

珠江三角洲城市群三维国土开发密度数据集

李升发, 叶玉瑶*

广州地理研究所 广东省地理空间信息技术与应用公共实验室, 广州 510070

摘要: 基于1998、2006、2012年三期 Landsat TM/HJ-1A 遥感影像、DMSP/OLS 夜间灯光影像数据以及珠江三角洲城市群各区县经济统计数据, 对珠江三角洲城市群三个时期国土开发密度开展三维评估, 得到珠江三角洲城市群区域开发密度数据集。数据结果表明, 1998–2012 年珠江三角洲市国土开发模式以低密度蔓延式为主, 国土开发强度从1998年的8.08%增加到2012年的16.93%; 整个城市群的国土开发程度提高显著, 从19,146.34万元/km²提升到59,432.39万元/km²; 随着建设用地规模的迅速扩张, 国土开发紧凑度从0.008,2下降至0.006,5, 空间形态趋于分散。该数据集包括珠江三角洲经济区地理边界数据(.shp格式), 1998、2006和2012年城市群三维国土开发密度数据(.shp格式)和城市群公里网格非农GDP数据(.tif格式)。数据量共计27.5 MB(压缩为1个文件, 17.5 MB)。该数据集的分析研究成果发表在《热带地理》2017年第37卷第1期。

关键词: 珠江三角洲; 城市群; 区域发展密度; 三维开发密度; 热带地理

DOI: 10.3974/geodp.2019.01.10

1 前言

城市蔓延被定义为城市边缘的低密度开发^[1-2], 是一种与目前所倡导的紧凑城市、精明增长等城市开发理念完全相反的城市发展状态^[3]。作为城市空间扩展的普遍现象, 这种失控的城市化发展状态直接关系到城市与区域的可持续发展^[4], 因此, 许多学者都对城市蔓延的现象展开了研究。然而, 相对于城市蔓延现象本身, 针对开发密度的研究却相对缺乏。传统意义上的区域国土开发密度只是一维的量的概念, 一般用建设用地空间(Built-up area)占该区域总面积的比例来表示, 这与国外的 growth density 概念相类似, 但单一指标无法反映不同地区开发建设的平面布局模式以及立体开发程度的差异。因此, 开展城市群国土空间开发密度多维评估能够更深入地反映国土开发的模式与特征, 对优化城市群国土开发格局具有一定的现实意义。本数据集利用夜间灯光数据以及 Landsat TM 影像等多源遥感影像数据, 以珠江三角洲城市群为研究对象, 从开发强度、开发程度和开发紧凑度三个维度构

收稿日期: 2018-11-06; 修订日期: 2019-01-24; 出版日期: 2019-03-25

基金项目: 国家自然科学基金(41671130); 广东省自然科学基金(2015A030313867); 广州市(201707010427); 广东省科学院(2016GDASRC-0101, 2017GDASCX-0101, 2019GDASYL-0302001)

*通讯作者: 叶玉瑶, 广州地理研究所, yeyuyao@gdas.ac.cn

数据引用方式: [1] 李升发, 叶玉瑶. 珠江三角洲城市群三维国土开发密度数据集[J]. 全球变化数据学报, 2019, 3(1): 69–75. DOI: 10.3974/geodp.2019.01.10.

[2] 李升发, 叶玉瑶. 珠江三角洲城市群区域开发密度数据集 (1998, 2006, 2012) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.06.17.V1.

