

区域高速公路交通流时空特征解析 ——以江苏省为例

赵珍珍¹, 柯文前^{※2,3}, 杨青⁴

(1. 南京大学 地理与海洋科学学院, 中国江苏 南京 210023; 2. 福建师范大学 地理研究所, 中国福建 福州 350007; 3. 湿润亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 中国福建 福州 350007; 4. 南京师范大学 地理科学学院, 中国江苏 南京 210023)

摘要:采用蕴含多重属性的高速公路收费站数据,并联系经济、人口等数据,对区域交通流量时空特征及所体现的社会经济意义进行探究。研究发现:①总体特征上,流量在10~11时和14~16时的时间分布呈“双峰”结构,划分的高、中、低三种流量类型空间分布则有明显集聚特征。②具体特征表现为空间上呈现“点—轴—面”结构,花桥、六合为独特节点,几大长江大桥为轴线,其余收费站则构成面;时间上,每一类收费站交通流量同样呈现“双峰”结构,但存在“最高峰”和“次高峰”。③交通流量连续24小时时间序列分离的动态可视化空间表达体现出人类跨区域的出行活动具有鲜明的“昼—夜”之分规律。④区域交通流量与经济发展水平有很大关联性。

关键词:高速公路;交通流;时空特征;江苏省

中图分类号:U491 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-8462(2016)02-0053-06

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2016.02.007

Exploring the Spatial-Temporal Characteristic of Traffic Flow for Jiangsu Province Expressway

ZHAO Zhen-zhen¹, KE Wen-qian^{2,3}, YANG Qing⁴

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, Jiangsu, China; 2. Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, Fujian, China; 3. Key Laboratory of Humid Subtropical Eco-Geographical Process, Ministry of Education, Fuzhou 350007, Fujian, China; 4. College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, Jiangsu, China)

Abstract: Limited by data source, the past study can hardly dig spatial-temporal characteristics of regional traffic flow from a micro scale. Data from expressway toll stations, which contains multi-properties, combined with data of economy and population, is employed in this paper to explore spatial-temporal characteristics of regional traffic flow and its social-economic implications. Results show that: (1) Generally, the temporal distribution of traffic flow poses a “double-peaks” structure, which are 10 to 11 and 14 to 16, and there is an significant cluster within high, middle, and low traffic flow. (2) To be specific, spatially, it is a “point-axis-area” structure, among which, Huaqiao and Luhe are two special “points”, toll stations on bridges over Yangzi River composes several “axes”, and the remaining toll stations act as “area”. Temporally, each type shares similar first peak and second peak in its distribution. (3) The discrete dynamic visualization of traffic flow in sequent 24 hours demonstrates a significant “day-night” rule in cross-regional transportation activities. (4) Regional traffic flow reveals a relationship with its economy and population.

Key words: expressway; traffic flow; spatial-temporal characteristic; Jiangsu Province

城市空间相互作用是地理学研究的经典主题。国外学者通过对通讯、交通等流数据以及跨界

金融、商业运行情况的分析,揭示城市或区域的功能结构特征^[1-4]。近年来,国内基于流的城市间相

致谢:感谢南京师范大学地理科学学院俞肇元副教授在论文写作过程中给予的帮助!

收稿时间:2015-07-09;修回时间:2015-11-16

基金项目:国家自然科学基金重点基金项目(41230751)

作者简介:赵珍珍(1992—),女,江苏盐城人,硕士研究生。主要研究方向为土地管理与交通地理。E-mail:cherish1314.zhao@gmail.com。

※通讯作者:柯文前(1988—),男,福建晋江人,博士。主要研究方向为空间结构与交通地理。E-mail:wqke2005@163.com。

互关系研究逐渐增多,成为区域发展的热点之一^[5]。通过对交通流^[6]、信息流^[7]、资金流^[8-9]等流动要素强度的测度,可以反映区域内部城市间交流程度,揭示区域内部的功能关系和结构。反映城市间关系的流动要素种类繁多,各自体现的特征也有不同。

