

中国交通通达度评价：从分县到分省

封志明¹, 刘 东^{1,2}, 杨艳昭¹

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 从自身交通设施保障程度和与外界交流联系便利程度两方面, 采用公路密度、铁路密度、与公路距离等 8 个指标, 构建了交通通达指数模型; 运用 GIS 技术, 以 2005 年为例, 定量计算中国分县通达指数, 集成中国分省通达指数, 从分县和分省两个尺度评价了中国交通通达水平。结果表明: (1) 从分县尺度看, 中国县域交通通达水平高低两端差异悬殊, 呈明显“纺锤形”结构, 呈现由沿海逐渐向内陆递减趋势, 贫困地区与城市化地区交通密度差距显著; (2) 从分省尺度看, 中国分省交通通达水平差异显著, 地域分布呈现“东高西低”的空间格局; 不同等级水平间通达指数差距明显, 西部省份交通支撑能力和保障水平偏低。因此, 应大力加快西部地区交通基础设施发展, 实现地区间和谐发展。

关键词: 交通运输; 通达度; 通达指数; 中国; GIS

文章编号: 1000-0585(2009)02-0419-11

交通运输是社会和经济发展的命脉, 是促进区域经济发展的先决条件。交通运输方式或运输干线的枢纽度及密集度, 在一定程度上反映了区域的运输能力及其与外界交流联系的便利性。交通通达程度表征了这种区域交通运输能力及便利性。对区域交通通达程度的研究, 目前主要集中在网络结构特征、可达性和城市体系等方面。

通达性评价是国内外交通地理界在基础设施评价和交通规划中讨论的热点问题之一。国外学者在城市体系、区域结构等与交通网络可达性关系方面做了较多研究^[1~6]; 近年来, 随着我国交通运输业的高速发展, 对交通网络演变带来的通达性及其区域效应的研究也越来越多。曹小曙等^[7]对我国国家干线公路网络联结的城市通达性空间格局进行了评价; 金凤君等^[8]对 100 年来我国铁路交通网络的发展及其引起的通达性空间格局变化进行了评价; 王成金等^[9]、金凤君^[10]分析了我国航空网络发展及地域系统演化, 对国内城市及对外联系的空间演变进行了评价; 薛俊菲^[11]则基于航空网络对中国城市体系等级结构与分布格局进行了分析; 周一星等^[12]分析了随着改革开放我国区际货流联系的变动趋势; 张智林等^[13]对我国中部六省省会城市交通通达性进行了比较分析; 曹小曙等^[14]选取部分城市分时间段对我国城市交通运输发展水平等级差异变动特征进行了总体研究; 吴威等^[15]、张莉等^[16]评价了长江三角洲交通可达性空间格局; 徐旭等^[17]则分析了在不同指标下穗港城市走廊潜在通达性及其空间格局; 赵建安^[18]对 21 世纪前期青藏高原交通运输网

收稿日期: 2008-05-16; 修订日期: 2008-10-17

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-323) 和国家人口发展战略研究项目 (发现 2008-1) 资助

作者简介: 封志明 (1963-), 男, 河北平山人, 研究员。主要从事国土资源优化配置与区域可持续发展研究工作, 旁及资源科学理论探讨。E-mail: fengzm@igsnrr.ac.cn

刘东 (1982-), 男, 山东泰安人, 博士研究生。研究方向为资源开发与区域发展。

E-mail: liud07b@igsnrr.ac.cn

络发展前景进行了探讨;金凤君等^[19]则从“质”、“量”、“势”三方面来反映区域交通环境的优劣,提出了区域交通优势的甄别方法。

已有的交通通达性研究多集中于一种或两种交通方式(主要为陆路交通,如公路、铁路等),研究对象较单一,尚不能全面反映区域交通运输整体状况;同时,多数学者均采用距离度量法、重力度量法、拓扑度量法或相关模型^[13, 20, 21]等方法,这些方法计算过程繁杂,一定程度上限制了其应用;此外,国内研究多聚焦于国家或分省区等大中尺度,对可以细致刻画中国交通通达水平区域差异的分县等小尺度研究较为少见。

区域交通系统有着对内联系和对外联系双重作用,因此,可以从内外两方面来对区域交通通达度进行衡量。基于此,本文从区域自身交通设施保障程度(用交通设施网络密度来表征)及与外界交流联系的便利程度(用便捷度来表征)内外两方面来表征区域交通通达状况,构建交通通达指数模型,运用GIS技术,从分县和分省两个尺度,定量评价中国不同地区交通通达水平,揭示中国交通状况的区域差异与空间格局,试图为交通发展规划和人口空间发展规划提供科学依据和决策支持。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 模型构建与计算方法

交通设施网络密度是评价交通设施保障水平的重要指标,也是交通网络评价的重要方法,其包括公路、铁路和内河网(通航河道)等线路网络密度。一个区域的交通网络密度越大,其交通运输干线越密集,说明区域内联系紧密度越高,交通设施保障水平和支撑能力也越高。我国现已形成比较完善的综合交通系统,公路、铁路是较为普遍的交通方式,同时考虑到水运方式在南方地区的优势性及日益重要性,本文采用公路密度、铁路密度、内河网(通航河道)密度来综合度量区域交通密度。

