

doi: 10.7702/dlydxkx20140205

基于 DMSP-OLS 数据的城市发展空间特征研究

吴健生^{1,2}, 赫胜彬^{1,3*}, 彭建², 黄秀兰¹, 张理卿¹

(1. 北京大学城市规划与设计学院, 广东 深圳 518055; 2. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871; 3. 北京大学政府管理学院, 北京 100871)

摘要:在明确城市内部存在空间差异的前提下,综合考虑城市物质空间和社会经济空间,以 1992—2010 年郑州市辖区为研究对象,利用 DMSP-OLS 夜间灯光数据进行了建成区的提取及其扩展强度与方向特征的分析、城市重心位置的识别及其转移规律的测算、城市内部发展差异与相对发展率的研究。结果发现,近 20 年来郑州市建成区面积不断增大,且扩展速度也逐渐增大;城市重心在逐渐东移,且转移的速度略有增加;各辖区的发展水平逐渐提高,辖区之间的差异逐渐减小。同时分析了 DMSP-OLS 数据应用于建成区提取、城市重心识别方面的优势,并对该数据在城市发展领域的应用前景进行了探讨。

关键词:DMSP-OLS; 城市发展; 空间特征; 郑州市

中图分类号:F291; P208 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-0504(2014)02-0020-06

0 引言

准确把握城市发展的空间特征,是进行城市规划和制定可持续发展战略的现实基础。在以往有关城市发展的研究中,多数学者更关注建成区或建设用地的变化,往往利用卫星遥感影像解译得到城市建成区的范围,将建成区视为均质的空间,然后进行多种指标的计算,借以研究城市空间扩展的特征^[1-4]。该方法运用方便,但忽略了城市内部空间的差异性,而城市是一个复杂且综合的对象,城市化的内涵包括土地、经济、人口等多方面,仅仅依靠单一的建成区或建设用地指标研究城市的发展变化有以偏概全之嫌。如何在充分明确城市内部存在空间差异的前提下,综合考虑城市物质空间和社会经济空间,进行城市发展空间特征的研究是一个重要而迫切的问题。

DMSP-OLS 夜间灯光数据由 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 卫星的 OLS (Operational Linescan System) 传感器在夜间获得,用以记录全球范围内的夜间灯光亮度。目前,该系列数据已广泛应用于城市化^[5-8]、经济评估^[9-11]、人口估算^[12-14]等研究中,结论表明,夜间灯光数据能够较好地表征城市化水平、经济状况、人口密度等人类活动因子,是人类活动强度的综合表达。

在利用 DMSP-OLS 数据进行城市发展研究方面,国外部分学者^[15-17]利用该数据进行了城市空间

发展方面的研究,但都重点讨论建成区范围的提取,而未将城市视为有内部空间异质性的个体进行研究。何春阳等^[18,19]虽利用 DMSP-OLS 数据进行了城市化过程方面的研究,但其仅仅利用 DMSP-OLS 数据进行了城市斑块的提取。本文将 DMSP-OLS 数据作为表征城市内部人类活动强度的综合因子,将城市看作有内部差异的空间,研究了 1992—2010 年郑州市建成区的提取及其扩展强度与方向特征、城市重心的转移及其规律、城市内部各辖区的发展差异与相对发展率;同时分析了利用此种数据进行城市发展研究的优势与应用前景。

1 数据与研究区

DMSP-OLS 夜间灯光数据来源于美国 NOAA 国家地理数据中心,包含 3 种全年平均数据:无云观测频数图、平均灯光数据图、稳定灯光数据图。数据的空间分辨率为 30 弧秒,在赤道处约 1 km。数据的灰度值范围为 0~63,0 值表示无灯光区域,灰度值越大表示该处灯光亮度值越高。稳定灯光数据 (Stable Light) 包括来自城市、乡镇及其他有持久光源的场所,并且去除了背景噪声,所以在本文的研究中采用此种数据,根据研究时段选取 F101992、F141998、F152004、F182010 共 4 期影像。

郑州是河南省省会,现辖 6 区 5 市 1 县。上街区虽然为郑州市辖区,但其并不与主城区接壤,而是郑州的卫星城区,因此,本文的研究范围仅包括金

收稿日期:2013-03-02; 修回日期:2013-10-02

基金项目:国家自然科学基金项目(41271101)