以区域交通流表现地区间联系强弱在研究上有了较多的积累^[11]。主要体现在分客流和货流的形成机理、影响因素、空间分布特征研究^[12-20]。数据上一般采用长途客运班次推算的公路客流、以航空班次计算的航空客流及简化运行区间的铁路货流等。这些数据基本均为宏观国家尺度及年份维度的格局把握,难以精确反映区域之间交通流量在短时段、中观尺度等的时空特征。通过对短时段连续变化的交通流时空特征的剖析,不仅有助于理解其自身变化规律,丰富对区域联系强度变化的微观认识,同时也可对相关部门掌握交通运行规律,科学设计与规划道路提供参考依据。

因此,本文采用江苏高速公路收费站数据,对区域高速公路交通流日变化尺度上的时空特征进行解析,并进一步联系人口、经济等要素,初步探讨其所体现的社会经济意义。江苏为案例区的典型性,一方面在于其沿海区位并且属于跨江地域,另一方面截至2012年底其路网密度位居全国第一。高速公路收费站数据的精确性在于其能够囊括发生在高速公路网络上的全部交通流量,真实反映了区域间高速公路交通流强度;采集至秒的时间及至经纬度的空间属性,为分析区域交通流的精细时空特征解析提供支撑。

1 数据来源与分析思路

本文所采用数据由两部分构成,第一部分是2012年1月江苏联网高速公路收费站流量数据,数据库查询整理的程序流程如图1。处理之后的数据格式见表1。第二部分是来自于江苏省2013年统计年鉴的江苏2012年各市年生产总值以及各市城镇人口规模数据。

基于区域高速公路交通流时空特征解析的目的,本文从以下几方面展开分析。第一,交通流量总体时空分布。对一天中同一时段不同收费站的流量进行汇总,分析交通流量的时间分布特征。对同一收费站一天内所有时段交通流量进行汇总,并利用 Nature Break 法对交通流量进行高中低分类,分析交通流量的空间分布特征。第二,典型交通流量时空结构。根据交通流量时空结构对收费站进

行了层次聚类,对各类收费站交通流量进行均值-离散程度分析,综合二者分析各类交通流量的典型时空结构特征及其体现的区域联系差异。第三,交通流量的空间格局演变分析。利用 ArcGIS 从动态可视化的视角挖掘流量空间格局的演变规律。第四,区域交通流量与社会经济相关性分析。将基于交通流量的城市等级,与基于当年 GDP 和城镇人口规模城市等级划分结果进行空间耦合性比对,分析高速公路交通流量时空特征所体现的社会经济意义。

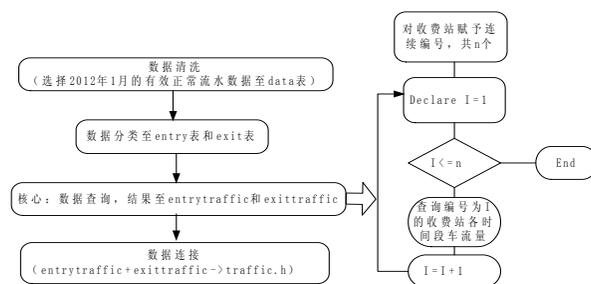


图1 数据处理流程图

Fig.1 The flow chart of data processing

表1 江苏高速公路收费站数据处理之后格式

Tab.1 The data format of processed data of expressway toll station in Jiangsu

收费站编号	时间段	交通流量
0100001	20120101010001	14786

2 江苏高速公路交通流的时空特征解析

2.1 交通流量总体时空分布

时间上,交通流量呈现“双峰”结构。如图2,一天当中,3~11时,交通流量随时间递增;16~次日3时,交通流量随时间递减。交通流量密集时段为9~17时,其中存在10~11时,14~16时两个高峰,12~13时多为车辆在休息站休息时间,因此收费站流量小幅下降。交通流量的时间分布特征,反映了区域之间联系强度的日变化特征。

空间上,划分的高、中、低不同类型交通流量有明显的集聚特征(图3)。高流量区域集中在苏南和部分苏中地区,包括苏、沪交界,几大长江大桥,苏、浙、沪金三角地区。收费站流量从高到低依次是太仓花桥、长江三桥、江阴大桥(靖江)、江阴大桥(江阴)、苏通大桥南、吴江盛泽、南京、太仓主线、苏通大桥北。这些收费站的高流量反映了苏沪间、长江南北间、苏浙沪间交流的紧密程度,且苏沪间的联系要高于省内长江南北间的联系。中流量区域主要分布在连接上海、苏州、无锡、常州、南京等地的