如今区域开放性愈来愈强,在保障自身交通设施支持能力基础上,一地区到另一地区的难易程度(即便捷度)对其经济辐射及要素转移起到决定性作用。交通系统是区域联系的基础,交通设施作为区域间联系的通道,距离交通设施的远近则体现了这种便捷度:公路、铁路、机场和港口作为主要的交通设施,是区域对外联系的重要途径和介质,与其距离远近在很大程度上反映了区域对外界的交流方便程度;中心城市是区域发展的核心和龙头,具有较为发达的经济水平及交通网络,距离中心城市的远近在一定程度上反映了一区域与外界交流的便捷度。本文采用研究区中心与公路、铁路、机场、港口以及中心城市等交通枢纽的距离来综合表征区域便捷度。

基于数据的可获取性,本文从区域自身交通设施保障程度及与外界交流联系的便利程度两方面来表征区域交通通达状况,即交通密度和便捷度两方面构建交通通达指数模型,来定量计算中国分县尺度的交通通达水平。在此基础上,采用自下而上的办法,汇集分县数据,集成计算了中国分省交通通达指数,定量评价了中国分省尺度交通通达水平。

其中:(1)交通密度采用公路、铁路及河网(通航河道)密度来度量,即为公路(铁路、通航河道)长度与所在区域土地面积比值。①我国公路有国道、省道和县道及乡道等类型,前三类是公路网的主体。因此,本文选取国道、省道和县道作为公路样本,计算各县公路密度;②根据运行路线数量,铁路可分为单线和复线铁路。本文选取两者来计算各县铁路密度;③河网密度则通过通航河道密度来反映。(2)便捷度采用研究区中心与公路、铁路、机场、港口以及中心城市等交通枢纽的距离来表征。

基于分县尺度的中国交通通达指数构成与交通通达水平评价流程如图 1 所示。

中国分县通达指数的计算主要涉及公路密度、铁路密度等 8 个主要指标，为消除量纲的影响，本研究首先对各个指标进行归一化处理。归一化的极值根据 2005 年全国分县各指标的最大值与最小值确定，由于中国分县各指标差异较大，为缩小区域间的差异，研究中将各项指标均进行对数变换后，再进行归一化计算，见公式（1）：

$$X_{ij} = \frac{\lg A_{ij} - \lg \text{Min}_j}{\lg \text{Max}_j - \lg \text{Min}_j} \quad (1)$$

其中， X_{ij} 表示 i 县第 j 个指标的归一化值， A_{ij} 表示 i 县第 j 个指标的实际值， Min_j 、 Max_j 分别为全国分县第 j 个指标的最小值和最大值。

各指标值归一化后，根据分县公路密度、铁路密度、与公路距离等数据，分别计算分县交通密度指数、便捷度。本文将每个指标看作对分项指数的作用相同，赋予相同权重（公式 2、3）。在此基础上，将反映区域交通通达状况内外两方面的交通密度水平和便捷度赋予相同权重，得到中国分县交通通达指数（公式 4）。

$$TD = 1/3 \times (R + RL + RV) \quad (2)$$

$$SL = 1/5 \times (D_r + D_{rl} + D_a + D_p + D_c) \quad (3)$$

$$TAI = 1/2 \times (TD + SL) \quad (4)$$

其中， R 、 RL 、 RV 分别为分县公路密度、铁路密度、通航河道密度归一化值； D_r 、 D_{rl} 、 D_a 、 D_p 、 D_c 分别为县域与公路、铁路、机场、港口、中心城市距离归一化值； TD 、 SL 、 TAI 分别为交通密度、便捷度和交通通达指数。

采用上述方法计算所得到的通达指数，其值介于 0 到 1 之间，越接近于 1，说明交通通达水平越高，反之，则越低。

1.2 数据来源

文中分县（除港澳台）土地面积、人口数来源于 2006 年中国统计年鉴；分县公路密度、铁路密度、通航河道密度、与国道、铁路等距离等数据源于交通规划研究院编制的 2005 年中国 1:100 万交通图提取结果。研究中首先运用 GIS 技术对图件数字化，然后将县界图与数字化交通图叠加，通过 ARC/INFO 的网络分析模块叠加命令和最短距离命令提取上述全国分县数据。

