

# 粤港澳大湾区土壤保持量与碳储量的空间关联研究

郑旭伟, 尹辉, 王统宇\*

惠州学院地理与旅游学院, 广东 惠州 516007

**摘要 :** 运用 InVEST 模型中的土壤保持模块及碳储量模块, 计算出研究区的土壤保持量及碳储量, 得到分析结果为: ①2000 年至 2020 年期间, 粤港澳大湾区的土壤保持量总体上呈现下降趋势; ②整个粤港澳大湾区的碳储量呈现“中部低、 北部高、 东西中等”的特征; ③粤港澳大湾区的碳储量整体上呈减少的趋势; ④在粤港澳大湾区, 土壤保持量和碳储量之间存在显著的正相关性。

**关键词 :** PIE 云开发; 土壤保持量; 碳储量; 空间关联

## Spatial Correlation between Soil Conservation and Carbon Storage in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

Zheng Xuwei, Yin Hui, Wang Tongyu\*

School of Geography and Tourism, Huizhou University, Huizhou, Guangdong 516007

**Abstract :** Using the soil conservation module and carbon storage module in InVEST model, the soil conservation and carbon storage in the study area are calculated, and the analysis results are as follows: ① From 2000 to 2020, the soil conservation in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area showed a downward trend as a whole; ② The carbon storage of the whole Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area is characterized by “low in the middle, high in the north and medium in the east and west”; ③ The overall carbon storage in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area is decreasing; ④ There is a significant positive correlation between soil conservation and carbon storage in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area.

**Key words :** PIE cloud development; soil conservation; carbon storage; spatial correlation

## 一、引言

随着城镇化的加速推进, 中国的社会经济得到了蓬勃发展, 气候变暖等环境问题也随之显露出来。在实施“双碳”目标的背景下, 探究生态系统土壤保持对碳储量的影响变得尤为紧要。这项研究有助于更好地认识土地保护和碳循环之间的关系。因此, 深入研究生态系统土壤保持和碳储量之间的关联具有重要意义。2008 年, Haunert et al.<sup>[1]</sup> 等利用 InVEST 模型为美国西南部的内华山脉提供了保护规划水资源环境和其空间关联。Fisher<sup>[2]</sup> 等对生态系统的功能进行了研究, 采用模型进行演算。Milton 等<sup>[3]</sup> 结合 InVEST 模型和元胞自动机模型, 对碳储量及其经济估值进行了综合分析。国内则是在 2010 年之后开始了这方面的研究。周彬<sup>[4]</sup> 成功地使用 InVEST 模型对北京山区的土壤侵蚀量进行了模拟和估算, 计算得到了北山区的土壤侵蚀量数据。张文华等<sup>[5]</sup> 成功地利用模型对锡林郭勒草原的碳储量进行了模拟评估。王蓓等<sup>[6]</sup> 通过 InVEST 模型分析了黑河流域的空间格局, 并对生态系统服务进行了估算。

## 二、材料与方法

本文数据包括粤港澳大湾区区划空间数据和环境数据。所有空间数据均利用 PIE 云平台和 ArcGIS10.2 统一坐标系 GCS\_WGS\_1984 后, 通过掩膜或裁剪提取。土壤保持能力采用的比较多是通用土壤流失方程<sup>[7]</sup> 和基于通用土壤流失方程 (USLE), 类似 WEPP<sup>[8]</sup> 和 EUROSEM<sup>[9]</sup> 模型。本文采用 RUSLE 模型<sup>[10]</sup>, 来计算土壤保持量。碳储量由 InVEST 模型的碳模块来计算。