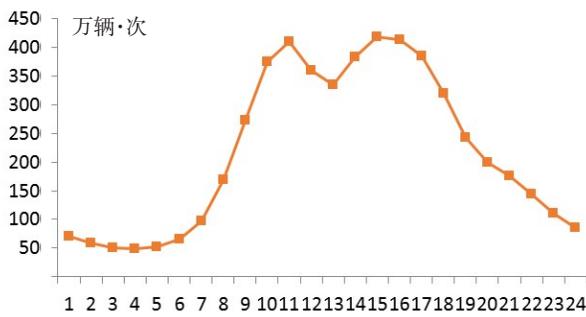


图2 2012年1月江苏高速公路收费站交通流量总体时间分布(以小时为尺度)

Fig.2 The overall temporal distribution of traffic flow on expressway in Jiangsu, January, 2012 (scale for hours)

沪宁高速公路沿线上,以及苏浙省界、苏沪主线、崇启大桥主线、苏皖省界、京福省界、苏鲁省界、同三苏省界等省界收费站,反映的是苏南城市间及多处省份交界处的联系紧密度。低流量区域则主要分布在苏北大部分地区以及部分苏南非重要交通枢纽的地区。总体而言,流量的空间分布存在着由南向北逐渐递减的非均衡特征,中高值收费站仍围绕于沿江地区周边。

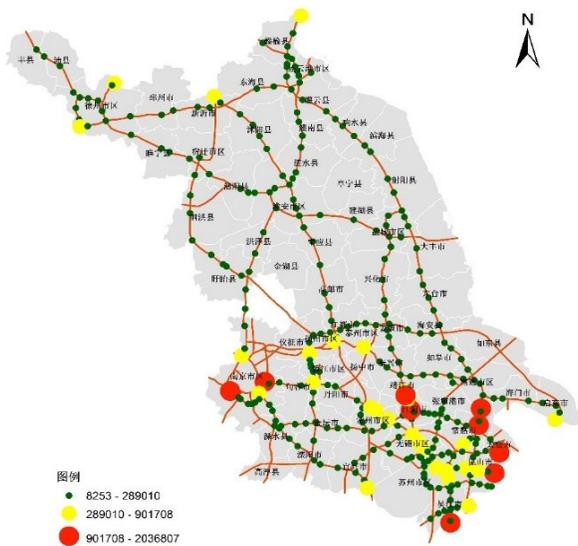


图3 2012年1月江苏高速公路收费站交通流量总体空间分布

Fig.3 The overall spatial distribution of traffic flow on expressway in Jiangsu, January of 2012

2.2 交通流量典型时空结构

层次聚类的交通流时空结构及对应的均值—离散程度统计特征如图4。分类结果中,花桥收费站为第一类,长江三桥收费站、江阴大桥两大收费站、苏通大桥两大收费站5个收费站为第二类,六合南收费站为第三类,上党、镇江南、镇江西、世业

洲、瓜洲、润扬大桥主线、启东北、启东东、启东南、崇启大桥主线、常熟开发区、南通开发区、竹行、润扬大桥等14个收费站为第四类,剩余收费站为第五类。由分类结果可知,所有收费站流量空间分布形成“点—轴—面”的结构。其中,第一类收费站花桥和第三类收费站六合为独特的两点;第二类和第四类收费站为横跨长江的大桥及其附近收费站,构成轴线;第五类收费站数目最多,遍布全省,构成面。时间分布则与总体交通流量相似,大致呈10~11时和14~16时的“双峰”结构,且这一特征在前三类别的流量中更为明显。

综合聚类结果及各自交通流量的均值偏差图,进一步挖掘各类型交通流的特征内涵:

第一类收费站整体流量最高,最高峰出现在10~12时,次高峰出现在14~16时,最高峰每小时双向流量超过5 000辆次。该收费站位于苏沪交界处,且是京沪与沪宁高速等两大国家主干通道的重要交叉点,承担江苏乃至北方与上海车辆过境的咽喉作用。

第二类收费站以横跨江苏南北的大桥收费站为主,在最高峰每小时双向流量超过4 000辆次,略低于花桥。流量时间变化特征与花桥类似,不同在于最高峰和次高峰出现时间相反。观察发现,各时间段不同收费站的流量均存偏差,反映各大桥在联通南北所发挥的功能不同。