2 基于分县和分省尺度的中国交通通达度评价

2.1 基于分县尺度的中国交通通达水平分析

根据交通通达指数模型，本文系统评估了中国 2005 年分县交通通达水平，并在 Are-

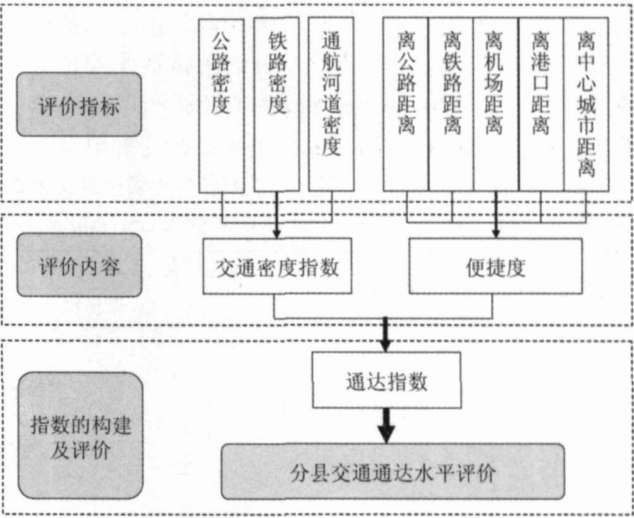


图 1 交通通达指数与交通通达水平评价流程图

Fig 1 Flow chart of evaluation of transportation ability and transportation ability index

map 软件中通过自然断裂法 (natural breaks) 对县域交通通达水平进行了等级划分。

结果表明 (表 1), 中国分县通达指数平均值为 0.44。县域交通通达水平等级呈明显的“纺锤形”结构。明显高于平均发展水平的县域个数占县域总数的 18.2%, 明显低于平均发展水平的县域个数占 24.0%, 接近平均发展水平的县域个数占近 58.0%。

表 1 基于通达指数的中国分县交通通达水平评价 (2005)

通达水平等级	通达指数	分县单元		土地		人口	
		个数 (个)	比重 (%)	面积(10 ⁴ km ²)	比重 (%)	数量 (10 ⁴ 人)	比重 (%)
一	≥0.57	424	18.2	63.47	6.7	43101.39	33.2
二	0.47~0.56	575	24.7	137.22	14.4	35398.86	27.3
三	0.36~0.46	771	33.1	242.93	25.5	36629.36	28.2
四	0.21~0.35	475	20.4	358.76	37.6	13510.51	10.4
五	≤0.20	85	3.7	150.81	15.8	1058.91	0.8
总计		2330	100	953.19	100	129699.03	100

处于交通通达水平第一等级的县域为 424 个, 约占全国县域总数的 18.2%, 相应人口 43101.39×10^4 人, 约占全国总人口的 33.2%, 土地面积为 $63.47 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占国土面积的 6.7%; 主要位于城市化地区及其周边县域, 集中分布于京津冀、山东半岛、黄淮海平原、长江三角洲、珠江三角洲等都市圈、城市群以及主要公路和铁路沿线地区。这些地区是我国经济和人口的主要集聚区, 交通通达度的空间格局同经济、人口的分布形成较好的空间耦合, 交通系统自身保障程度及与外界交流水平最高。

处于交通通达水平第二等级的县域有 575 个, 约占全国县域总数的 24.7%, 相应人口 35398.86×10^4 人, 约占全国总人口的 27.3%, 土地面积为 $137.22 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占国土面积的 14.4%; 主要位于东北平原、辽东半岛及各大都市圈、城市群周边地区。这些地区交通系统自身保障程度及与外界交流水平较高。

处于交通通达水平第三等级的县域有 771 个, 占全国县域总数的 33.1%、相应人口 36629.36×10^4 人, 约占全国总人口的 28.2%, 土地面积为 $242.93 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占国土面积的 25.5%, 主要分布在大兴安岭、天山南麓、河西走廊、中原地区、两广丘陵及青藏高原东南麓等地区, 交通系统自身保障程度及与外界交流水平相对较高。

处于交通通达水平第四、五等级的县域共有 560 个, 占全国县域总数的 24.1%、相应人口 14569.42×10^4 人, 约占全国总人口的 11.2%, 土地面积为 $509.57 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占国土面积的 53.4%, 主要分布在“胡焕庸线”以西的西北半壁, 包括西藏、青海、新疆、内蒙古自治区大部及四川部分县域等地区。这些地区深居我国内陆及靠近国境界, 地广人稀, 交通系统自身保障程度及与外界交流水平偏低。

基于通达指数的中国分县交通通达水平评价表明 (图 2、表 1), 全国交通通达水平高低两端差异悬殊, 接近平均发展水平县域占主体; 空间上表现出明显的不均衡性, 大致呈现由沿海逐渐向内陆递减的趋势, 东南半壁交通水平明显优于西北半壁, 东部发达地区主要由铁路网和公路网组成的相对密集的交通网, 对区域交通运输提供了强大的便利条件。这一结果较符合中国现实情况, 与相关学者研究结果大致吻合^[19]。