作者简介:吴健生(1965—),男,教授,主要从事地理信息系统应用研究。* 通讯作者 E-mail:hsb@pku.edu.cn

水、二七、中原、管城、惠济 5 个市辖区。

2 研究方法

2.1 DMSP-OLS 数据预处理

该系列数据由不同卫星获得,不同年份数据之间存在年际差异,且在城市中心区有像元饱和现象^[20],所以需要进行相对辐射校正与饱和纠正。本文选用日本冲绳岛为不变目标区,以 NOAA 提供的无饱和数据 F162006 为基准影像,采用不变目标法建立幂函数模型,对该系列数据进行了校正^[21]。考虑到郑州市的特定地理位置,同时为了减小由面积变形所带来的误差,本文采用 WGS84 地理坐标系,投影方式为兰勃特等积方位投影,中央经线为 113.65°,起始纬度为 34.78°。同时为提高空间计算的精度,利用 ArcGIS 地统计模块中的径向基函数工具,选用薄板样条函数方法将影像重新采样成空间分辨率为 200 m 的栅格。

2.2 建成区提取与扩展强度

首先,根据式(1)将校正后的栅格数据进行归一化处理,使其栅格灰度值位于 0~1 范围内;然后,对照《郑州市统计年鉴》中 2010 年的郑州市建成区面积,确定建成区归一化指数的临界值 DN_i ,大于或等于此临界值的区域为建成区,小于此临界值的区域为非建成区;最后,利用该临界值提取 4 期影像的建成区范围并统计面积。

$$DN_g = \frac{DN_i - DN_{\min}}{DN_{\max} - DN_{\min}} \quad (1)$$

式中: DN_g 表示归一化处理后的灰度值, DN_i 为第 i 级栅格的灰度值, DN_{\min} 为研究区域内栅格的最小灰度值, DN_{\max} 为最大灰度值。

城市扩展强度表征在单位时间内城市建成区的增长速度^[22],其表达式为:

$$E = \frac{A_m - A_c}{A_c} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: E 为研究时段内的城市扩展强度, A_m 为研究末期的建成区面积, A_c 为研究初期的建成区面积, T 为时间间隔。

2.3 城市重心识别及其转移规律

重心理论在经济^[23-25]、人口^[26,27]、能源^[28]、产业^[29]、旅游^[30]等领域都有着重要的应用。城市重心是描述城市空间分布最具代表意义的量算指标,可以看作是城市的平均位置,且是该城市保持均匀分布的平衡点^[31]。本文将城市看作一个有内部空间差异的三维立体对象,市辖区范围内的所有区域都参与计算,将 DMSP-OLS 数据的灰度值大小作为人

类活动强弱的指示因子,以像元为基本研究单元,以灰度值为权重计算得到城市重心的位置,公式如下:

$$X = \frac{\sum_{j=1}^n DN_j \times x_j}{\sum_{j=1}^n DN_j}; Y = \frac{\sum_{j=1}^n DN_j \times y_j}{\sum_{j=1}^n DN_j} \quad (3)$$

式中: X 、 Y 表示该城市重心的坐标, DN_j 表示第 j 个像元的灰度值, x_j 、 y_j 分别表示第 j 个像元的横、纵坐标, n 为该城市内的像元总量。

在得到 4 个年份中城市重心的位置之后,本文采用转移距离、转移速度、转移角度 3 个量化值描述城市重心转移的空间规律。

转移距离描述的是城市重心在一个时期内移动的距离,其公式可表达为:

$$D_t = \sqrt{(x_t - x_{t-1})^2 + (y_t - y_{t-1})^2} \quad (4)$$

转移速度描述的是城市重心在一个时期内移动的平均速度,其公式可表达为:

$$V_t = \frac{D_t}{T} \quad (5)$$

转移角度描述的是城市重心在一个时期内移动的方向与正东方向的夹角,其公式可表示为:

$$\theta_t = n\pi + \arctan\left(\frac{y_t - y_{t-1}}{x_t - x_{t-1}}\right) \quad (n=0,1,2) \quad (6)$$