建了珠江三角洲城市群区域开发密度数据集。该数据集可为珠江三角洲城市群国土规划管理提供参考。

2 数据集元数据简介

《珠江三角洲城市群区域开发密度数据集 (1998, 2006, 2012)》^[5]的名称、作者、地理区域、数据年代、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《珠江三角洲城市群区域开发密度数据集 (1998, 2006, 2012)》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	珠江三角洲城市群区域开发密度数据集 (1998, 2006, 2012)
数据集短名	RDD3D_PearlRiverDelta
作者信息	李升发 0000-0002-4856-1240 广州地理研究所, li_shengfa@126.com 叶玉瑶, 广州地理研究所, yeyuyao@gdas.ac.cn
地理区域	珠江三角洲城市群
数据年代	1998、2006、2012
空间分辨率	镇 (乡、街道), 1 km
数据格式	.shp、.tif
数据量	17.5 MB (压缩后)
数据集组成	数据集由三个文件夹包括三部分数据组成: 1) 珠江三角洲城市群地理边界数据, 一个文件夹, 内含一个.shp 文件, 数据量为 707 KB 2) 城市群三维国土开发密度数据, 三个文件夹, 各含一个.shp 文件, 分别是珠江三角洲城市群镇街尺度国土开发强度空间数据, 珠江三角洲城市群镇街尺度国土开发紧凑度空间数据, 珠江三角洲城市群镇街尺度国土开发程度空间数据。数据量为 17.2 MB 3) 城市群公里网格非农 GDP 数据, 一个文件夹, 内含三个.tif 文件, 分别为 1998、2006、2012 年公里网格尺度的珠江三角洲城市群非农 GDP。数据量为 1.71 MB
基金项目	国家自然科学基金 (41671130); 广东省自然科学基金 (2015A030313867); 广州市科技计划 (201707010427)
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据 (中英文)、实体数据 (中英文) 和通过《全球变化数据学报》(中英文) 发表的数据论文。其共享政策如下: (1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播 (包括通过计算机服务器) “数据”的用户需要与《全球变化数据学报》(中英文) 编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[6]

3 数据研发方法

3.1 算法原理

鉴于传统意义下国土空间开发密度忽视了建设用地空间分布形态和立体开发水平，本数据集从规模大小、空间分布形态以及立体开发程度 3 个维度构建国土开发密度综合评价指标体系。其中，建设用地规模大小用开发强度（I）指标来反映；空间分布形态用开发紧凑度（C）来反映，具体包括紧凑度指数、破碎度指数、分维数等表征指标；立体开发程度用开发程度（D）来反映，具体包括建筑高度、建筑密度、容积率等表征指标（表 2）。综合考虑数据可获取性和计算便捷性，开发强度以建设用地面积占比为表征指标，开发紧凑度以景观指数中的紧凑度指数为表征指标，开发程度以建设用地的经济密度为表征指标。对于经济密度测算，目前可直接获得的经济统计数据均以行政单位为统计单元，且以县级以上行政单位为主，无法反映统计单元内部的密度差异与空间变化，为细致深入地评估区域开发密度带来了限制。为此，本数据集利用 DMSP/OLS 夜间灯光影像数据、建设用地数据和统计年鉴第二、第三产业增加值对经济密度进行空间化模拟，以获取更小地理单元的非农 GDP。

表 2 三维国土开发密度指标体系

指标项	目的	本数据集选用的表征指标	数据来源
开发强度（I）	反映区域建设用地规模大小	建设用地面积占比	利用 Landsat TM 和 HJ- 1A 卫星影像数据获取建设用地面积
开发紧凑度（C）	反映区域建设用地空间形态，包括紧凑度、破碎度、分维数、景观分离度指数等指标	紧凑度指数	利用 Landsat TM 和 HJ- 1A 卫星影像数据获取建设用地周长与面积
开发程度（D）	反映区域建设用地开发高度/深度，包括容积率、建筑密度、建筑高度、人口密度、经济密度等指标	经济密度	利用 DMSP/OLS 夜间灯光影像数据、建设用地数据和统计年鉴第二、第三产业增加值模拟更小地理单元的非农 GDP

3.2 技术路线

（1）开发密度指标计算公式

第一维度是开发强度指标，由建设用地面积占该区域总面积的比例来表示：

$$I = A / S \tag{1}$$

式中， I 代表区域开发强度， A 代表区域开发建设用地面积， S 代表区域土地总面积。

第二维度是开发紧凑度指标，本数据集选用 Richardson 和 Gibbs 于 1961 年提出的经典的面积周长比算法^[7]：

$$C = 2\sqrt{\pi A} / P \tag{2}$$

式中， C 为区域开发紧凑度， A 为区域开发建设用地面积， P 为区域开发建设用地总周长。

第三维度是开发程度指标（D），采用单位建设用地面积的经济密度反映：

$$D = GDP_{na} / A \tag{3}$$

式中, D 代表区域开发程度, GDP_{na} 代表区域非农 GDP, A 代表区域开发建设用地面积。

(2) 非农 GDP 空间化过程

非农 GDP 空间化过程包括五个步骤 (图 1):