从交通密度、便捷度两单方面看 (表 2), 不同通达水平等级间存在较大差异。第一等级县域交通密度指数、便捷度平均值均较其他等级水平县域均值高, 分别是二、三、

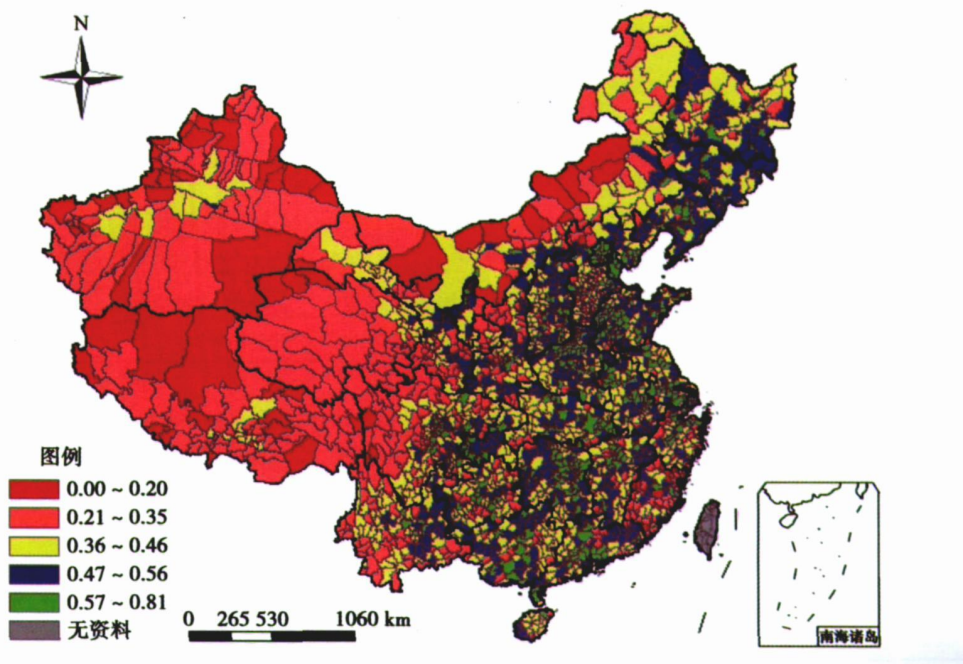


图 2 基于通达指数的中国分县交通通达水平评价（2005）

Fig 2 Evaluation of transportation ability of China at county level in 2005

四、五等级水平的 1. 17、1. 63、2. 66、7. 50 倍和 1. 19、1. 30、1. 56、2. 15 倍。从相对于第一等级差距来看，交通密度指数差距较便捷度差距大，尤其是第五等级两者差距最为明显，说明该地区自身交通设施保障程度偏低，成为阻碍其交通发展的重要限制因素。

2 2 典型地区（贫困县、城市化地区）交通通达水平分析

对中国分县交通通达水平进行系统评价的基础上，根据经济发展水平，本文特别选取贫困县和城市化地区为研究对象，进一步对两类典型地区的交通通达状况进行了分析，以期更深入地揭示交通通达水平的地域差异。

2 2 1 贫困县交通通达水平分析 为有效地扶持贫困人口，中国从 1986 年起确立了国家重点扶持贫困县。2005 年国家级重点扶持的贫困县共有 592 个，人口 2.30×10^8 人，土地面积 $242 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，分别约占全国总人口和国土面积的 17. 7% 和 1/4。主要分布在云南、陕西、贵州以及甘肃等西南、西北省区，涵盖了全国 18 个省、自治区、直辖市。

评价结果表明（表 3），2005 年贫困县通达指数平均值为 0. 39，低于全国 0. 44 的平

表 2 中国分县交通通达水平分项评价（2005）

Tab 2 Evaluation of transportation ability for three aspects of China at county level in 2005

通达水平等级	交通密度指数	便捷度	通达指数
—	0. 76	0. 46	0. 61
二	0. 65	0. 39	0. 52
三	0. 47	0. 35	0. 41
四	0. 29	0. 30	0. 29
五	0. 10	0. 21	0. 16
—/二	1. 17	1. 19	1. 17
—/三	1. 63	1. 30	1. 49
—/四	2. 66	1. 56	2. 10
—/五	7. 50	2. 15	3. 86

均值，整体处于第三等级水平。其中，仅有 3. 2% 的贫困县属于第一等级水平，土地面积约占贫困县总土地面积的 1. 3%，人口约占贫困县总人口的 5. 5%；近 1/ 5 的贫困县属于第二等级水平，土地面积约占贫困县总土地面积的 11. 9%，人口约占贫困县总人口的 23. 9%；45. 1% 的贫困县属于第三等级水平，土地面积约占贫困县总土地面积的 1/ 3，人口约占贫困县总人口的 1/ 2；28. 9% 的贫困县属于第四等级水平，土地面积约占贫困县总土地面积的 44. 8%，人口约占贫困县总人口的 22. 2%；3. 8% 的贫困县属于第五等级水平，土地面积约占贫困县总土地面积的 1/ 10，人口约占贫困县总人口的 1. 2%。