式中: x_t 、 y_t 表示第 t 年城市重心的坐标, x_{t-1} 、 y_{t-1} 表示第 $t-1$ 年城市重心的坐标, T 为时间间隔。

2.4 城市内部发展差异与相对发展率

将 5 个市辖区作为研究对象,以区域灯光总量 (Sum of Lights) 作为表征区域发展水平的综合指标,用标准差 (Standard Deviation) 和变异系数 (Coefficient of Variation) 测算城市内部发展差异的总体水平。

$$SL = \sum_i DN_i \times C_i \quad (7)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (SL_i - SL_p)^2}{n}} \quad (8)$$

$$CV = \frac{SD}{SL} \quad (9)$$

式中: SL 为区域灯光总量, DN_i 为第 i 级灰度值, C_i 为第 i 级灰度的栅格数; SD 为标准差, SL_i 为第 i 个市辖区的灯光总量, SL_p 为平均灯光总量, n 为市辖区的个数; CV 为变异系数。

为了解城市内各辖区经济发展速率的空间特征,本文选用相对发展率^[32]作为测度指标,其表示某市辖区在某一段时间内发展水平的变化与同时期内整个城市发展水平变化的关系。该指标不仅能反映各区域的发展速度,还能间接反映经济基础^[33]。

$$RDR = \frac{SL_{2t} - SL_{1t}}{SL_2 - SL_1} \quad (10)$$

式中： SL_{1i} 和 SL_{2i} 分别代表第*i*个市辖区在研究时段内的首、末灯光总量， SL_1 和 SL_2 分别代表城市整体在研究时段内的首、末灯光总量。

3 结果与分析

3.1 建成区提取与空间扩展分析

将提取出的 4 个年份郑州市建成区结果分别赋予不同的灰度级进行叠加分析(图 1),通过建成区面积统计(表 1)和扩展情况比较(表 2),可以很容易得出建成区面积及扩张变化。为了更好地理解建成区在不同方向上的增长,以 1992 年的建成区中心位置为坐标原点,以正东方向为横轴正方向建立坐标系,将平面划分为 4 个象限(图 1),分别统计各年份中 4 个象限建成区的面积,并绘制成柱形图(图 2)。

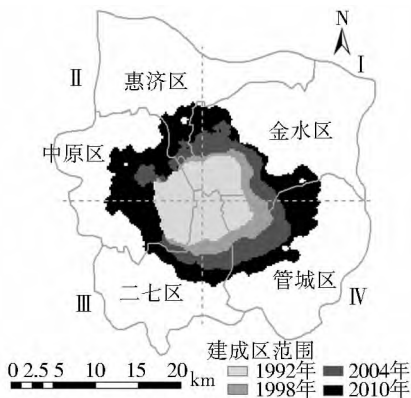


图 1 不同年份的建成区叠加
Fig. 1 Overlay of built-up areas in different years

表 1 不同年份的建成区面积
Table 1 Built-up areas in different years

年份	临界值 DN_1	栅格数(个)	面积(km^2)
1992	0.8969545	2 257	90.28
1998	0.8969545	2 967	118.68
2004	0.8969545	4 784	191.36
2010	0.8969545	8 567	342.68

表 2 不同阶段的建成区扩展情况
Table 2 The built-up area expansion in different stages

阶段	时间	扩展面积(km^2)	扩展速度($km^2 \cdot a^{-1}$)	扩展强度(%)	贡献率(%)
第一阶段	1992—1998年	28.4	4.73	5.24	11.25
第二阶段	1998—2004年	72.68	12.11	10.21	28.80
第三阶段	2004—2010年	151.32	25.22	13.18	59.95
研究时段	1992—2010年	252.4	14.02	15.53	100

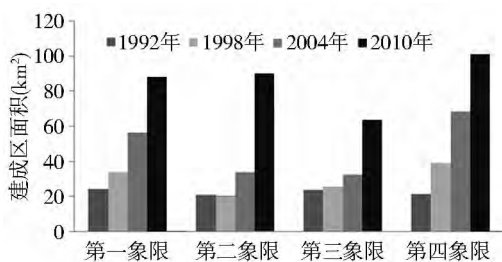


图 2 分象限建成区面积对比
Fig. 2 Comparison of built-up areas in different quadrants

在 1992—1998 年,城市扩展并不明显,扩展方向主要集中在东部,南部和北部略有增加,西部几乎没有变化;在 1998—2004 年,主要扩展方向为东南和北部,西部变化较小;在 2004—2010 年,扩展方向以东部和西北为主,其他方向建成区面积略有增加。从扩展速度和扩展强度看,建成区面积增长的速度逐步增加。从扩展贡献率看,第三阶段的扩展面积几乎占到了总扩展面积的 60%,这是由经济的快速发展、房地产业的崛起及交通业的日益发达等一系列因素加快了城市化进程所带来的结果。

