

# 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

张新<sup>1</sup>, 刘海炜<sup>1,2</sup>, 董文<sup>1</sup>, 陈华斌<sup>1</sup>, 池天河<sup>1</sup>

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国矿业大学(北京), 北京 100083)

**摘要:** 交通是联系地理空间和社会经济活动的纽带。在我国主体功能区划评价中, 交通优势度是其中一项重要指标。本文利用最新的基础地理数据及相关统计资料, 以河北省 147 个县域为基本评价单元, 进行了 GIS 空间分析。其构建了河北省交通优势度评价模型, 运用层次分析法确定了交通网络密度、交通干线影响度、区位优势度三个因子的权重: 0.267、0.404、0.329。同时, 对全省的交通网络密度、交通干线影响度和区位优势度, 以及各县级行政区的交通优势度状况进行了计算, 综合评价结果显示, 河北省交通优势度比较高的地区主要集中在石家庄市、秦皇岛市、唐山市、邯郸市及其附近县区, 北部山区的交通优势度比较差。最后, 将各县的人均 GDP 状况与交通优势度水平进行对比和定量分析, 计算得出两者的相关系数为 0.408, 呈低度正相关。

**关键词:** 交通优势度; 主体功能区; GIS; 河北省

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2011.00170

## 1 引言

国家“十一五”规划纲要中确定了编制国家主体功能区规划, 将国土空间划分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四类, 确定主体功能定位, 明确开发方向, 控制开发强度, 规范开发秩序, 完善开发政策, 逐步形成人口、经济、资源环境相协调的空间开发格局<sup>[1]</sup>。交通对社会、环境、经济发展等方面具有重要影响, 很大程度上影响了国土空间开发格局<sup>[2-4]</sup>。交通优势度是影响主体功能区划的一项重要指标, 一般情况下, 交通优势越显著, 其经济发展的条件也越优越, 发展潜力也越大。如何对不同地区进行交通优势状况的评价是开展主体功能区划的关键问题之一。

交通网络空间格局演变对区域发展的影响一直是交通运输经济学、城乡规划等学科的研究热点之一。交通状况评价是一种交通接近性的量化, 这种量化实际上是一种对点与线、点与点地理要素进行空间分析的过程<sup>[5]</sup>。国内外学者从路网结构评价、运输效率评价、地理区位研究等方面进行了相

关研究。随着我国交通和经济的快速发展, 对交通基础设施及其区域经济效应的评价也越来越多, 针对交通与经济联系, 刘海隆等利用 Cobb-Douglas 生产函数模型, 分析了新疆地区交通可达性对区域经济的影响<sup>[6]</sup>; 杨钟贤等对汶川地区的交通通达性与经济发展水平进行相关性分析, 结果显示两者存在指数函数关系<sup>[7]</sup>; 麻清源等利用网络分析为基础, 使用节点连通性和可达性等指标, 评价研究了甘肃省交通网络与区域经济发展的关系<sup>[8]</sup>; 陈洁和陆锋利用重力模型和栅格网络分析方法, 对京津冀都市圈内各城市地理区位优势 and 出行运输便捷程度进行定量分析<sup>[9]</sup>。

已有的交通优势评价多集中于单一的交通方式(如公路、铁路等), 研究对象单一, 尚不能全面反映交通优势状况; 同时, 多数学者采用重力模型法、网络节点的拓扑法等方法, 受数据源、计算过程复杂度等的限制, 一定程度上限制了其应用范围。

本文从自身设施保障程度和与外界交流联系便利程度, 以及个体区域与城市群核心的联系程度等方面, 采用公路密度、与公路距离、离中心城市距

收稿日期: 2010-09-23; 修回日期: 2011-03-03.