表 3 基于通达指数的中国贫困县交通通达水平评价（2005）

通达水平等级	通达指数	分县单元		土地		人口	
		个数（个）	比重（%）	面积(10 ⁴ km ²)	比重（%）	数量（10 ⁴ 人）	比重（%）
一	≥0.57	19	3.2	3.17	1.3	1258.62	5.5
二	0.47~0.56	113	19.0	28.72	11.9	5485.49	23.9
三	0.36~0.46	267	45.1	77.45	32.0	10876.30	47.3
四	0.21~0.35	171	28.9	108.29	44.8	5100.90	22.2
五	≤0.20	22	3.8	24.37	10.1	278.70	1.2
总计		592	100	242	100	23000	100

从交通密度、便捷度两单方面看，贫困县交通密度指数、便捷度均值分别为 0.44、0.33，分别低于全国平均值的 15.9%、11.1%。

2.2.2 城市化地区交通通达水平分析 城市化地区是今后中国产业、社会经济重点发展和开发的集聚区域，是带动全国经济增长的主要引擎，也是中国参与国际竞争的重点工业化和现代化的区域。

表 4 基于通达指数的中国城市化地区交通通达水平等级评价（2005）

通达水平等级	通达指数	分县单元		土地		人口	
		个数（个）	比重（%）	面积(10 ⁴ km ²)	比重（%）	数量（10 ⁴ 人）	比重（%）
一	≥0.57	253	38.1	40.00	23.1	32875.14	51.1
二	0.47~0.56	193	29.2	49.27	28.4	17181.20	26.7
三	0.36~0.46	167	25.2	48.84	28.2	11726.75	18.2
四	0.21~0.35	48	7.2	35.34	20.4	2456.91	3.8
五	≤0.20	2	0.3	0.07	0.04	81.93	0.1
总计		663	100	173.52	100	64321.93	100

对中国 663 个城市地区的交通通达水平评价表明（表 4），2005 年 663 个城市地区通达指数均值为 0.52，整体处于第二等级水平。近 40% 地区属于第一等级水平，近 30% 属于第二等级水平，1/4 属于第三等级水平，处于第四、五等级水平的地区仅分别为 7.2% 和 0.3%；从地域面积上看，第二、三等级水平县域所占比重最大，两者占总面积的 1/2 之多，其次为第一和第四等级水平，分别占总面积的近 1/4 和 1/5，第五等级水平最小，仅为 0.04%；从人口数量来看，第一至第五水平地区所容纳人口数量逐次减小，第一等级水平地区人口最多，占城市总人口的 1/2 强；第二等级水平地区人口约占 1/4；第三等

级水平地区人口比约为 1/5, 第四、五等级水平地区只容纳了较少人口, 分别为城市总人口的 3.8% 和 0.1%。可见, 第一、二等级水平城市地区人口密度远远要大于三、四、五等级水平地区, 尤其是第一等级水平城市最为严重。这在一定程度上反映出中国人口多聚集在经济水平较高的城市地区的现状和分布规律, 与此同时也为改善城市, 尤其是大城市交通状况和人口空间布局提供了理论依据和决策支持。

从交通密度、便捷度两单方面看, 城市化地区交通密度指数、便捷度均值分别为 0.62、0.41, 均高于全国平均水平, 分别高 19.9%、13.5%。

综上所述, 中国贫困地区交通通达水平相对滞后, 城市化地区相对超前; 两典型地区单方面对比, 交通密度是贫困县和城市化地区较全国平均水平差异显著因子, 同时也是造成贫困县和城市化地区交通通达状况差异的主要因素, 这与 Sylvie^[22] 所得出的我国交通网络密度东部沿海地区较高, 西部地区较低的结果吻合。相关研究发现, 城市交通运输发展水平同经济发展水平之间呈明显正相关^[14], 因此, 大力发展贫困地区的基础交通设施是改善该地区交通通达状况的重要举措, 同时也是促进贫困地区经济快速发展, 缩小与城市化地区间差距的必由之路。

我国贫困地区多处于地理位置、地貌等自然条件恶劣的区域, 且多以西部偏远山区为主, 发展贫困地区交通水平, 应因地制宜进行相关政策及资金倾斜。根据我国贫困地区交通发展状况, 作者提出以下建议:

首先, 应将改善贫困地区公路交通设施放在首位, 加大公路交通设施改善投资力度与政策支持, 同时由于贫困地区多以农村为主, 因此加快农村公路建设是改善贫困地区公路交通设施建设的重要基础条件。实践也证明, 发展农村公路建设已成为加快边远贫困地区经济社会发展的先决条件和改善当地生产生活的客观需要。

其次, 充分发挥区域交通枢纽中心作用, 积极构建交通辐射圈, 努力打造交通枢纽次中心、三级中心等, 逐步改善周边地区交通运输状况。

2.3 基于分省尺度的中国交通通达水平评价

在分县交通通达水平评价的基础上, 为揭示中国各省(市、区)通达状况的空间格局, 采用自下而上的方法, 以省(市、区)为单元, 由县集成到省, 对 2005 年中国 31 个省(市、区)交通通达水平进行了评价, 以期揭示各省(市、区)交通状况的空间差异。