3.2 城市重心位置及转移规律

计算得到 4 个年份的城市重心,并将其绘制成图(图 3),同时计算得到其转移规律(表 3)。可以发现,郑州市的城市重心在逐步东移,且移动的距离略有增加。城市重心在第一阶段向东南方向移动,第二阶段向东北方向移动,第三阶段向东偏北 15°左右的方向移动。城市重心在前期阶段的转移主要受到西南部产业基地大量建设的驱动,随着郑东新区的大规模开发建设及其产生的集聚效应,使得郑州东部区域的发展水平迅速增长,成为研究区内最大的增长极,导致了城市重心的东移;但其移动速度相比于前期阶段增加并不明显,说明其他方向的发展水平也有着较快的增长。随着中原经济区上升至国家战略及郑汴一体化进程的深入推进,预计郑州城市重心东移的现象仍会持续。

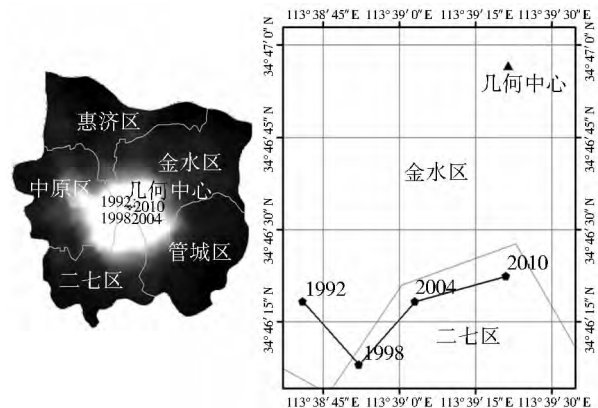


图 3 郑州市 1992—2010 年城市重心转移轨迹
Fig. 3 Barycenter migration route of Zhengzhou from 1992 to 2010

表 3 城市重心转移特征
Table 3 Barycenter migration characteristics of Zhengzhou

特征参数	第一阶段	第二阶段	第三阶段
距离(m)	422.46	422.91	473.73
速度($m \cdot a^{-1}$)	70.41	70.49	78.95
角度($^\circ$)	311.77	48.49	15.47

注:角度以正东方向为 0°方向,逆时针为正方向。

3.3 城市内部空间发展均衡度

计算得到 5 个市辖区的灯光总量及其差异情况(表 4),发现平均值随时间变化逐渐增大,说明总体

发展水平不断提高,且提高的速度也不断增大。在 1992—2010 年,变异系数逐渐变小,说明各辖区之间发展水平的差距在逐年减小。

计算得出各辖区的相对发展率(表 5),大于 1 表

明该辖区在该阶段中发展速率高于郑州市平均水平,小于 1 表明低于郑州市平均水平。位于东部的金水区和管城区相对发展率都大于 1,再次表明郑州向东发展的趋势非常明显。

表 4 市辖区灯光总量与差异情况
Table 4 SL of municipal districts and CV between them

年份	市辖区灯光总量(km ²)					差异参数		
	金水区	二七区	惠济区	管城区	中原区	平均值	标准差	变异系数
1992	4 559.52	3 231.22	1 618.21	2 776.66	5 263.96	3 489.91	1 293.85	0.3707
1998	6 144.28	4 332.84	2 058.22	4 696.76	6 106.68	4 667.76	1 494.88	0.3203
2004	9 407.88	5 962.2	3 712.9	7 954.24	8 920.32	7 191.51	2 102.13	0.2923
2010	12 940.24	8 713.04	6 704.04	12 100.88	11 438.92	10 379.42	2 320.73	0.2236

表 5 不同阶段各辖区的相对发展率
Table 5 Relative development rate
of the municipal districts in different stages

市辖区	第一阶段	第二阶段	第三阶段
金水区	1.345478	1.293154	1.108047
二七区	0.935287	0.64561	0.862896
惠济区	0.373571	0.655643	0.938274
管城区	1.630185	1.290729	1.300737
中原区	0.715478	1.114864	0.790046