基金项目: 国家高技术研究发展计划“863”课题(2009AA12Z225); 国家自然科学基金项目(61074132)。

作者简介: 张新(1974-), 男, 河北省保定人, 主要从事遥感空间信息系统的理论与技术研究。

E-mail: zhangx@irsa.ac.cn

离等 9 项指标,进行了 GIS 分析,构建了交通优势度模型,以河北省的县级行政区域为尺度,定量评价了河北省的交通优势度水平,揭示了河北省交通状况的区域差异和分布格局,就主体功能区划中的交通优势度评价涉及到的指标、评价模型、技术流程与河北省人均 GDP 分布对比等问题进行探讨。

## 2 交通优势度评价模型的建立

### 2.1 指标评价体系

交通优势度是为评估一个区域通达性水平而设计的综合性评价指标项目<sup>[10]</sup>。设置交通优势的目标是为了评价区域交通优势对未来人口集聚、工业化和城镇化发展的承载力。由区域交通设施网络规模(支撑能力)、干线技术等级的影响程度(联系与集聚能力)和在宏观整体交通基础设施网络中该区域的通达性状态(区位优势)三方面集成<sup>[11]</sup>。

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。它大体反映了一个地区交通发展水平及其对国民经济与社会发展保证程度的一种指标。其包括高速公路、国道、省道、县道等线路网络密度。

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 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程度。

交通优势度的评价模型如图 1 所示。

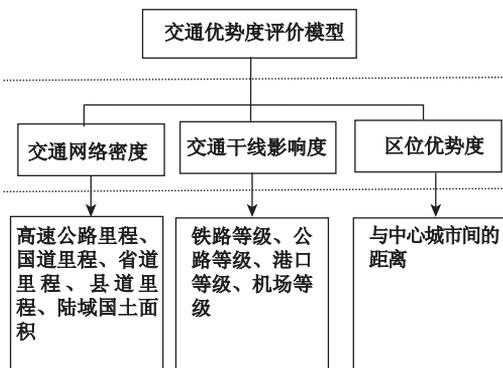


图 1 交通优势度评价体系

Fig. 1 Estimate system of transport superiority degree

本文从交通设施网络密度、交通干线影响度和区位优势度三个方面构建交通优势度的评价模型,

以县级行政单元确定主体功能区交通优势度分布格局,根据计算结果,建议那些地区可作为哪类主体功能区。

交通优势度的计算需要集成交通网络密度、交通干线影响度和区位优势度三个指标的计算结果(指标中既有定量指标,又有定性指标),因此,首先需对三个指标的数据进行标准化赋值处理,然后,加权赋值,最后,通过公式(1)得到综合评价值:

$$S = \sum_{i=1}^n B_i W_i \quad (1)$$

其中, $S$  为评价单元的综合评价价值, $B_i$  为交通网络密度、交通干线影响度和区位优势度的标准化值, $W_i$  为三个指标的权重值。

### 2.2 权重分配

层次分析法(The analytic hierarchy process)是一种定性和定量相结合的、系统化、层次化的分析方法。该方法的优点是不需样本数据即可赋予权重;定性模糊指标相对处理容易;具有逻辑性和可信度。层次分析法的步骤可分为:

(1)建立层次结构模型,分为三层结构,如图 1 所示,从上而下依次是目标层、准则层、方案层。

(2)构造成对比较矩阵,由交通方面的专家进行指标的间两两重要性的判评。考虑专家对若干指标进行权重评价的困难,根据心理学的实验用 1—9 的标度反映大多数人的判断能力,构建判断矩阵  $B$ ,以表格的形式表示(如表 1)。

表 1 比较矩阵表

Tab. 1 Pairwise comparison matrix

交通优势度因子	交通网络密度(B1)	交通干线影响度(B2)	区位优势度(B3)	权重
交通网络密度(B1)	1	4/5	2/3	0.267
交通干线影响度(B2)	5/4	1	3/2	0.404
区位优势度(B3)	3/2	2/3	1	0.329

(3)计算权重因子,矩阵  $B$  的最大特征根  $\lambda_{\max}$  和其对应的特征向量为  $W$ ,满足  $BW = \lambda_{\max} W$ ,特征向量  $B$  的分量就是各因子的权重。通过矩阵运算,得到  $B$  的特征根 = 3.0385,特征向量  $W = [0.802, 1.212, 0.986]$ ,经过归一化处理,得到各因子的权重为  $[0.267, 0.404, 0.329]$ 。

