

# 江苏省公路交通网络可达性评价研究

刘 俊, 陆玉麒

(南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046)

[摘要] 利用 ARCVIEW 软件的网络分析模块, 以江苏省 2005 年 1:25 万基础地理信息数据中的道路网络数据为基础, 采用加权平均时间距离指标, 对江苏省县级及以上的 65 个节点城市的可达性状况进行分析评价, 并揭示评价模型本身的内在特点. 研究表明, 江苏省可达性空间格局呈不规则的同心环状分布, 可达性中心区位于苏南, 越向外围可达性越差, 且表现为一定的快速干道指向性; 节点的可达性状况不仅受制于路网状况, 而且受节点区位的影响, 与节点的中心性相关, 正是由于这种相关关系, 使得可达性空间格局呈现不规则同心环状分布, 越向外围可达性越差.

[关键词] ARCVIEW, 可达性, 公路交通网络, 江苏省

[中图分类号] F542 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2008)03-0129-06

## Appraisalment of Road Transportation Network Accessibility in Jiangsu Province

Liu Jun, Lu Yuqi

(School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract** Based on the road transportation network of Jiangsu Spatial Data Infrastructure (2005), choosing the weighted average time distance index, this paper analyses the spatial structure of major cities' accessibility in Jiangsu Province using Network Analyst extension in ARCVIEW. The main conclusions are drawn as follows. The accessibility spatial structure in Jiangsu Province presents a series of irregular concentric circles spatial pattern and trends to high-speed trunk road. The inner accessibility level is better and it goes worse from the center to the periphery. The nodes' accessibility level is not only confined by the transportation network, but also influenced by its location. It is correlative with its centrality, and as a result, the accessibility spatial structure presents a series of irregular concentric circles spatial pattern and the accessibility level goes worse from the center to the periphery.

**Key words** ARCVIEW, accessibility, road transportation network, Jiangsu Province

1959年, Hansen 首次提出了可达性的概念, 将其定义为交通网络中各节点相互作用的机会的大小<sup>[1]</sup>. 此后, 可达性的涵义不断引申和发展, 交通地理、区域规划、城市规划、景观规划以及土地利用等领域的众多学者都从自己的研究角度出发, 提出了可达性的涵义, 并深入探讨了对其进行定量评价的方法. 至今, 学者们在可达性的精确定义上仍然难以达成一致意见. 但一般来讲, 可达性是指利用一种特定的交通系统从某一给定区位到达活动地点的便利程度<sup>[2]</sup>. 目前, 可达性作为评价交通网络效率的一个非常有效的综合性指标, 已被广泛运用于交通地理学相关研究中.

国外学者对交通可达性的研究大部分集中在陆路交通网络方面, 度量可达性的指标主要有距离度量法、拓扑度量法、重力度量法以及累积机会法等<sup>[3]</sup>. Gutierrez 和 Gonzalez 等采用多项定量指标, 从不同尺度对跨欧洲高速铁路网可能引起的欧洲各城市可达性的变化进行了研究<sup>[4]</sup>; Dupuy Gabriel 等运用系列网络指数对欧洲城市公路可达性及其等级体系进行了探讨<sup>[5]</sup>; Linneker 和 Spence 研究了伦敦环行公路所引起

收稿日期: 2007-12-12

基金项目: 国家自然科学基金 (70573053) 资助项目.