4 讨论

4.1 建成区的提取方法

对比前人有关郑州市建成区的提取结果^[3,34,35]和官方统计资料之后,发现本文的提取结果具有较高的可信度。根据高分辨率遥感影像判别出的区域只是建设用地,可以预见此种方法解译出的结果会包含大量的破碎图斑;但建成区是指市区集中连片部分及分散在近郊与城市有密切联系、具有基本完善的市政公用设施的城市用地,并不完全等同于建设用地。本文利用 DMSP-OLS 数据进行了建成区的提取,充分考虑了人类活动同城市建成区之间的关系,得出的建成区范围集中连片,都是人类活动的密集区域,较为符合城市建成区的划定方式。但此种方法尚有一些缺陷(如分辨率不高),本文虽然采用了径向基函数进行了内插,将分辨率转换为 200 m,但相比于 TM 数据、SPOT 数据和 QuickBird 数据,分辨率仍不够高,并且也未对此内插方法带来的影响进行严格的评估。美国计划在未来的几年中发射一批与人类活动有关的观测卫星^[36],可以预见,随着卫星技术的发展和传感器分辨率的提高,利用与人类活动相关的卫星数据进行建成区的提取,可能会成为一种更为精确、便捷的方法。

4.2 城市重心的识别方法

前人有关城市重心识别的研究中,往往只利用建成区范围这一信息,并且将建成区内部视为均质的空间进行计算,求得其重心的位置^[37-39]。然而这样得出的城市重心并没有考虑非建成区部分,由此

计算得出的城市重心并不十分可信;另外,将建成区范围内的区域视为均质空间,这也与实际情况不符。还有些研究,利用城市内各辖区的经济、人口、社会等因子作为权重计算得到城市重心位置^[40-42],虽然考虑了城市内部空间的差异性,但忽略了辖区内部的差异性,并且此种方法过度依靠统计数据,所以无法将研究尺度降到最小行政单元以下,同时还受到统计资料缺失或不准确等情况的制约。本文利用 DMSP-OLS 数据进行城市重心的测算,每个栅格的灰度值代表此处的人类活动强度,更多地考虑到人类活动在城市重心测定中的重要性;数据的空间尺度为 200 m,且不受统计资料的影响;数据来源于卫星,客观性更强,也排除了人为因素的影响。综合来看,利用 DMSP-OLS 数据进行城市重心的识别,具有更高的精确度、精细度和客观性。

4.3 几个尚需深入研究的问题

首先,本文采用了不变目标法对数据进行了校正处理,此方法对于年际差异有较好的校正效果,但对于数据饱和问题只是进行了削弱,并没有彻底消除饱和和像元带来的影响,在之后的应用研究中如何彻底解决饱和问题,是一个值得研究且十分重要的问题。其次,郑州城市发展空间变化的驱动因素有很多,本文主要从经济、社会、规划等角度进行了简单的考虑;如需厘清城市发展中每个变化特征背后的驱动因素,可能需要结合更为详尽的微观数据,进行更为精细的定量化研究。再次,在准确把握城市发展的规律之后,如何将结果合理地应用到城市规划与建设活动中,值得政府管理者与城市规划师重点关注。最后,DMSP-OLS 数据是一种非常理想的空间数据,结合元胞自动机和多智能体进行城市发展的模拟与预测研究,会成为一个重要的方向。

5 结论

本文通过提取郑州市建成区范围,发现在 1992—

2010 年,建成区面积不断扩大,且扩展的速度不断增大;扩展方向在 1992—1998 年主要在东南方向,1998—2004 年主要在东南和西北方向,2004—2010 年主要集中在正东和西北方向。郑州城市重心有向东转移的趋势,其中在 1992—1998 年向东南方向移动,1998—2004 年向东北方向移动,2004—2010 年向东偏北约 15° 方向移动,且在这 3 个时段内转移速度略有增加。以 5 个市辖区为研究对象,发现 1992—2010 年各辖区的发展水平都逐渐提高,城市内部空间的发展水平差异逐渐减小。