构造判断矩阵:

(4)一致性检验

当  $n$  个因素两两比较得到的正互反矩阵往往

不是一致矩阵,当矩阵不一致时,特征根比  $n$  大的越多,权重向量越不能表征  $n$  个因素在总目标决策中所占的比重,衡量不一致程度的指标为:

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$n$  是矩阵的阶数,矩阵  $B$  的  $CI=0.0193$ ,查表得平均随机一致性指标  $(RI)=0.58(n=3)$ 。当  $CR/RI < 0.10$  时,认为矩阵  $B$  的一致性可以接受,即计算出的权重值可靠。经计算  $CR=0.0333 < 0.10$ ,所以,交通优势度的评价因子的权重较为合理和可信。

经计算可知,交通网络密度、交通干线影响度、区位优势度这三个因子在交通优势度评价中的权重依次是 0.267、0.404、0.329,即影响较大的因子是交通干线影响度。而后分别计算出 3 个因子的值,进行多指标加权综合,求出河北省交通优势度空间分布图。

### 3 交通优势度评价模型的应用与分析

#### 3.1 研究区评价数据源分析

河北省环抱首都北京,地处东经  $113^{\circ}27' \sim 119^{\circ}50'$ ,北纬  $36^{\circ}05' \sim 42^{\circ}40'$  之间。总面积 18.88 万  $km^2$ 。河北省快速便捷的立体交通网络已经建成,铁路纵横交错,京广、京山、津浦、石太、石德、京包、京秦、京原等 15 条铁路干线及支线,公路四通八达,有 17 条国家干线公路,京石、石太、石安、唐津等高速公路已通车,总里程 600 多 km。此外,河北的海运条件也十分便利,自北向南,有秦皇岛港、京唐港、大清河港、天津港及正在建设中的黄骅港等较大出海口岸。

评价需要涉及到的数据有河北省公路、国道、省道、县道分布图,各县域评价单元的土地面积数据和 GDP 数据,主要交通设施的分布和等级,以及县域单元与中心城市交通的最短距离。数据来源于 1:25 万国家基础地理数据和河北省 2007 年经济年鉴。

#### 3.2 交通优势度评价模型的应用与分析

##### (1) 交通网络密度分析

交通网络密度反映出区域交通线路的稠密程度,交通线路的通达能力<sup>[12]</sup>。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<sup>[13]</sup>。

建立交通网络密度的模型为:

$$D_i = L_i/A_i \quad i \in (1,2,3,\dots,n) \quad (3)$$

$D_i$  是区域  $i$  内的交通设施网络密度, $L_i$  域县域的交通线路长度  $A_i$  域内的陆域国土面积。交通网络密度以公路网为评价主体,这里的  $L_i$  我们选取的是将高速公路里程、国道里程、省道里程和县道里程加起来的总和得到评价单元的公路通车里程,除以陆域国土面积得到河北省公路网密度的空间格局分布图(图 2)。然后以公路网小康标准  $31.5km/km^2$ ,对不同的公路网密度进行的指数赋值(表 2)。