第一步, 提取出珠江三角洲城市群范围内的夜间灯光数据, 然后采用 Liu 等^[8]建立的方法对 DMSP/OLS 夜间稳定灯光数据进行融合去噪 (Intra-annual Composition) 和年际序列修正 (Inter-annual Series Correction) 等, 得到矫正后的夜间稳定灯光值。

第二步, 将夜间灯光栅格数据转为矢量数据, 并将建设用地数据作为掩膜裁剪夜间灯光数据。之后, 将建设用地数据与裁剪后的夜间灯光数据进行空间叠加, 重新计算每个图斑面积, 并将建设用地面积与稳定灯光值相乘, 得到每个图斑的灯光强度数据。

第三步, 结合区县、镇街界线, 汇总每个区县、每个镇街的全部建设用地的灯光强度数据, 得到区县和镇街夜间灯光辐射总量 (RAD)。

第四步, 收集各区县第二、第三产业增加值 (NAGDP), 采用份额分配法, 即根据镇街 RAD 占区县 RAD 比重分配区县 NAGDP (图 2), 得到各镇街估算的 NAGDP。

第五步, 收集部分可获取的镇街 NAGDP 数据, 与估算值进行比较, 检验模拟的精度, 最终得到 1998、2006 和 2012 年镇街 NAGDP 模拟值。同理, 可得到公里网格尺度的 NAGDP。

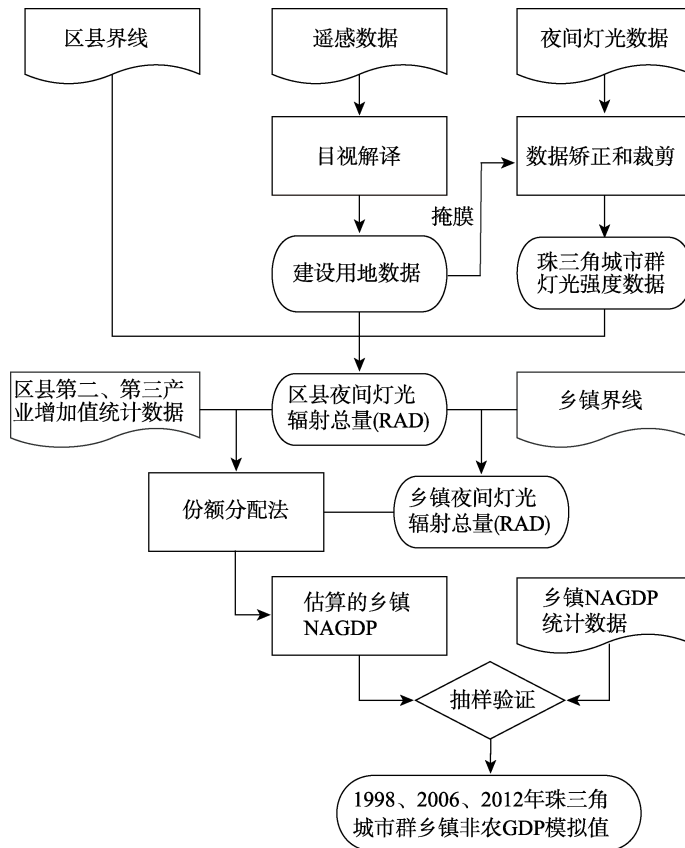


图 1 镇街尺度非农 GDP 空间化流程图

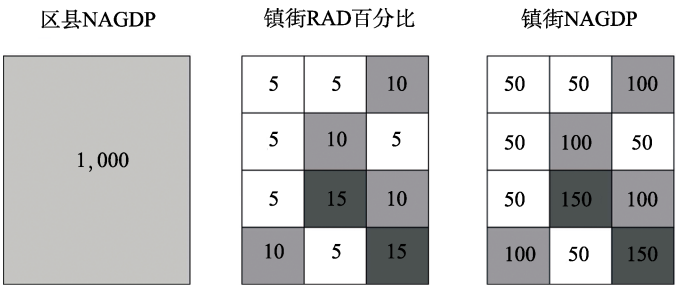


图 2 份额分配法示意图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

本数据集由三个文件夹包括三部分数据组成,分别是珠江三角洲城市群地理边界数据、城市群三维国土开发密度数据和城市群公里网格非农 GDP 数据。

(1) 珠江三角洲城市群地理边界数据: 一个文件夹,内含一个.shp 文件。本数据集中的珠江三角洲城市群边界包括广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山、江门 7 个城市全部范围,以及惠州的惠城区、惠阳区、惠东县和博罗县,肇庆的端州区、鼎湖区、高要区和四会市。行政界线来源于广东省 2006 年土地利用变更调查数据,并结合最新行政区划进行了更新。