第三类收费站为六合南收费站,整体流量居中,最高峰每小时双向流量不到2 000辆次。该收费站位于宁洛和长深高速的交汇处,在连通苏南与苏北和沿海的联系上发挥独特作用。

第四类收费站主要位于润扬大桥、江阴大桥、崇启大桥附近,整体流量较低,最高峰每小时双向流量不到700辆次,远低于第二类收费站。反映出大桥收费站分流与汇流的强作用及附近收费站的“灯下黑”。

第五类收费站则为全省绝大部分收费站,整体交通流量最低,最高峰每小时双向交通流量不到400辆次,绝大部分时间段交通流量小于150辆次。10~17时交通流量的较大偏差反映了不同收费站的通行能力及区域之间交通联系的差异。

2.3 交通流量空间格局的时间演化特征

对高速公路交通流量高、中、低三大类型24小时连续时间序列进行分离,利用ArcGIS实现每小时交通流量的空间表达,结果如图5。可以看出,整个格局中,低流量区域仍占据了多数的空间和时间,

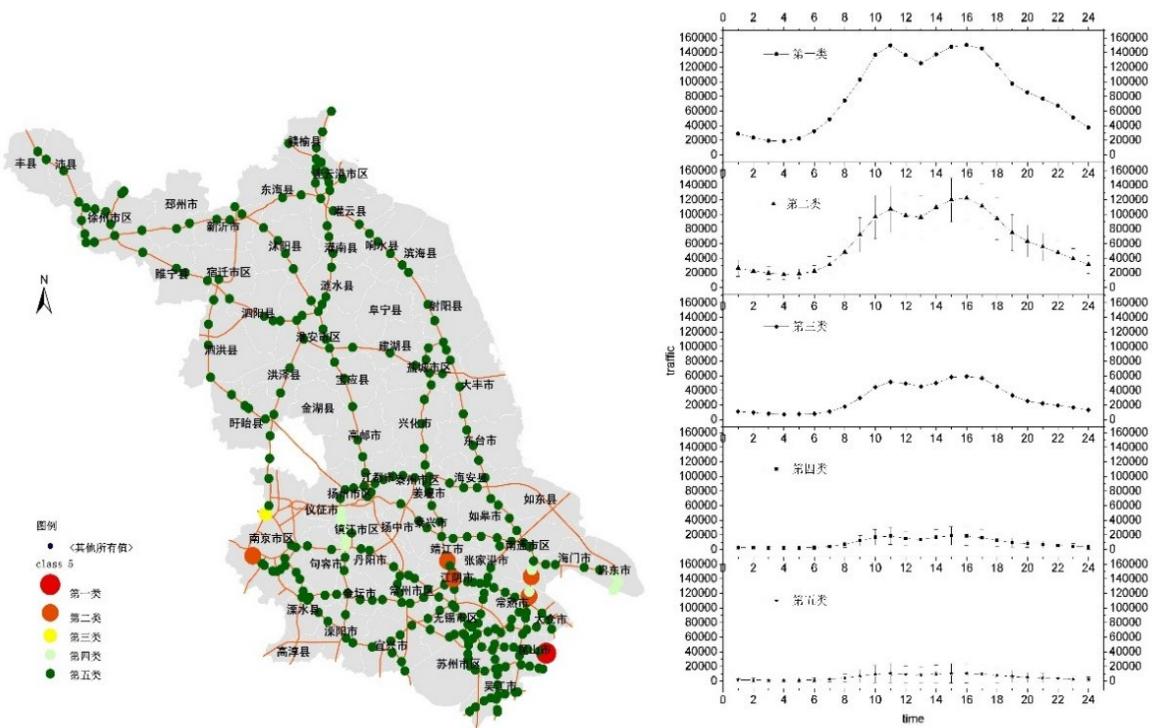


图4 基于交通流量时空结构的高速公路收费站聚类及各类型中交通流量的均值—偏差离散图
 Fig.4 The clustering of toll station based on spatial-temporal structure of traffic flow and the mean-error of traffic flow for each type