DMSP-OLS 数据可以客观、精细、综合地表征城市的发展状况,利用该数据进行与城市发展相关的研究,能够更为准确地理解和掌握城市的发展阶段,为城市规划与建设、土地利用结构调整和产业结构布局等提供依据,对于制定可持续的城市发展政策具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 李保杰,顾和和,纪亚洲,等. 基于地学信息图谱的矿业城市空间扩展研究——以徐州市为例[J]. 地域研究与开发, 2012(1): 50—54.
- [2] 宋涛. 基于 GIS 和 RS 的潍坊市城市扩展动态研究[D]. 山东师范大学, 2011.
- [3] 贺振,赵文亮,贺俊平. 郑州市城市扩张遥感动态监测及驱动力分析[J]. 地理研究, 2011, 30(12): 2272—2280.
- [4] 李全林,马晓冬,朱传耿,等. 基于 GIS 的盐城城市空间结构演化分析[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 69—73.
- [5] ELVIDGE C D, SAFRAN J, TUTTLE B T, et al. Potential for global mapping of development via a nightsat mission[J]. *GeoJournal*, 2007, 69(1): 45—53.
- [6] 卓莉,李强,史培军,等. 20 世纪 90 年代中国城市用地外延扩展特征分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2007, 46(3): 98—102.
- [7] LO C P. Urban indicators of China from radiance-calibrated digital DMSP-OLS nighttime images[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2002, 92(2): 225—240.
- [8] MCDONALD R I, KAREIVA P, FORMANA R. The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation[J]. *Biological Conservation*, 2008, 141(6): 1695—1703.
- [9] ELVIDGE C D, SUTTON P C, GHOSH T, et al. A global poverty map derived from satellite data[J]. *Computers & Geosciences*, 2009, 35(8): 1652—1660.
- [10] DOLL C, MULLER J P, MORLEY J G. Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery[J]. *Ecological Economics*, 2006, 57(1): 75—92.
- [11] HENDERSON J V, STOREYGARD A, WEIL D N. Measuring economic growth from outer space[J]. *American Economic Review*, 2012, 102(2): 994—1028.
- [12] AMARAL S, MONTEIRO A M V, CAMARA G, et al. DMSP-OLS night-time light imagery for urban population estimates in the Brazilian Amazon[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 27(5): 855—870.
- [13] SUTTON P C, TAYLOR M J, ELVIDGE C D. Using DMSP OLS imagery to characterize urban populations in developed and developing countries[A]. *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas*[M]. Springer Netherlands, 2010. 329—348.
- [14] AMARAL S, CAMARA G, MONTEIRO A M V, et al. Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2005, 29(2): 179—195.
- [15] SUTTON P, ROBERTS D, ELVIDGE C, et al. Census from heaven: An estimate of the global human population using night-time satellite imagery[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(16): 3061—3076.
- [16] IMHOFF M L, LAWRENCE W T, STUTZER D C, et al. A technique for using composite DMSP/OLS “city lights” satellite data to map urban area[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997, 61(3): 361—370.
- [17] HENDERSON M, YEH E T, GONG P, et al. Validation of urban boundaries derived from global night-time satellite imagery[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(3): 595—609.
- [18] 何春阳,李景刚,陈晋,等. 基于夜间灯光数据的环渤海地区城市化过程[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 409—417.
- [19] 何春阳,史培军,李景刚,等. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据和统计数据的中国大陆 20 世纪 90 年代城市化空间过程重建研究[J]. 科学通报, 2006, 51(7): 856—861.
- [20] ELVIDGE C D, ZISKIN D, BAUGH K E, et al. A fifteen year record of global natural gas flaring derived from satellite data[J]. *Energies*, 2009, 2(3): 595—622.
- [21] WU J, HE S, PENG J, et al. Intercalibration of DMSP-OLS night-time light data by the invariant region method[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2013, 34(20): 7356—7368.
- [22] 王格芳,王成新,刘登娥. 城市空间扩展的交通脉动规律研究——以济南市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(2): 67—70.
- [23] 慕晓飞,雷磊. 东北经济重心演变及区域发展均衡性研究[J]. 经济地理, 2011, 31(3): 366—370.
- [24] 叶明确. 1978—2008 年中国经济重心迁移的特征与影响因素[J]. 经济地理, 2012, 32(4): 12—18.
- [25] 黄建山,冯宗宪. 我国产业经济重心演变路径及其影响因素分析[J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(5): 49—54.
- [26] 许家伟,侯景伟,宋宏权,等. 1990—2009 年中国区域差异与空间格局——以人口重心与经济重心为例[J]. 人文地理, 2011, 26(4): 85—90.
- [27] 段学军,王书国,陈雯. 长江三角洲地区人口分布演化与偏移增长[J]. 地理科学, 2008, 28(2): 139—144.
- [28] 赵冠伟,杨木壮,陈健飞. 1990—2007 年中国能源足迹时空差异分析[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(2): 65—69.
- [29] 樊新生,李小建. 中国工业产业空间转移及中部地区发展对策