2.3.1 由分县到分省的数据集成方法

(1) 分省公路(铁路、通航河道)密度为其所辖县域所拥有的公路(铁路、通航河道)长度之和与该省土地面积比值; 土地面积为所辖县域土地面积之和。

(2) 本文以样本平均水平来表达整体水平的理念来反映省级行政区便捷度水平, 即分省便捷度各分项指标通过其所辖县域与公路(铁路、机场、港口、中心城市)最短距离平均值来分别表征。

在得到分省各分项指标数值后, 根据分省各指标最大值与最小值进行归一化处理, 方法同公式(1)。分省交通密度指数、便捷度及交通通达指数计算方法同公式 2~4。

随后同样在 Arcmap 软件中通过自然断裂法对各省交通通达水平进行等级划分。

2.3.2 分省交通通达水平空间格局 2005 年中国 31 个省(市、区)交通通达水平等级同样呈现出“纺锤形”结构, 明显高于、接近、明显低于平均发展水平的省份分别为 3、17、11 个。就空间分布规律而言(图 3):

仅上海、北京、天津 3 直辖市处于交通通达水平第一等级, 其中, 上海市通达指数最

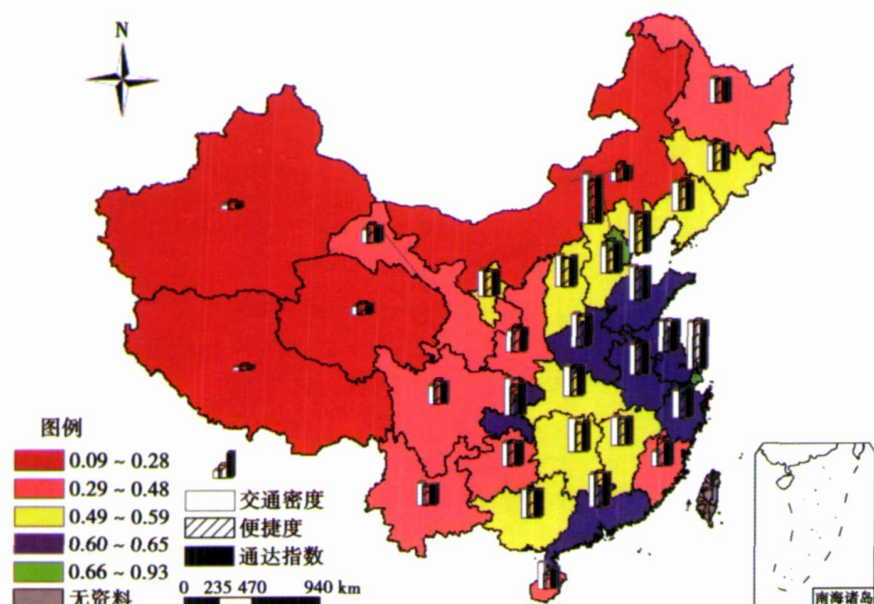


图3 基于通达指数的中国分省交通通达水平评价 (2005)

Fig 3 Evaluation of transportation ability of China at province level in 2005

高, 为 0.93。3 直辖市交通系统自身保障程度及与外界交流水平最高。

重庆、广东、浙江、山东、河南、江苏、安徽等 7 省市处于交通通达水平第二等级, 主要集聚在华东、华南等沿海省份, 其交通系统自身保障程度及与外界交流水平较高。

河北、辽宁、湖南、湖北、山西、江西、广西、吉林、宁夏、福建等 10 省 (区) 处于交通通达水平第三等级, 主要分布在东北、华北、华中等沿海及周边省份, 其交通系统自身保障程度及与外界交流水平相对较高。

黑龙江、贵州、陕西、四川、云南、海南、甘肃等 7 省处于交通通达水平第四等级, 主要分布于偏西部及靠国界省份, 其交通系统自身保障程度及与外界交流水平相对偏低。

内蒙古、青海、新疆、西藏等 4 省 (区) 处于交通通达水平第五等级, 其中, 西藏通达指数最低, 仅为 0.09。这些地区处于国界边境, 经济较为落后, 交通系统自身保障程度及与外界交流水平偏低。

基于通达指数的中国 31 个省 (市、区) 交通通达水平评价表明 (图 3), 中国分省交通通达水平差异显著, 通达水平较高的省市主要集中在直辖市、东部沿海及近海中部省份, 而地域辽阔、人口稀少的西部省、自治区, 通达水平较低, 全国整体呈现出“东高西低”的空间分布格局。结果也显示, 交通通达水平与经济发展水平呈明显正相关, 经济较发达省份其交通通达水平也较高, 经济较为落后的省份其交通通达水平也较低。分省交通通达水平研究从大尺度上验证了分县交通通达水平研究的结果。