其中空间上以苏中以北较多,时间上则全程24小时均有呈现。但仍然可以发现,中流量类型在7~21时为密集分布时段,空间上主要分布于沪宁高速、常台高速的苏州—常熟段、沿海高速、扬溧高速的扬州—丹阳段,并且7~16时呈现从外围往中心集中,16~21时又从中心往外围辐射分散的趋势;高流量区域在早上8时开始体现,并于晚上22时退出,热点和高峰出现在9~18时的白天较长时段中,空间上集中分布于苏州、南京、几个跨江大桥区域,其中花桥收费站流量最为显著,长江三桥次之。从上述分析可知,中、高流量“进入—退出”可观察时段的规律与人类进行时空行为的时间具有高度的一致性,即人们出行活动时长在很大程度上有着鲜明的“昼—夜”之分。

3 区域交通流量与社会经济相关性分析

将城市尺度的交通流与归一化的GDP及城镇人口规模进行对比分析,结果如图6。可知,苏州属于高流量等级城市,南京、无锡、南通属于中流量等级城市,其余为低流量等级城市。不同指标分等结果存在差异,交通流量的区域差异最大,GDP的区域差异其次,城镇人口规模的区域差异最小。进一步的相关性分析发现,交通流量与各市GDP呈线性

相关,相关系数为0.929;与城镇人口规模呈二次多项式相关,相关系数为0.734。说明交通流在很大程度上体现了区域之间的经济发展水平和社会经济联系。

4 结论与讨论

高速公路收费站数据蕴含丰富的交通、地理信息,对其多尺度的时空动态演化特性的信息进行深入挖掘对于揭示交通流特征以及区域联系具有重要的指导意义,同时也是精细化和量化交通网络深入研究的基础。本文以数据积累丰富、交通网络发育较完善的江苏省高速公路网络为典型案例区,基于2012年1月海量高速公路收费站数据,综合利用数据库技术和GIS技术,展开了对区域交通流量时空特征的剖析。结果阐述如下:

第一,总体时空特征上,江苏区域交通流量时间分布上呈现“双峰”结构,空间上高中低流量分布具有明显的集聚特征。双峰分别为10~11时,14~16时两个高峰。高流量区域集中在苏南和苏中部分地区,中流量区域主要分布在苏南沪宁高速公路上,低流量区域则主要分布在苏北大部分地区以及部分苏南非重要交通枢纽的地区。