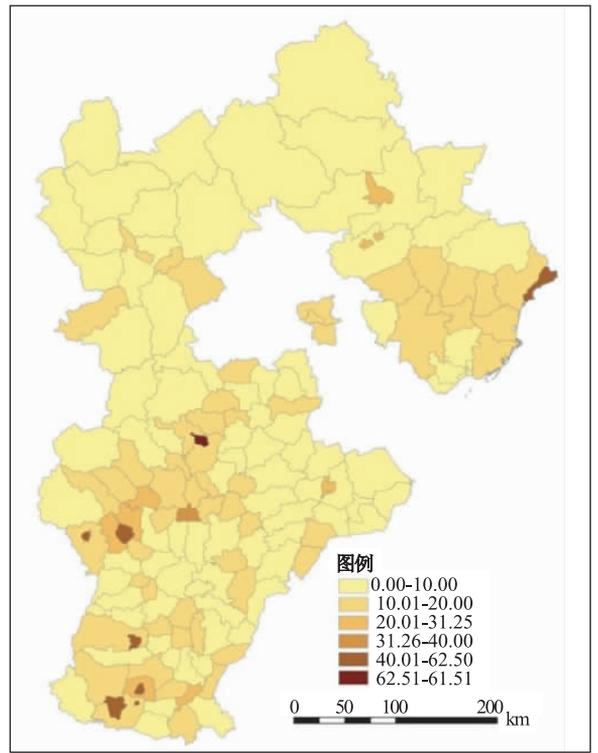


图 2 河北省公路网密度的空间格局

Fig. 2 Spatial configuration of road density of Hebei Province

表 2 公路网密度指数赋值

Tab. 2 Weighted values of road density

等级	值域 $km/km^2$	赋值
1	$\geq 62.5$	3
2	46.9~62.5	2.5
3	39.0~46.9	2
4	31.25~39.0	1.5
5	23.4~31.25	1
6	$< 23.4$	0.5

## (2)交通干线影响度评价

等级指标即铁路干线、公路干线、港口和机场的技术等级,由于属于定性指标只能采取人为赋值的方法。依据交通干线的技术——经济特征,按照专家智能的理念,采用分类赋值的方法,计算各区域不同交通干线的技术等级赋值,并进行加权汇总(表 3)。

表 3 交通干线技术水平权重赋值

Tab. 3 Weighted value of technical level of the traffic artery

类型	子类型	标准	权重赋值
铁路	铁路	拥有复线铁路	2
		距离 30km 距离	1.5
		距离 60km 距离	1
	单线铁路	其他	0
		拥有单线铁路	1
		距离 30km 距离	0.5
公路	高速公路	其他	0
		拥有高速公路	1.5
		距离 30km 距离	1
	国道公路	距离 60km 距离	0.5
		其他	0
		拥有国道	0.5
水运	港口	其他	0
		拥有主枢纽港	1.5
		距离 30km 距离	1
	一般港口	距离 60km	0.5
		其他	0
		拥有一般港口	0.5
机场	干线机场	其他	0
		拥有干线机场	1
		距离 30km 距离	0.5
	支线机场	其他	0
		拥有支线机场	0.5
		其他	0

具体的操作:在 ArcGIS 里先用行政区图与各种类型的交通干线进行 Intersect(交集操作)操作,根据属性表判断某区域是否拥有重要或大型交通设施及数量(拥有交通干线是指重要或大型交通设施分布在或途径该地区),如果没有,则利用 Near(临近)命令计算该行政区中心与交通干线的最近距离,然后,根据不同的距离进行赋值,最后,得到河北省交通干线影响分布格局图(见图 3)。

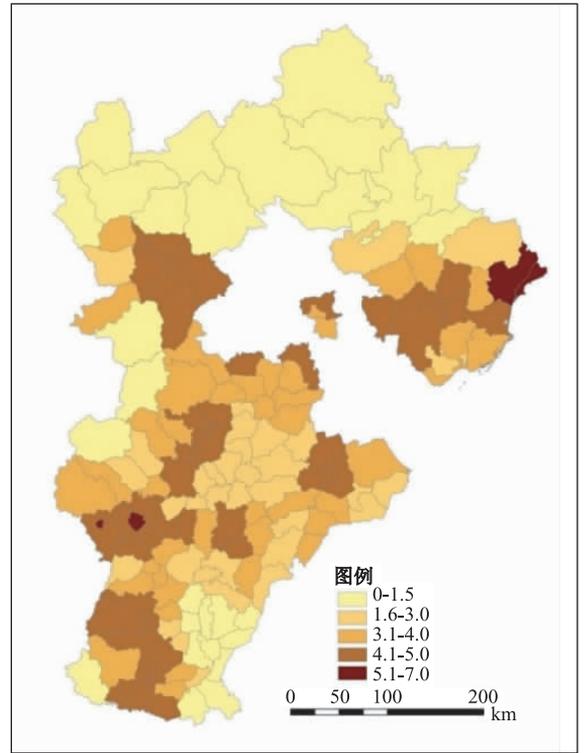


图 3 河北省交通干线影响分布格局图

Fig. 3 Spatial configuration of transport infrastructure impact of Hebei Province