2.3.3 分省通达指数对比分析 表 5 是中国分省不同通达水平间分项指数评价结果, 由表可以看出, 各省 (市、区) 通达指数存在明显差距。第一等级通达水平省 (市、区) 平均通达指数值为 0.87, 分别是二、三、四、五等级通达水平省 (市、区) 平均指数值的 1.39、1.60、2.09、5.04 倍, 通达指数最大的上海市 (0.93) 是西藏自治区 (0.09) 的

10 倍多，差异显著。

交通密度、便捷度两单方面也存在较大差异。第一等级省份交通密度指数、便捷度平均值分别是二、三、四、五等级水平的 1.41、1.68、2.11、6.32 倍和 1.37、1.56、2.06、4.15 倍。第五等级水平省（区）交通支撑能力和保障水平偏低，在交通运输是西部地区经济发展的主要制约因素的国情下，加快西部地区交通基础设施的发展，将成为改善其交通状况的根本举措，也将是促进西部崛起的先行之路。

3 结论与讨论

区域交通系统有内外联系双重作用，可从区域自身交通设施保障程度及与外界交流联系的便利程度内外两方面来对区域交通通达度进行衡量。本文从交通密度、便捷度两方面对其进行表征，采用公路密度，铁路密度，通航河道密度，与公路、铁路、机场、港口、中心城市距离等 8 个指标，构建交通通达指数模型；运用 GIS 技术，以 2005 年为例，定量计算了中国分县通达指数，随后通过数据集成，得到中国分省通达指数，从分县和分省两个尺度系统评价了中国交通通达水平。结果表明：

(1)从县域尺度上看，交通通达水平呈明显的“纺锤形”结构，交通通达水平高低两端差异悬殊，接近平均发展水平县域占主体；空间地域不平衡，呈现由沿海逐渐向内陆递减趋势，东南半壁交通通达水平明显优于西北半壁。2005 年通达水平处于较高等级的县域主要分布于京津冀、长江三角洲、珠江三角洲、山东半岛、黄淮海平原、东北平原、辽东半岛等都市圈、城市群等城市化地区及主要公路和铁路沿线地区，其交通系统自身保障程度及与外界交流水平最高；分布在大兴安岭、天山南麓、河西走廊、中原地区、两广丘陵及青藏高原东南麓地区的城市群、都市圈县域通达水平次之，其交通系统自身保障程度及与外界交流水平偏高；而深居内陆、靠近国境边界、地广人稀的西部县域通达等级偏低，主要分布于西藏、青海、新疆、内蒙古及四川等部分地区，其交通系统自身保障程度及与外界交流水平最低。不同通达水平等级间，交通密度指数差距较大，尤其是处于第五等级地区自身交通设施保障水平较低，成为阻碍其交通发展的主要因素。

(2)典型地区研究表明，贫困县地区交通通达水平相对滞后，城市化地区相对超前；交通密度指数差距显著。2005 年贫困县通达指数的平均值为 0.39，整体处于第三等级水平；城市地区通达指数均值为 0.52，整体处于第二等级水平。交通密度是贫困县和城市化地区交通通达状况差异的主要因素，大力发展贫困地区基础交通设施是促进其经济快速发展，缩小与城市化地区间差距的必由之路。

(3)从分省尺度上看，交通通达水平差异显著，地域空间上呈现“东高西低”的空间分布格局。通达水平较高的省市主要集中在直辖市、东部沿海及近海中部省份，而地域辽阔、人口稀少的西部省、区，通达水平较低。分省交通通达水平研究从大尺度上验证了分

表 5 基于通达指数的中国分省通达指数分项评价（2005）

Tab 5 Evaluation of transportation ability for three aspects in China at province level in 2005			
通达水平等级	交通密度指数	便捷度	通达指数
—	0.90	0.85	0.87
二	0.63	0.62	0.63
三	0.53	0.55	0.55
四	0.43	0.41	0.42
五	0.14	0.21	0.17
—/二	1.41	1.37	1.39
—/三	1.68	1.56	1.60
—/四	2.11	2.06	2.09
—/五	6.32	4.15	5.04

县交通通达水平研究的结果。

(4)分省通达指数差距明显,西部省份交通支撑能力和保障水平偏低。2005 年通达指数最大的上海市是西藏自治区的 10 倍多,存在显著差异;不同通达水平等级间,交通密度差距较大,西部省份交通支撑能力和保障水平偏低,加快西部地区交通基础设施发展,势必成为改善其交通状况的根本举措,促进西部崛起的先行之路。

基于区域交通内外联系属性以及数据的可获取性,本文从交通密度和便捷度两方面及公路密度,铁路密度,通航河道密度,与公路、铁路、机场、港口、中心城市距离等 8 个指标构建了交通通达指数模型,引入通达指数,较简洁地体现了中国县域、省域交通通达水平及空间分布规律,所得结果与相关文献结果较吻合,也较符合中国实际情况,具有一定应用价值,但仍有不足及需改进之处:

在计算省域交通通达状况时,本文通过县域数据逐级向上进行汇总集成得到省域相关基本数据,由于相关年鉴中县域和省域数据统计口径不同,通过汇总后的省域数据可能与年鉴中省域统计数据存在一定差异,但并不影响反映省域交通通达状况的最后结果。