第二,交通流量具有典型时空结构。空间结构

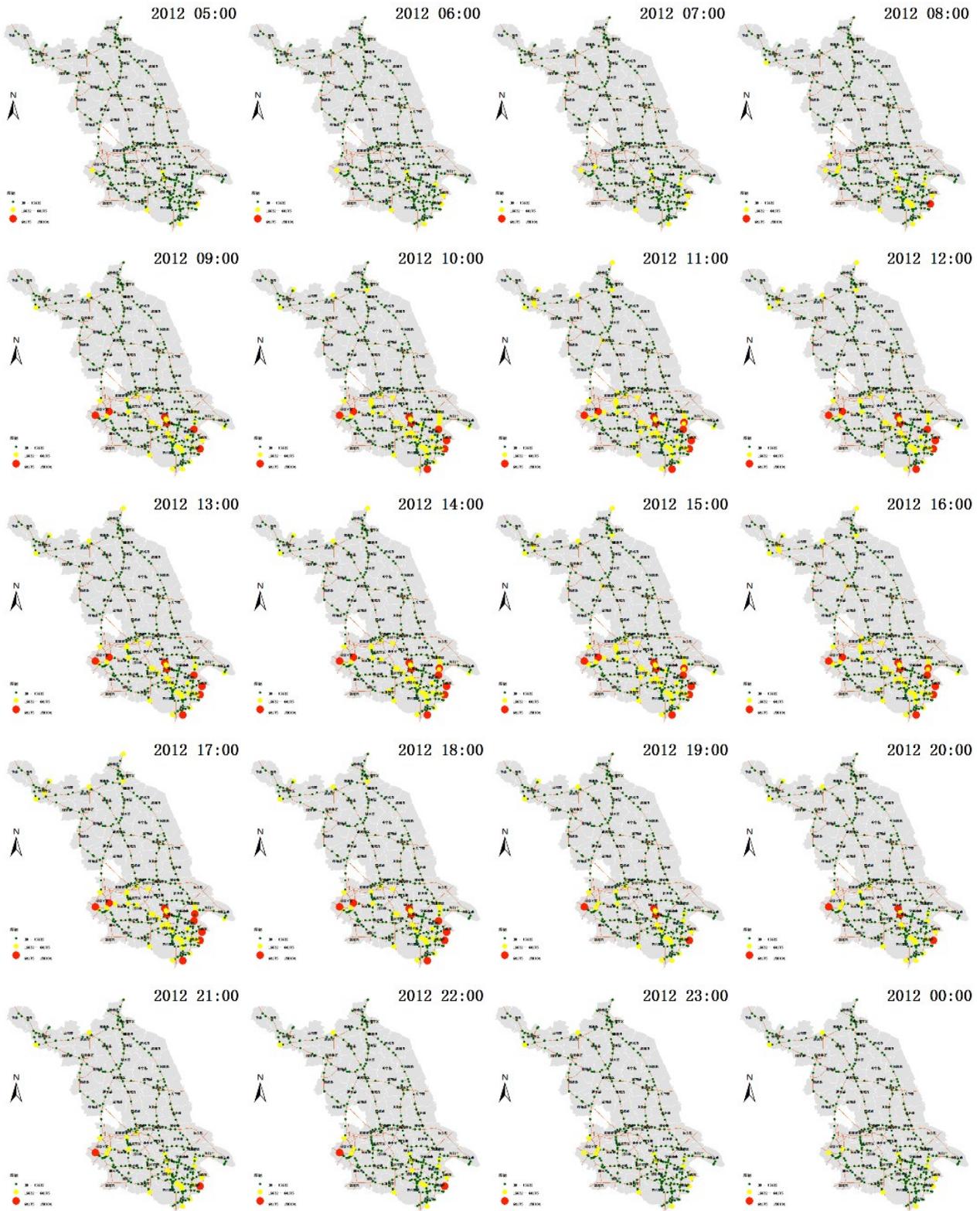


图5 2012年1月江苏高速公路收费站交通流量空间格局演化图

Fig.5 The spatial-temporal distribution of expressway traffic flow in Jiangsu, January, 2012

上呈现出“点—轴—面”的特征。花桥、六合,部分江沪、江浙省界收费站为独特节点,几大长江大桥为轴线,其余交通流量无显著特征的收费站则构成面。时间上,点、轴、面每一类收费站交通流量都与

整体流量时间分布类似,呈现“双峰”结构,但是与整体流量的等双峰不同,子类收费站交通流量有最高峰和次高峰之分。

第三,交通流量高、中、低三大类型24小时连

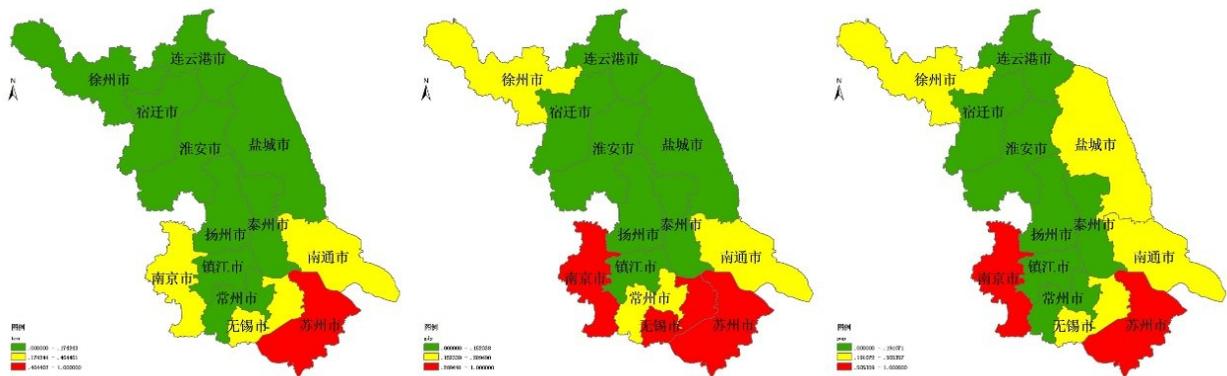


图6 区域交通流量、GDP、城镇人口的城市等级划分

Fig.6 The classification of cities based on traffic flow, GDP and urban population

续时间序列分离的空间表达,呈现出中流量类型在7~21时为密集分布时段,高流量区域的热点和高峰出现在9~18时的白天较长时段等。中、高流量“进入—退出”可观察时段的规律揭示出,人们出行活动时长在很大程度上有着鲜明的“昼—夜”之分。