通讯联系人: 陆玉麒, 教授, 博士生导师. 研究方向: 空间结构与区域发展. E-mail: luyuq@263.net

的可达性变化对区域经济的影响<sup>[6]</sup>. 国外的研究均针对当地情况, 而我国的交通基础设施发展水平与国外相比尚存在一定的差距, 不能简单直接地引用其研究成果. 目前, 国内研究中实证分析较多, 主要是引用已有的评价模型, 对区域可达性空间格局的现状及其在时间序列内的演化规律进行分析和评价, 而对评价模型本身的内在特点及作用机制缺乏深入探讨. 初期研究主要集中在大尺度区域, Li Sim ing 和曹小曙等对中国干线公路网联结的城市可达性进行了研究<sup>[7, 8]</sup>; 金凤君、王姣娥等对全国范围内铁路客运网络的可达性空间格局进行了探讨<sup>[9]</sup>. 中小尺度区域的可达性研究多集中于经济发达区域, 如长三角、珠三角、京津唐地区, 而以省级行政区为研究对象的相对较少. 吴威和曹有挥等对长江三角洲地区主要节点城市的可达性空间格局及其演化规律进行了探讨<sup>[10]</sup>; 张莉和陆玉麒对长江三角洲地区 16 个节点城市目前和未来的区内可达性和区外可达性进行了评价<sup>[11]</sup>; 张兵、金凤君等探讨了湖南公路网的可达性演化状况<sup>[12]</sup>; 徐旭、曹小曙等对穗港城市走廊潜在通达性及其空间格局进行了分析<sup>[13]</sup>; 麻清源、马金辉等打破以往研究区域边界的限制, 在考虑区外交通网络影响的基础上, 对甘肃省交通可达性及其与区域经济发展之间的内在关系进行了探讨<sup>[14]</sup>. 本文主要基于 ARCVIEW 软件的网络分析模块, 以江苏省 2005 年 1: 25 万基础地理信息数据中的道路网络数据为基础, 采用加权平均时间距离指标及由其换算得出的可达性系数指标, 对江苏省级及以上 65 个节点城市的可达性状况进行分析评价, 并揭示评价模型本身的内在特点, 旨在为未来本区域交通网络的优化提供借鉴及参考.

## 1 评价指标的选取

### 1.1 加权平均时间距离指标

加权平均时间距离指标的计算公式为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j) \Big/ \sum_{j=1}^n M_j$$

式中  $A_i$  为  $i$  节点在交通网络中的可达性;  $T_{ij}$  为节点  $i$  到节点  $j$  的最短时间距离;  $n$  为区域中参与评价的节点的个数;  $M_j$  为节点  $j$  的权重, 可以采用节点  $j$  的人口、地区生产总值、客货运输量等指标来衡量, 以反映节点规模大小对其吸引力的影响. 这种评价方法在以往的研究中应用较多, 它考虑了各个节点的吸引力大小对其可达性的影响, 通过计算通行时间的差异来反映可达性的优劣, 其值越小, 可达性状况越好.

### 1.2 可达性系数

为了使计算出的加权平均时间距离指标在各个节点之间更具可比性, 采用可达性系数指标对其进行归一化处理, 以便更好地反映各个节点的可达性状况在整个研究区域中所处的地位. 可达性系数是各节点可达性值与网络内各节点平均可达性值的比值<sup>[9]</sup>, 它反映节点城市相对可达性水平的高低, 其值越大, 表示节点的可达性越差, 大于 1 表示该节点的可达性水平比区域平均水平低, 小于 1 说明该节点的可达性优于区域平均水平. 其计算公式如下:

$$A'_i = A_i \Big/ \left( \sum_{i=1}^n A_i / n \right).$$

$A'_i$  为节点  $i$  的可达性系数,  $A_i$  为  $i$  节点的可达性值,  $n$  为节点个数.

## 2 数据获取及技术路线

本文以江苏省为研究区域, 研究节点为县级及以上城市, 共 65 个节点, 其中地级市 13 个. 以江苏省 2005 年 1: 25 万基础地理信息数据中的道路网络数据为基础, 将基础地理信息数据导入 ARCVIEW 软件中, 对道路网络数据进行编辑, 在其属性表中将不同等级的道路赋以不同的速度. 根据《中华人民共和国公路工程技术标准 (JTGB01- 2003) 》规定的公路设计速度, 结合区域实际, 设定各类公路平均行车速度如下: 高速公路 100 km /h, 一级公路 80 km /h, 二级公路 60 km /h, 三级公路 40 km /h, 其他无等级乡镇乡村公路 30 km /h. 利用 ARCVIEW 软件中的网络分析模块求出各节点城市与其它节点城市之间的最短时间距离, 按照加权平均时间距离的计算公式, 以各个节点 2005 年的地区生产总值为权重, 计算各个节点到其它节点的加权平均时间距离, 并将其换算为可达性系数, 据此对江苏省各节点城市的可达性状况进行分析评价. 江苏省公路交通网络状况如图 1.