河北省的枢纽港口为秦皇岛市,一般港口为黄骅市。根据“全国民用航空运输业的‘十一五’规划”的内容,河北省没有干线机场,石家庄正定机场、秦皇岛山海关机场和邯郸机场为一般机场。

通过计算分析可知,交通干线影响度较高的城市为石家庄市、秦皇岛市区和抚宁县,这些是河北省的重要的交通枢纽,境内有大量的公路、铁路,这些城市及周边区域有较好的发展潜力。其中,秦皇岛市又是河北省重要的港口和机场所在地。

交通干线影响度较低的区域,影响度仅为 0—1.5,大多位于河北的北部山区和东南部,占整个河北省的 19.7%,境内交通设施缺乏,距离主要的交通干线较远,交通干线对这些地区的发展具有较低的支撑能力。

## (3)区位优势度分析

区位优势度主要指各县域在所研究区域中与中心城市的交通距离和优劣程度,该指标反映了个体区域与城市群核心的联系程度<sup>[14]</sup>。本文采取的计算方法是计算各县域行政中心与中心城市的最短交通距离。然后根据评价单元与中心城市的交通距离进行分级赋值(见表 4)。

表 4 评价单元与中心城市距离的评价赋值

Tab. 4 Estimate values of the distance from the key city

距离(km)	权重赋值
0~100	2.00
100~200	1.50
200~300	1.00
>300	0.00

河北省的省域中心城市为石家庄市和唐山市，两个城市的综合实力在河北省都比较高，人口达到了一定的规模，又由于河北省所处位置的特殊性，受北京的辐射影响，所以，选择中心城市为石家庄市、唐山市和北京市。

从所得到的河北省区域优势度的空间格局可知，有 58 个县的区位优势度等于 2，这些区域距离中心较近，能便捷的接受中心的辐射；交通优势度为 1.5 的县有 89 个，数量最多；仅有 5 个县的区位优势度为 1，它们是位于河北省北部山区的围场满族蒙古族自治县、康保县、沽源县、尚义县和邯郸大名县，远离河北省的中心城市，几乎不能接受中心城市的经济辐射，一定程度上影响这些地区的经济发展。