第四,区域交通流量与区域之间经济社会水平存在很大关联。表现在交通流与GDP、人口等单个指标对比上具有很高的空间耦合特性,而指标间的相关系数则分别达到0.929和0.734,具有很强的统计相关性。

区域高速公路交通流时空特征解析结果可为高速公路交通流控制与管理提供对策建议。相关部门应在高速公路交通流高峰期,即10~11时,14~16时,加强高速公路监管,一方面可在高速路口设置交通流提醒,做好交通堵塞预警;另一方面可增加值班交警人员,疏通堵塞交通。

需要强调的是,高速公路收费站数据蕴含了丰富的信息,本文仅针对2012年1月份的数据从日变化的小时尺度进行了分析,更加全面的从小时一天一月一季一年多尺度的交通流量时空特征的解析仍有待后续研究的展开与深入。

参考文献:

- [1] The polycentric metropolis: learning from mega-city regions in Europe[M]. London:Routledge, 2006.
- [2] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: some calculations[J]. Journal of Air Transport Management, 2004, 10(4): 239 - 247.
- [3] Goddard J B. Functional regions within the city centre: a study by factor analysis of taxi flows in central London[J]. Transactions of the Institute of British Geographers, 1970, 49: 161 - 182.
- [4] De Montis A, Barthelmy M, Chessa A, et al. The structure of Inter-Urban traffic: A weighted network analysis[J]. Environ-

ment and Planning: B, 2007, 34(5): 905 - 924.

- [5] 罗震东,何鹤鸣,韦江绿. 基于公路客流趋势的省域城市间关系与结构研究[J]. 地理科学, 2012, 32(10): 1 193 - 1 199.
- [6] 张虹鸥,叶玉瑶,罗晓云,等. 珠江三角洲城市群城市流强度研究[J]. 地域研究与开发, 2005, 23(6): 53 - 56.
- [7] 曹子威,罗震东,耿磊. 基于信息流的城市—区域关系比较研究——以马鞍山和芜湖为例[J]. 经济地理, 2013, 33(5): 47 - 53.
- [8] 赵渺希,唐子来. 基于网络关联的长三角区域腹地划分[J]. 经济地理, 2010, 30(3): 371 - 376.
- [9] 李王鸣,江勇,柴舟跃. 基于企业物流联系的区域城市空间发展特征研究——以浙江省台州市域为例[J]. 城市发展研究, 2011, 18(6): 111 - 117.
- [10] 沈丽珍,罗震东,陈浩. 区域流动空间的关系测度与整合——以湖北省为例[J]. 城市问题, 2012(12): 30 - 35.
- [11] 姚士谋,管驰明. 高速公路建设与城镇发展的相互关系研究初探——以苏南地区高速路段为例[J]. 经济地理, 2001, 21(3): 300 - 305.
- [12] 金凤君,张文尝,王姣娥,等. 中国交通地理学的成长与发展[J]. 地理科学进展, 2011, 30(4): 417 - 425.
- [13] 金凤君,王成金,王姣娥,等. 新中国交通运输地理学的发展与贡献[J]. 经济地理, 2009, 29(10): 1 588 - 1 593.
- [14] 张文尝. 我国客流的影响因素及其地区差异的研究[J]. 地理学报, 1988, 43(3): 191 - 200.
- [15] 张文尝. 关于地域间客运联系的研究[J]. 地理科学, 1988, 8(4): 313 - 322.
- [16] 金凤君,张文尝. 省级区域铁路货运联系的系统研究[J]. 地理科学, 1991, 11(1): 19 - 29.
- [17] 金凤君,钱志鸿,孟斌,等. 内地—香港间客运联系研究[J]. 地理科学进展, 1998, 17(2): 32 - 39.
- [18] 张文尝. 80年代以来我国区域旅客生成特征分析[J]. 地理科学, 1995, 24(4): 386 - 391.
- [19] 王成金,莫辉辉,王姣娥. 中国煤炭资源的流动格局及流场规律研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(8): 1 402 - 1 411.
- [20] 金凤君,戴特奇. 中国1990年代城际空间相互作用与网络结构演化——从城际铁路客流的角度[C]//中国地理学会2004年学术年会暨海峡两岸地理学术研讨会论文摘要集, 2004.