3 评价结果分析

基于 ARCV EW 软件,采用以上数据和方法,按照所选用的指标的计算公式,得到各个节点的可达性指标值(表 1). 为了更直观地表达区域可达性的空间分布格局,以各节点的加权平均时间距离为原始数据,进行空间插值. 主要的内插方法有:权重距离递减 (Inverse Distance Weighted), 样条函数内插 (Spline), Kriging 内插和趋势面内插 (Trend) 等. 其中, 样条函数内插是通过所有的采样点建立一个数学函数, 从而产生一个曲率最小的表面, 它的用途非常广泛, 适合于内插变化平缓的表面<sup>[15]</sup>. 鉴于相邻节点的可达性状况变化不大, 因此采用此种内插方式. 将插值结果从最小值起以 0.4 h 为间隔划分为 12 个等级, 得到的可达性空间格局状况如图 2



图 1 江苏省公路交通网络(2005)

Fig.1 The road transportation network in Jiangsu Province

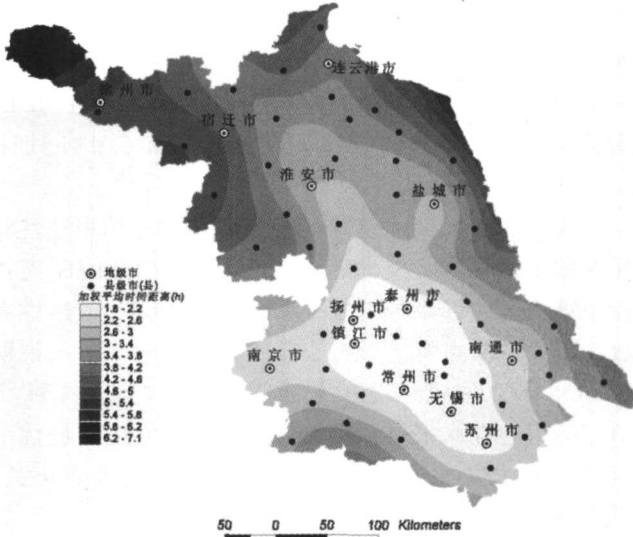


图 2 江苏省各节点城市的可达性空间格局

Fig.2 The accessibility spatial structure of Jiangsu Province

表 1 江苏省各节点城市的可达性状况

Table 1 Accessibility of 65 cities in Jiangsu Province

节点	加权平均 时间距离 /h	可达性 系数	节点	加权平均 时间距离 /h	可达性 系数	节点	加权平均 时间距离 /h	可达性 系数
南京市	2.53	0.78	南通市	2.45	0.76	建湖县	3.37	1.04
溧水县	2.97	0.92	海安县	2.67	0.83	东台市	3.27	1.01
高淳县	3.36	1.04	如东县	3.44	1.07	大丰市	3.96	1.23
无锡市	1.88	0.58	启东市	3.84	1.19	扬州市	2.15	0.67
江阴市	1.83	0.57	如皋市	2.70	0.84	宝应县	2.43	0.75
宜兴市	2.94	0.91	通州市	2.89	0.90	仪征市	2.39	0.74
徐州市	5.07	1.57	海门市	3.04	0.94	高邮市	2.78	0.86
丰县	6.47	2.01	连云港市	3.99	1.24	江都市	1.99	0.62
沛县	6.20	1.92	赣榆县	4.46	1.38	镇江市	2.08	0.64
铜山县	5.00	1.55	东海县	4.32	1.34	丹阳市	2.01	0.62
睢宁县	5.03	1.56	灌云县	3.72	1.15	扬中市	2.16	0.67
新沂市	3.98	1.23	灌南县	3.62	1.12	句容市	2.32	0.72
邳州市	4.47	1.39	淮安市	3.09	0.96	泰州市	2.11	0.65
常州市	2.09	0.65	涟水县	3.31	1.03	兴化市	2.86	0.89
溧阳市	3.28	1.02	洪泽县	3.83	1.19	靖江市	1.80	0.56
