comprehensive evaluation model for the regional economic development, and calculated the economic indicators for the 333 PARs. Thirdly, by using Pearson formula, we calculated the correlation coefficient between the highway index and the economic index. Finally, we established a coordination evaluation model and calculated the coordination index between the highway network development and the economic development for each PAR. The results and conclusions are as follows. (1) There are big differences among the different regions in highway network development; the highway indicators of the 333 PARs varied from 0.361 to 5.992, with Dongguan City and Shenzhen City being the highest and Ngari Prefecture and Nagqu Prefecture the lowest. Based on the highway index, the 333 PARs are classified into three levels, including 104, 121 and 108 PARs respectively, which shows a ladder-like distribution in a large scale, corresponding to the spatial pattern of Eastern, Central and Western China. It is worth pointing out that the 108 PARs in the third, or the underdeveloped, level of highway network development are mainly located in Western China. (2) The correlation coefficient between the highway index and the economic index was calculated to be 0.8328, which shows a highly positive correlation between the two index systems. (3) The coordination index of the 333 PARs varied from 0.223 to 1.634, with Dongguan City being the highest and Alxa League the lowest. Based on the coordination index, the 333 PARs are classified into three categories, namely, the advanced, coordinated, and lagged, including 90, 85 and 158 regions respectively. Here "advanced" means that the highway network development is ahead of the regional economic development; "coordinated" means highway network development is coordinated with the regional economic development; "lagged" means the highway network development is lagged behind the regional economic development. The spatial distribution of the three categories is different from the distribution of the three levels, but 92 PARs are in both the lagged category and the third level, mainly located in West China. For the lagged and underdeveloped PARs, the measures should be taken to optimize and upgrade the highway networks and meet the needs of the regional economic development.

**Key words:** prefecture-level administrative region; highway network; development level; coordination; China