此外,本文只是对区域交通通达水平评价进行了理论与方法的初探,在评价指标的选取以及评价计算方法的选择上仍需要进一步完善与修正,尤其是在表达区域便捷度,对每类交通设施的更细致分类及权重确定方面随着研究的深入有待更加完善合理。

参考文献:

- [1] Roger S L, Scott D. Accessibility and the Irish Islands. *Journal of Geographical Association*, 1996, 81(357): 111 ~ 119
- [2] Handy S L, Niemeyer D A. Measuring accessibility: On exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 1997, 29: 1175~ 1194
- [3] Kingsley E Haynes. Labor markets and regional transportation improvements: The case of high-speed trains. *The Annals of Regional Science*, 1997, 31 (1): 57~ 76
- [4] Javier Gutierrez, Gabriel Gomez. The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: The case of Madrid's M-40. *Journal of Transport Geography*, 1999, 7(1): 1~ 15
- [5] Joseph Berechman. Transportation-economic aspects of Roman highway development: The case of Via Appia. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2003, 37(5): 453~ 478
- [6] Geurs K, Wee B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 2004, 12(2): 127~ 140
- [7] 曹小曙,薛德升,闫小培. 中国干线公路网络连结的城市通达性. *地理学报*, 2005, 60 (6): 903~ 910
- [8] 金凤君,王娇娥. 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性. *地理学报*, 2004, 59 (2): 293~ 302
- [9] 王成金,金凤君. 从航空国际网络看我国对外联系的空间演变. *经济地理*, 2005, 25(5): 667~ 672
- [10] 金凤君. 我国航空客流网络发展及其他地域系统研究. *地理研究*, 2001, 20(1): 31~ 39
- [11] 薛俊菲. 基于航空网络的中国城市体系等级结构与分布格局. *地理研究*, 2008, 27(1): 23~ 32
- [12] 周一星,杨家文. 九十年代我国国际货流联系的变动趋势. *中国软科学*, 2001, (6): 85~ 89
- [13] 张智林,蒋海荣. 我国中部六省省会城市交通通达性比较研究. *沈阳师范大学学报(自然科学版)*, 2006, 24(4): 495~ 498
- [14] 曹小曙,张利敏,薛德升,等. 中国城市交通运输发展水平等级差异变动特征. *地理学报*, 2007, 62(10): 1034 ~ 1040
- [15] 吴威,曹有挥,曹卫东,等. 开放条件下长江三角洲区域的综合交通可达性空间格局. *地理研究*, 2007, 26 (2): 392~ 402
- [16] Zhang Li, Liu Yuqi. Regional accessibility of land traffic network in the Yangtze River Delta. *Journal of Geo-*

graphical Science, 2007(3): 351~ 364

[17] 徐旭, 曹小曙, 闫小培. 不同指标下的穗港城市走廊潜在通达性及其空间格局. 地理研究, 2007, 26(1): 179~ 186

[18] 赵建安. 21 世纪前期青藏高原交通运输网络发展前景探讨. 资源科学, 2002, 24(4): 5~ 10

[19] 金凤君, 王成金, 李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析. 地理学报, 2008, 63(8): 787~ 798

[20] 张兵. 近 20 年来湖南公路网络优化与空间格局演变. 地理研究, 2007, 26(4): 712~ 722.

[21] 张兵, 金凤君, 于良. 湖南公路网络演变的可达性评价. 经济地理, 2006, 26(5): 776~ 779

[22] Sylvie D. Infrastructure development and economic growth: An explanation for regional science disparities in China. Journal of Comparative Economics, 2001, 29(1): 95~ 117.

Evaluation of transportation ability of China: From county to province level

FENG Zh-ming¹, LIU Dong^{1, 2}, YANG Yan-zhao¹

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;
2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Taking transportation infrastructure level and transportation smooth degree to other regions into consideration, choosing 8 indexes, including road density, railway density and distance from the road, etc., this paper established the transportation ability index model firstly. By using the model and geographic information system technology, this paper then systematically evaluated the transportation ability of China in 2005 at county and province levels, so as to bring some scientific references and policy-making supports to the transportation planning and population development planning of China. The results showed that: (1)at county level, the transportation ability of counties within China in 2005 was significantly different, demonstrating a spindle shape in general. The spatial distribution presented a tendency downward gradually from coastal regions to inland regions. Compared with poverty-stricken areas, the transportation ability of urban areas were much better, and the transportation density difference was notable. (2) at province level, the transportation ability of provinces in 2005 was also significantly different, presenting a distribution of "high in east, low in west" in general; Transportation density difference was also notable between different levels, and the transportation supporting ability of western provinces was inferior. Thus, our government should make great efforts to improve the transportation condition in western China, so as to narrow the economic development gap to realize the coordinated development within different regions of China.

Key words: transportation; transportation ability; transportation ability index; China; GIS