(2) 城市群三维国土开发密度数据: 三个文件夹,各含一个.shp 文件,分别是 a) 珠江三角洲城市群镇街尺度国土开发强度空间数据; b) 珠江三角洲城市群镇街尺度国土开发紧凑度空间数据; c) 珠江三角洲城市群镇街尺度国土开发程度空间数据。

(3) 城市群公里网格非农 GDP 数据: 一个文件夹,内含三个.tif 文件,分别为 1998、2006 和 2012 年公里网格尺度的珠江三角洲城市群非农 GDP。

上述数据的分析研究成果发表在《热带地理》2017 年第 37 卷第 1 期^[9]。

4.2 数据结果讨论

灯光溢出效果是夜间灯光数据的问题之一。OLS 传感器的大像素尺寸无法分辨亚像素光源,所以它往往会高估灯光的分布区域和灯光亮度^[10]。另外,水体附近的反射也会加剧灯光的溢出效果^[11]。与以往的研究相比,本数据集利用建设用地数据裁剪灯光数据所得到的灯光辐射量可以在一定程度上减轻灯光溢出问题,因此区县灯光辐射总量与非农 NAGDP 线性关系可能更加稳健,估算非农 GDP 数据也会更加准确。

过饱和是夜间稳定灯光数据的另外一个问题。OLS 传感器能够探测到的最大灯光亮度为 63,随着经济的发展,城市中心建筑和人口密度不断增加,城市中心区的灯光亮度将会超过了 OLS 可探测范围,出现过饱和问题。因此,对于个别城市的中心地带(越秀、天河、福田、罗湖、南山),估算的镇街非农 GDP 数据精度会受一定影响。

4.3 数据结果验证

基于各区县统计资料，收集到 79 个镇街的第二、第三产业增加值，对镇级尺度非农 GDP 估算结果进行精度检验。结果表明，70%以上的样本相对误差在正负 40%以内，样本平均相对误差为 27.99%，估算的结果基本能够反映非农 GDP 在镇级尺度的分布情况，可以进一步用于珠江三角洲城市群建设用地产出效率时空分布差异分析以及国土空间开发密度综合评价等研究。但是，基于公里格网的空间化结果由于缺乏可靠的数据暂无法对估算精度进行验证。