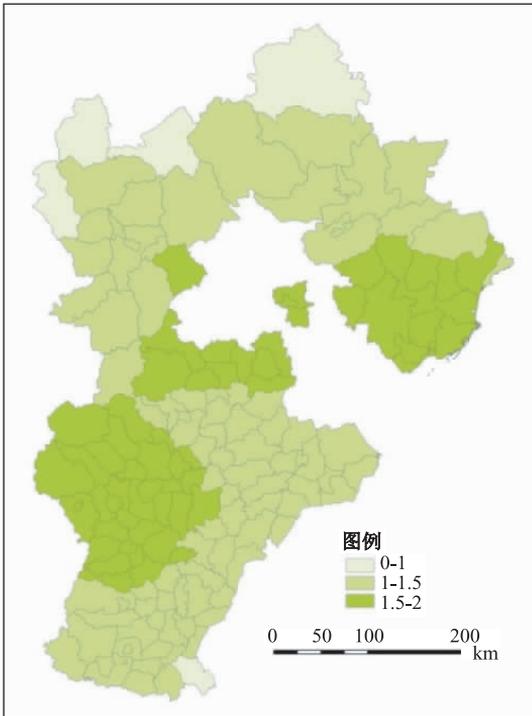


图 4 河北省区位优势度的空间格局

Fig. 4 Spatial configuration of location superiority of Hebei Province

### 3.3 河北省功能区划中交通优势度评价的结果分析

通过以上三个单因子指标要素的分析计算，对指标数据的分级赋值，根据交通优势度评价模型进行多指标加权综合，得到河北省具体的交通优势度分布图(见图 5)。

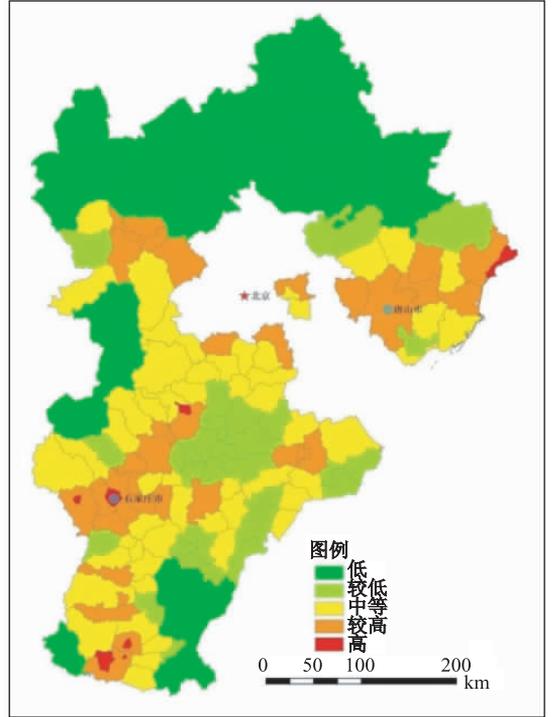


图 5 河北省交通优势度的空间格局

Fig. 5 Spatial configuration of transport superiority of Hebei Province

利用 Natural Breaks(自然间距分类法)将河北省交通优势度 147 个县级行政单位分为 5 个级别，分别为低、较低、中等、较高、高。其中，交通优势度最高的城市是石家庄市、邯郸市、秦皇岛市、保定市四个城市，建议划分为优化开发区；交通优势度较高的城市有 39 个，它们具有很高的发展潜力，交通设施的支撑能力相对较高，占河北省的 26.5%，建议划分为重点开发区；交通优势度中等的有 44 个，占全省的 30%；较低的有 32 个，占全省的 21.8%；低的有 28 个，占全省的 19%，这些地区距离中心城市较远，区域内部交通设施较少，交通条件处于比较明显的劣势，不利于这些地区的经济发展，建议划分为限制开发区。在具体划分主体功能区类型时，应综合各评价单元的资源环境承载力、现有开发密度和发展潜力，统筹考虑未来人口分布、经济布局、国土利用和城镇化格局等因素，最终确定 4

类主体功能区类型。

利用河北省 2007 年经济统计年鉴提供的人口和 GDP 数据计算河北省各县域的人均 GDP 值来反映该地区的 2006 年的经济状况。按照交通优势度的分类方法将人均 GDP 分为低、较低、中等、较高、高 5 类(图 6)。