- 研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(2): 64—68.
- [30] 周玉翠, 韩艳红. 我国入境旅游空间结构研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(2): 99—103.
- [31] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [32] 欧阳南江. 改革开放以来广东省区域差异的发展变化[J]. 地理学报, 1993, 48(3): 204—217.
- [33] 周玉翠, 齐清文, 冯灿飞. 近 10 年中国省际经济差异动态变化特征[J]. 地理研究, 2002, 21(6): 781—790.
- [34] 夏保林. 郑汴区域城市空间扩展及调控研究[D]. 河南大学, 2010.
- [35] 冯恩国. 基于 GIS 和 RS 的郑州市城市扩展及驱动力分析[D]. 河南大学, 2007.
- [36] 中国科学技术协会. 空间科学学科发展报告(2011—2012)[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2012.
- [37] 张新乐, 张树文, 李颖, 等. 近 30 年哈尔滨城市土地利用空间扩张及其驱动力分析[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 157—163.
- [38] 王厚军, 李小明, 张祖陆, 等. 1979—2006 年沈阳市城市空间扩展过程分析[J]. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2673—2679.
- [39] 乔标, 何小勤. 北京市城市用地空间扩张特征与机理[J]. 国际城市规划, 2009, 24(2): 93—99.
- [40] 侯景新. 论城市重心转移规律——以北京市为例[J]. 北京社会科学, 2007(5): 46—53.
- [41] 简美锋, 万智恩. 石家庄市人口重心与经济重心的演变轨迹对比研究[J]. 经济视角(中旬), 2011(2): 4—7.
- [42] 高玉宏, 张丽娟, 李文亮, 等. 基于空间模型和 CA 的城市用地扩展模拟研究——以大庆市为例[J]. 地理科学, 2010, 30(5): 723—727.

Research on Spatial Characteristics of Urban Development Based on DMSP-OLS Data

WU Jian-sheng^{1,2}, HE Sheng-bin^{1,3}, PENG Jian², HUANG Xiu-lan¹, ZHANG Li-qing¹

(1. School of Urban Planning and Design, Peking University, Shenzhen 518055; 2. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871; 3. School of Government, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: In this paper, we have fully recognized the spatial difference of different parts in urban area, and synthetically taken physical space and socio-economic space in account. Then, Zhengzhou city during 1992—2010 is selected as the case. Based on DMSP-OLS nighttime lights data, a series of researches are conducted, which included built-up area extraction and analysis of expansion intensity and direction features, position identification of urban barycenter and the rules of its migration, development difference in urban area and relative development rate. The results showed that, the built-up area and the expansion velocity of Zhengzhou kept increasing in the past nearly twenty years. The urban barycenter gradually moved eastward and the migration velocity increased slightly. The development of municipal districts kept gradually increasing and the difference between them decreased gradually. Meanwhile, the advantages in built-up area extraction and urban barycenter identification were analyzed based on DMSP-OLS data, and the application prospect of the data for the research on urban development was discussed.

Key words: DMSP-OLS; urban development; spatial characteristics; Zhengzhou

(上接第 19 页)

Reservoir Flood Inundation Simulation Based on Integrated 3D Scene of Terrain and Dam

CHEN Wen-jun¹, CHEN Suo-zhong¹, YANG Jun², MA Jun-ting¹

(1. Key Lab of Virtual Geographic Environment (Nanjing Normal University), Ministry of Education, Nanjing 210046; 2. Headquarters Office of Flood Prevention and Drought Relief in Jiangsu Province, Nanjing 210046, China)

Abstract: A method was proposed to build an integrated 3D scene in the reservoir area, which seamlessly merged the terrain triangulation meshes and the virtual reality model of dam. Given by a determined water level, the inundation simulation is based on the real and continuous underlying surface. Terrain inundation is implemented by iterative adjacent expansion algorithm, while the inundated shape on the water side of dam is delimited by elevation comparison and intersection judgment on axis-aligned bounding boxes of discrete voxels. The generalized triangular prisms and their variants are the discrete expression of water in the reservoir area. Their volume calculation could obtain the corresponding storage capacity. Based on a binary search decision tree, there is a quick access to reservoir flood inundation results after the acceptance of net inflow flood, which render in the integrated 3D scene. The result shows that, compared with traditional storage capacity curve and flood risk maps, this reservoir flood inundation method could give the integral flood affected area for the reservoir, as well as the local flood details on the dam.

Key words: reservoir flood inundation; 3D virtual scene; terrain triangular meshes; dam model