金坛市	2.41	0.75	盱眙县	4.11	1.27	泰兴市	1.92	0.60
苏州市	2.14	0.66	金湖县	3.60	1.12	姜堰市	2.13	0.66
常熟市	2.33	0.72	盐城市	2.97	0.92	宿迁市	4.55	1.41
张家港市	2.17	0.67	响水县	4.00	1.24	沭阳县	3.60	1.12
昆山市	2.35	0.73	滨海县	3.90	1.21	泗阳县	3.71	1.15
吴江市	2.45	0.76	阜宁县	3.39	1.05	泗洪县	4.78	1.48
太仓市	2.66	0.82	射阳县	4.30	1.33	平均	3.23	1.00

3.1 可达性空间格局状况

如图 2所示, 研究区域的可达性空间格局呈不规则同心环状分布, 中心区位于苏南, 表现为以泰州、无锡、苏州连线为长轴的略狭长区域. 可达性状况由中心区向外围逐渐变差; 可达性空间格局还表现为一定的快速干道指向性, 其分布沿沂淮江高速及沪宁高速方向向外突出, 同时受宁连高速及宁通高速的影响, 向连云港和南通方向突出. 这是由于在采用加权平均时间距离来衡量节点的可达性时, 节点可达性不仅受其到达其它节点的最短时间距离的影响, 还要受到权重的影响. 首先, 交通主干道行车速度较大, 因此位于其沿线的节点可达性相对较好, 受道路网状况的影响, 可达性分布表现为快速干道指向性. 其次, 由于采用各节点 2005年的地区生产总值作为权重指标, 而苏南地区是江苏省的经济重心, 区内节点自身权重较高, 2005年苏南 12个节点的 GDP总量占江苏全省的 44.59%, 而苏北地区经济落后, 区内节点权重较低, 苏北 29个节点的 GDP总量仅占江苏全省的 19.79%; 同时苏南、苏中地区城市分布相对集中, 区内节点之间的距离相对较小, 因此研究区域可达性中心区位于苏南<sup>①</sup>. 可达性较好的节点为靖江、江阴、无锡、泰兴, 加权平均时间距离分别为 1.80 h、1.83 h、1.88 h、1.92 h; 可达性较差的节点为丰县、沛县、徐州、睢宁, 加权平均时间距离分别为 6.47 h、6.20 h、5.07 h、5.03 h; 加权平均时间距离的极差值为 4.67 h.

3.2 相对可达性状况

为了更好地反映研究区域内各个节点的可达性状况在整个区域中所处的地位, 将加权平均时间距离指标换算为可达性系数. 研究区 65个节点中, 可达性系数大于 1的节点有 31个, 小于 1的节点有 34个, 说明有 31个节点的可达性水平低于区域平均水平, 34个节点的可达性水平高于区域平均水平. 可达性最优节点靖江市, 可达性系数为 0.56; 可达性最差节点丰县, 可达性系数为 2.01; 可达性系数的极差值为 1.45. 如表 2. 从地区分布看, 苏中、苏南地区的节点的可达性较好, 而苏北地区节点的可达性较差. 表现为苏中、苏南地区的节点大都位于可达性系数值较小的区间, 而可达性系数值较大的区间所包含的节点大都为苏北地区的节点; 苏南地区节点的可达性系数平均值为 0.74, 苏中地区为 0.79, 苏北地区为 1.28.