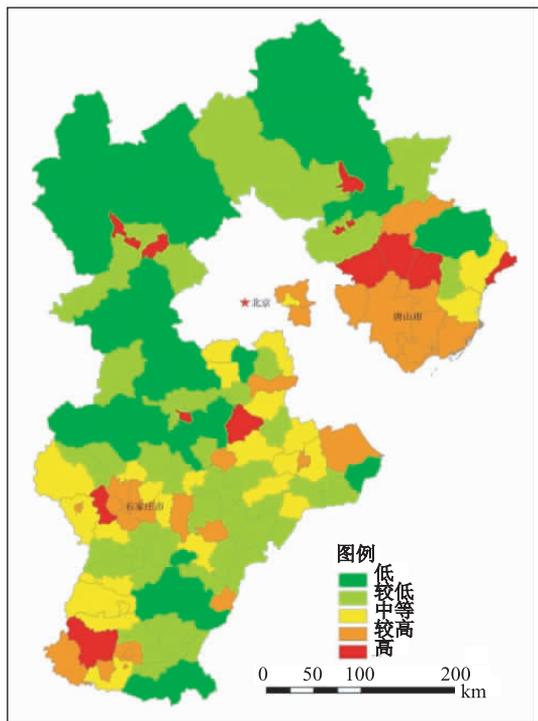


图 6 河北省 2006 年人均 GDP 分布图

Fig. 6 The per-capita GDP of Hebei Province in 2006

对比交通优势度评价结果和 2006 年人均 GDP 统计结果,可以看出,两者分布特征有一定的相关性,尤其是北部山区的各个县域,根据公式 4 计算两者的相关系数  $R$ 。

$$R = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (4)$$

其中,  $Cov(X,Y)$  为  $x, y$  的协方差,  $\sigma_x, \sigma_y$  为  $x, y$  的标准差<sup>[15]</sup>。计算得到  $R=0.408$ , 根据一般经验和结果可以看出河北省交通优势度水平和人均 GDP 呈低度正相关,即交通优势度在一定程度上影响一个区域的经济状况。

交通优势度的 3 个因子,从不同角度反映了一个地区的交通状况。从结果来看,交通优势度高的地方多为地级以上城市,经济发展水平也较高,通过实地调研和与河北省经济年鉴所提供的 GDP 数据进行对比分析可知,交通状况差的地区往往经济

发展也不发达,因此,在地区发展的过程中要注意交通设施的建设。

## 4 结论和展望

本文通过对交通网络密度、交通干线影响度和区位优势度单因子的分析,生成了单因子分布图。同时,利用层次分析法进行权重分配,将各单因子分析图进行叠加,根据交通优势度评价模型进行建模和计算,得出河北省交通优势度分布图。计算结果表明,有 59.2% 的地域交通优势度水平处于中等以上,河北省的整体交通水平比较好。交通优势度比较高的地区主要集中在石家庄市、秦皇岛市、唐山市、邯郸市及其附近县区,河北省北部山区的交通优势度比较差。

通过河北省的人均 GDP 分布进行对比定量分析,两者的分布基本一致。另对两者作了相关性分析,相关系数为 0.408,为低度正相关,可知交通优势度高的地方,经济状况往往相对较好。

有待今后深入研究的:(1)计算交通优势度(或可达性)具有多种因子分类方法和权值计算策略,比如,计算距离火车站的距离而不是以距铁路距离作为因子、可达性计算中考虑网络距离而不是欧式距离等。本文只是参考了我国省级主体功能区划中的因子计算方法进行了实验研究,在下一步的研究中需要对不同计算方法进行针对性研究或对比研究,以增加研究方法的实用性和科学性分析;(2)对“张家口至承德”、“张家口至石家庄”等多条在建高速公路完成后的交通优势度格局,进行定量计算和对比分析,以对河北省北部山区的交通优势度未来改善状况进行模拟和预测;(3)针对“京津冀”特殊地域空间结构,结合可能新近制定的“京津冀都市圈区域规划”,对河北省未来交通优势度发展需求进行分析和格局优化方案研究。

### 参考文献:

- [1] 国务院. 关于编制全国主体功能区规划的意见[J]. 中国勘察设计, 2007(11): 10-12.
- [2] 张莉,冯德显. 河南省主体功能区划分的主导因素研究[J]. 地域研究与开发, 2007, 26(2): 30-34.
- [3] 张广海,李雪. 山东省主体功能区划分研究[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(4): 57-61.