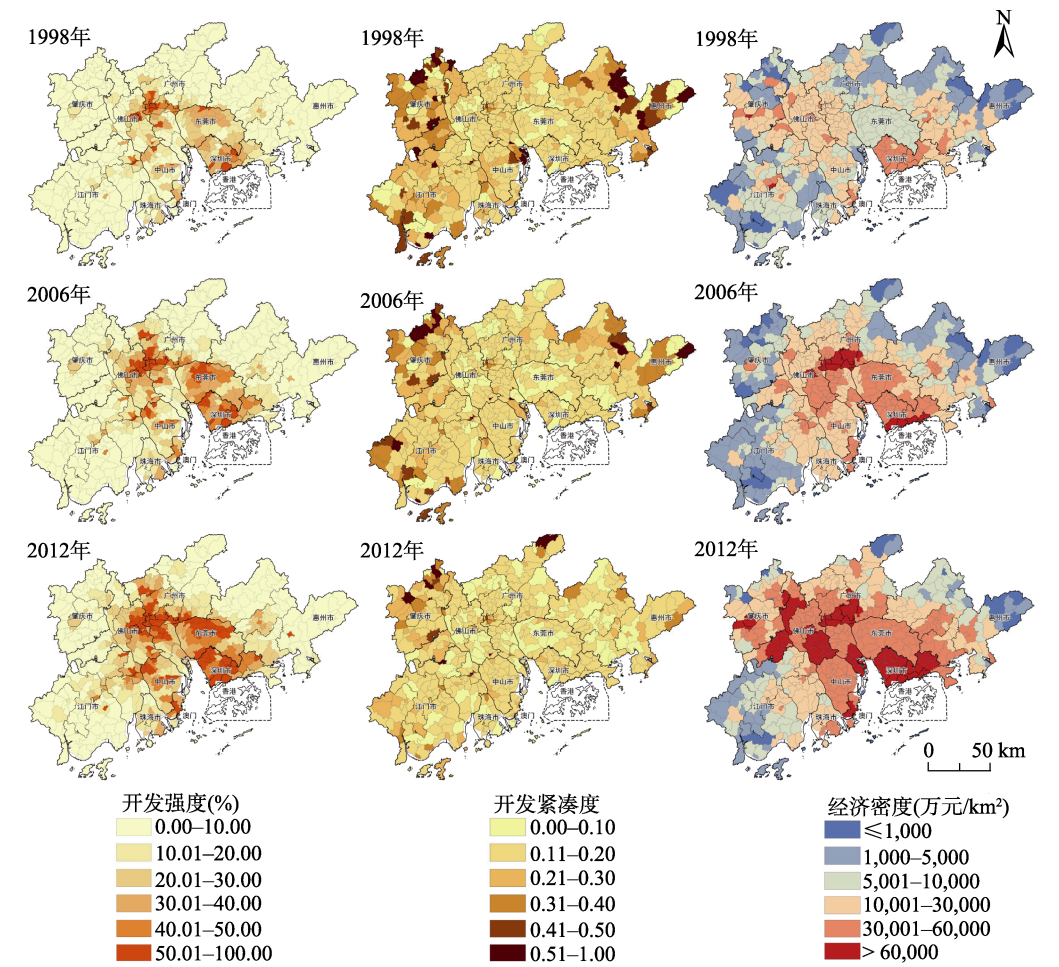


图 3 珠江三角洲城市群城镇街尺度三维开发密度时空变化（1998–2012 年）数据可视化图

5 讨论和总结

与传统的区域开发密度评估方法相比，多维度国土空间开发密度能够更充分地反映区域开发模式的基本特征与时空变化，并且能够在城市、镇街、公里格网多个尺度开展细致、深入的研究。本数据集以珠江三角洲城市群为研究对象，基于遥感数据和经济统计数据，

构建了城市群三维国土空间开发密度快速评估方法,并展示了1998–2012年珠江三角洲城市群镇街尺度的国土开发强度、开发紧凑度和开发程度的空间分异和演变特征,以及公里网格尺度的非农GDP数据。它对珠江三角洲城市群国土规划管理和国土空间开发格局的优化具有一定的现实意义。未来可以借助大数据和其他分析技术,进一步完善开发密度的评价指标体系,以及提高评估精度。

作者分工:叶玉瑶对数据集的开发做了总体设计;李升发采集和处理了数据,并撰写了数据论文等。

参考文献

- [1] Schneider, A., Woodcock, C. Compact, dispersed, fragmented, extensive? A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information [J]. *Urban Studies*, 2008, 45(3): 659–692.
- [2] Schwarz, N. Urban form revisited-Selecting indicators for characterizing European cities [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 96(1): 29–47.
- [3] Hamidi, S., Ewing, R. A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 128: 72–82.
- [4] 蒋芳, 刘盛和, 袁弘. 北京城市蔓延的测度与分析[J]. *地理学报*, 2007, 62(6): 649–657.
- [5] 李升发, 叶玉瑶. 珠江三角洲城市群区域开发密度数据集(1998, 2006, 2012) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.06.17.V1.
- [6] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy. 2014.05 (2017年更新).
- [7] 林炳耀. 城市空间形态的计量方法及其评价[J]. *城市规划汇刊*, 1998(3): 42–45.
- [8] Liu, Z., He, C., Zhang, Q., et al. Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008 [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 106(1): 62–72.
- [9] 叶玉瑶, 李升发, 张虹鸥等. 国土开发密度三维综合评估——以珠江三角洲城市群为例[J]. *热带地理*, 2017, 37(1): 43–55.
- [10] Doll, C. N. H., Muller, J. P., Morley, J. G. Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery [J]. *Ecological Economics*, 2006, 57: 75–92.
- [11] Elvidge, C. D., Imhoff, M. L., Baugh, K. E., et al. Night-time lights of the world: 1994–1995 [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2001, 56: 81–99.