表 2 不同可达性系数区间的节点分布状况

Table 2 Nodes distributing in different section of accessibility coefficient

可达性系数值	节点个数	百分比 /%
0.51~0.60	苏南 2 苏中 2	6.15
0.61~0.70	苏南 3 苏中 7	15.38
0.71~0.80	苏南 4 苏中 5	13.85
0.81~0.90	苏南 1 苏中 5	9.23
0.91~1.00	苏南 1 苏中 2 苏北 2	7.69
1.01~1.10	苏南 1 苏中 2 苏北 4	10.77
1.11~1.20	苏中 1 苏北 6	10.77
1.21~1.30	苏北 6	9.23
1.31~1.50	苏北 6	9.23
1.51~1.70	苏北 3	4.62
> 1.70	苏北 2	3.08
极差	2.01 - 0.56 = 1.45	

3.3 节点可达性状况与中心性的相关分析

3.3.1 中心性的计算

在采用加权平均时间距离来衡量节点的可达性状况时, 节点在区域中所处的位置对其有重要的影响. 张莉、陆玉麒<sup>[11]</sup>认为节点的区内可达性反映了其区位的中心性, 并进行了节点可达性和中心性的相关分析. 本文试图进一步探讨节点的可达性状况与其区位的关系. 采用节点的中心性来反映节点的区位状况<sup>[16]</sup>, 中心性的计算公式为:

$$C_i = D_i \sqrt{S/\pi},$$

式中  $C_i$  表示节点的中心性,  $D_i$  表示节点到中心的距离,  $S$  为区域面积.  $C_i$  的值越小, 表示节点的中心性越高.

由于本文采用节点的 GDP 指标作为权重, 因此用经济中心性来表示节点的区位状况. 经济中心性反映节点与区域的经济重心之间的相对位置关系. 经济重心趋向于 GDP 较高的节点, 其计算公式为:

$$x_o = \sum_{i=1}^n x_i \times m_i / M; \quad y_o = \sum_{i=1}^n y_i \times m_i / M,$$

式中  $x_o$  为区域经济重心的横坐标,  $y_o$  为区域经济重心的纵坐标,  $x_i$  为区域中第  $i$  个节点的横坐标,  $y_i$  为第  $i$

① 本文所指的苏南地区包括苏州、无锡、常州市及其所辖县市, 苏中地区包括南京、镇江、扬州、泰州、南通五市及其所辖县市, 苏北地区包括徐州、宿迁、淮安、盐城、连云港五市及其所辖县市.

个节点的纵坐标,  $m_i$  为第  $i$  个节点的 GDP,  $M$  为区域内所有节点的 GDP 总值,  $n$  为节点的个数.

根据以上的公式, 通过计算得到各节点的经济中心性 (表 3), 同样采用样条函数内插 (Spline) 方式, 进行空间插值, 并将插值结果从最小值起以 0.2 为间隔, 划分为 12 个等级, 从而得到节点经济中心性的空间格局 (图 3). 如图 3 所示, 经济中心性的空间格局呈现出以扬中为中心的较规则的同心环状分布, 越向外围中心性越差. 对比可达性的空间分布格局可以发现, 经济中心性空间格局的中心区域与可达性空间格局的中心区域吻合, 与经济中心性空间格局不同的是, 可达性空间格局呈不规则的环状分布. 由此可以看出, 节点的可达性与其中心性相关. 在采用加权平均时间距离指标来衡量节点的可达性状况时, 节点的可达性不仅受路网状况的影响, 而且还受节点的经济中心性的制约, 因此, 可达性空间格局呈不规则的环状分布, 表现出明显的快速干道指向性, 其中心区域与经济中心性空间格局的中心区域吻合.