- [4] 马仁锋,张海燕,沈玉芳,等.省域尺度的区域发展潜力评价方法研究[J].开发研究,2009(3):18-23.
- [5] 陆锋.区域交通状况评价的GIS方法[J].国土与自然资源研究,1999(3):31-34.
- [6] 刘海隆,包安明,陈曦,等.新疆交通可达性对区域经济的影响分析[J].地理学报,2008,63(4):428-436.
- [7] 杨钟贤,邵权,苏春江.汶川地震重灾区交通通达性分析[J].长江流域资源与环境,2009,18(12):1166-1171.
- [8] 麻清源,马金辉,张超.基于网络分析的交通网络评价及其与区域经济发展关系研究[J].人文地理,2006,21(4):113-116.
- [9] 陈洁,陆锋.京津冀都市圈城市区位与交通可达性评价[J].地理与地理信息科学,2008,24(2):53-56.
- [10] 王成新,王格芳,刘瑞超,等.区域交通优势度评价模型
- 型的建立与实证——以山东省为例[J].人文地理,2010,25(1):113-116.
- [11] Jin Fengjun, Wang Chengjin, Li Xiuwei. China's Regional Transport Dominance: Density, Proximity and Accessibility[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 20(2): 295-309.
- [12] 卢雪球.广州市道路网密度分析与城市中心区范围研究[D].中山大学,2007.
- [13] 徐明德,王森.基于道路和城镇的区位优势度分析[J].世界地理研究,2009,18(4):91-99.
- [14] 封志明,刘东,杨艳昭.中国交通通达度评价:从分县到分省[J].地理研究,2009,28(2):419-429.
- [15] 章文波,陈红艳.实用数据统计分析及SPSS12.0应用[M].北京:人民邮电出版社,2006,127-128.

## Transport Superiority Degree Analysis and Application for Major Function Regions Zoning at Provincial Level: A Case Study of Hebei Province

ZHANG Xin<sup>1</sup>, LIU Haiwei<sup>1,2</sup>, DONG Wen<sup>1</sup>, CHEN Huabin<sup>1</sup>, CHI Tianhe<sup>1</sup>

(1 Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China;

2 China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Transport plays an important role in the history of human civilization and social development, which joins geographical spaces and social economic activities. The transport superiority degree is one of the assessment indexes for the major function regions zoning of our country. The study on Chinese major function regions zoning which oriented transport superiority degree analysis method is of great importance for the major function regions zoning of provinces. By using GIS technology and combined with Hebei's local conditions, we used latest administrative division data, based on geographic database and statistical data of 147 counties of Hebei Province to compute the transport superiority degree. First, the transport dominance computation model is established in this paper. Then density, proximity and accessibility of Hebei Province are analyzed quantitatively and qualitatively. We determined the weights of three indexes by using analytic hierarchy process, and they are 0.267, 0.404 and 0.329. At last, the comprehensive evaluation on the transport superiority degree for each county is achieved. By contrast, the regions of the highest transport superiority degree of Hebei Province concentrate in Shijiazhuang, Qinhuangdao, Tangshan, Handan and their nearby towns. Northern mountain area of Hebei, which merely account for 19% of the total area of the province, has a lower transport superiority degree. Thus, the government should make great efforts to improve the transportation condition in northern mountain area of Hebei, so as to narrow the economic development gap to realize the coordinated development within different regions of Hebei. The majority region of Hebei, which is about 59.2% of the total area, have the middle level or a

(下转第 280 页)

paddy were parameterized as starting time, range, extent, and maximum of NDVI during the growth period. In the end, through comparing the phenological key values, a reasonable classification rule was generated based on the thresholds of phenological key values, and a decision tree classifier was constructed to extract Paddy land area, whose precision was 87.5%. It turned out the feasibilities of long time-series MODIS NDVI data and our classification strategy adapted to the extraction of crop land area.

**Key words:** NDVI time-series; S-G filter; phenology key value; decision tree classifier.

---

(上接第 176 页)

little better in transport superiority degree, and the level of traffic is comparatively well in Hebei. The result maps reveal the regional difference and the distribution pattern of Hebei, and the result of this paper is provided as reference for traffic planning and major function regions zoning. Furthermore, the per-capita GDP and the transport superiority degree of every county was compared and analyzed. The computation result is that the per-capita GDP of 2006 presents a not very strong positive correlation with the transport superiority degree for each county with a correlative coefficient of 0.408.

**Key words:** transport superiority degree; main function region; GIS; Hebei Province