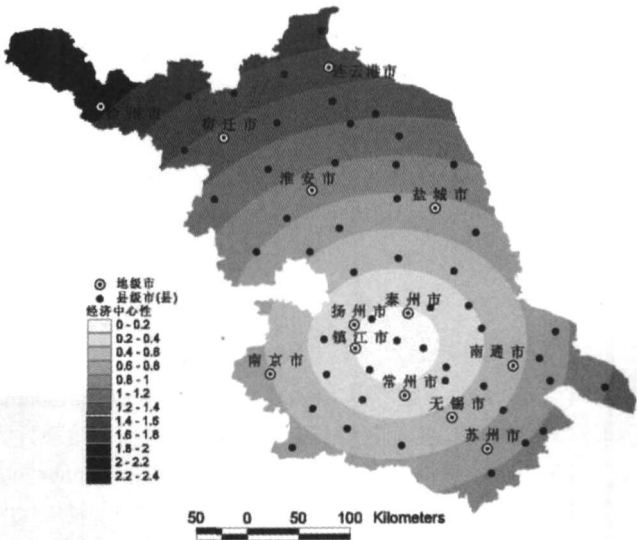


图 3 江苏省各节点城市的经济中心性空间格局

Fig.3 The centrity spatial structure of Jiangsu Province

3. 3. 2 节点可达性与中心性的相关分析

为了进一步明确节点的可达性与中心性之间的相关关系, 利用 SPSS 统计软件对其进行相关分析和模型拟合. 通过相关分析, 以加权平均时间距离换算的可达性系数与经济中心性的相关系数为 0.907, 相关关系模型为  $y = 0.4892 + 0.8558x - 0.3810x^2 + 0.1322x^3$ , 式中因变量  $y$  为可达性系数, 自变量  $x$  为节点的经济中心性, 可达性系数与经济中心性的相关程度较强. 正是由于节点的可达性与其中心性存在着相关关系, 区域可达性空间格局才表现为中心区域与经济中心性的中心区域吻合, 越向外围可达性越差. 经济中心性小于 0.30 的 10 个节点中, 有 8 个节点的可达性位于前 10 位; 经济中心性大于等于 1.40 的 10 个节点中, 亦有 8 个节点的可达性位于后 10 位. 这也在一定程度上体现了节点的可达性与中心性之间的相关关系.

4 结论与讨论

(1) 研究区域可达性空间格局呈不规则的同心环状分布, 越向外围可达性越差, 中心区表现为以泰州、无锡、苏州连线为长轴的略狭长区域; 可达性分布还呈现一定的快速干道指向性, 沿沂淮江高速及沪宁高速方向向外突出, 同时受宁连高速及宁通高速的影响, 向连云港和南通方向突出.

(2) 衡量节点的可达性时, 由于采用各节点的地区生产总值作为权重指标, 受江苏省区域差异的影响, 苏北地区的城市被赋予的权重较低, 再加之其偏居一隅, 城市分布相对分散, 因此苏北地区可达性相对较差, 而苏中、苏南地区的节点可达性较好, 可达性中心区位于苏南.

(3) 采用加权平均时间距离来衡量节点的可达性状况时, 节点的可达性状况不仅受制于路网状况, 而

表 3 江苏省各节点城市的中心性

Table 3 The centrity of major cities in Jiangsu Province

节点	经济中心性	节点	经济中心性	节点	经济中心性
南京市	0.60	南通市	0.55	建湖县	0.77
溧水县	0.51	海安县	0.39	东台市	0.47
高淳县	0.72	如东县	0.74	大丰市	0.69
无锡市	0.47	启东市	0.99	扬州市	0.22
江阴市	0.30	如皋市	0.40	宝应县	0.42
宜兴市	0.54	通州市	0.67	仪征市	0.33
徐州市	1.84	海门市	0.74	高邮市	0.66
丰县	2.23	连云港市	1.50	江都市	0.17
沛县	2.14	赣榆县	1.69	镇江市	0.19
铜山县	1.81	东海县	1.52	丹阳市	0.18
睢宁县	1.40	灌云县	1.32	扬中市	0.02
新沂市	1.52	灌南县	1.19	句容市	0.36
邳州市	1.61	淮安市	0.90	泰州市	0.17
常州市	0.28	涟水县	1.00	兴化市	0.45
溧阳市	0.50	洪泽县	0.83	靖江市	0.26
金坛市	0.34	盱眙县	0.80	泰兴市	0.13
苏州市	0.70	金湖县	0.63	姜堰市	0.25
常熟市	0.61	盐城市	0.74	宿迁市	1.34
张家港市	0.46	响水县	1.22	沭阳县	1.29
昆山市	0.80	滨海县	1.10	泗阳县	1.09
吴江市	0.82	阜宁县	0.95	泗洪县	1.12
太仓市	0.83	射阳县	0.98		

且受节点区位的影响,与节点的经济中心性相关.因此,可达性空间格局的中心区域与经济中心性格局的中心区域吻合,呈现不规则同心环状分布,越向外围可达性越差,并呈现一定的快速干道指向性.

(4)由于采用加权平均时间距离来衡量节点的可达性状况时,要受节点在区域中所处的位置的影响,节点可达性的好坏在很大程度上是其在该区域的中心性的体现.因此,使用这种评价方法时,所得到的节点的可达性仅仅是针对所研究区域的节点之间的相对可达性,不能用于不同研究区域的节点之间的比较,研究区域范围不同,所选取节点的个数不同,同一节点的可达性优劣可能也会有很大的差别.所以,在评价节点的可达性状况时,应根据节点之间的联系确定合理的研究区域和节点个数,并尽可能结合其它方法进行评价,以摒除因研究区域范围不同而使得同一节点的可达性状况出现很大差别.

### [参考文献]

- [1] Hansen W G. How accessibility shapes land-use[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25: 73-76
- [2] 李平华, 陆玉麒. 可达性研究的回顾与展望[J]. 地理科学进展, 2005, 24(3): 69-77.
- [3] Pirie G H. Measuring accessibility: A review and proposal[J]. Environment and Planning A, 1979, 11(3): 299-312
- [4] Gutierrez J, Gonzalez R, Gomez G. The European high speed train network: predicted effects on accessibility patterns[J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(4): 227-238
- [5] Dupuy Gabriel, Stransky V. Cities and highway network in Europe[J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(2): 107-121.
- [6] Linneker B, Spence N. Road transport infrastructure and regional economic development: the regional development effects of the M25 London orbital motorway[J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(2): 77-92
- [7] Li Si ling, Shum Y in an. Impacts of the national trunk highway system on accessibility in China[J]. Journal of Transport Geography, 2001, 9(1): 39-48
- [8] 曹小曙, 薛德升, 阎小培. 中国干线公路网络联结的城市通达性[J]. 地理学报, 2005, 60(6): 903-910
- [9] 金凤君, 王娇娥. 20世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 293-302
- [10] 吴威, 曹有挥. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化[J]. 地理学报, 2006, 61(10): 1065-1074
- [11] 张莉, 陆玉麒. 基于陆路交通网的区域可达性评价[J]. 地理学报, 2006, 61(12): 1235-1246
- [12] 张兵, 金凤君. 湖南公路网络演变的可达性评价[J]. 经济地理, 2006, 26(5): 776-779
- [13] 徐旭, 曹小曙. 不同指标下的穗港城市走廊潜在通达性及其空间格局[J]. 地理研究, 2007, 26(1): 180-186
- [14] 麻清源, 马金辉. 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, (4): 113-116
- [15] 汤国安, 陈正江. ArcView 地理信息系统空间分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002
- [16] 俞勇军, 陆玉麒. 省会城市中心性研究[J]. 经济地理, 2005, 25(3): 352-357.

[责任编辑: 孙德泉]