## 三、研究结果及分析

### (一) 土壤保持能力

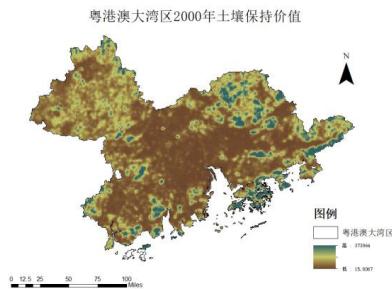
根据土壤保持量模型, 在 PIE 云平台将不同驱动因子进行复合运算, 可以得到土壤保持量栅格图及其分布格局 (图 1 ~ 图 5)。对粤港澳大湾区不同年份土壤保持总量进行计算统计, 可最终 2000 年 ~ 2020 年的土壤保持量分别为  $1.6294 \times 10^9 \text{ tC}$ 、 $1.7392 \times 10^9 \text{ tC}$ 、 $1.9486 \times 10^9 \text{ tC}$ 、 $1.5695 \times$

\* 作者简介: 郑旭伟 (2001-), 男, 广东汕头人, 地理信息科学专业在读本科生。E-mail: zhengxuwei0419@163.com

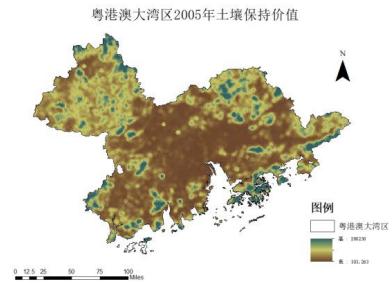
通信作者: 尹辉 (1983-), 男, 广西桂林人, 博士, 讲师, 主要研究方向为地理学、遥感和地理信息科学的教学和研究。Email: yinhui741852963@163.com

课题来源: 国家级大学生创新项目“基于遥感云编程和多要素云计算的广东省多维度可视化生态云平台构建”(课题号: 202310577011) 和“基于 PIE 云平台和 JS 程序设计的粤港澳大湾区宜居宜游生态安全测度系统开发”(课题号: 202310577012)

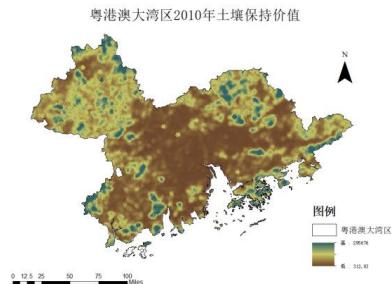
$10^9$ tC、 $1.5234 \times 10^9$ tC，呈现连续减小的变化趋势，共计减少 $1.06 \times 10^8$ tC。结果显示：2000 ~ 2020年粤港澳大湾区平均土壤保持量呈先上升后小幅下降，但整体呈减少的趋势。



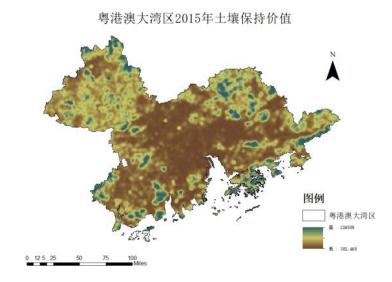
> 图1 粤港澳大湾区2000年土壤保持价值



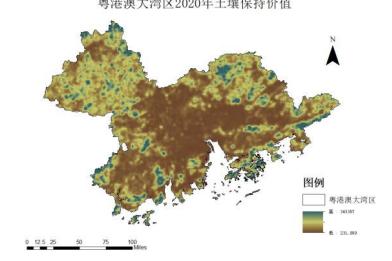
> 图2 粤港澳大湾区2005年土壤保持价值



> 图3 粤港澳大湾区2010年土壤保持价值



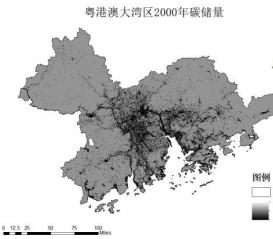
> 图4 粤港澳大湾区2015年土壤保持价值



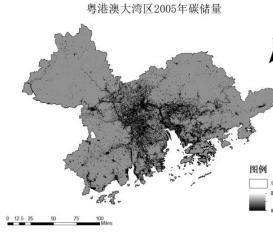
> 图5 粤港澳大湾区2020年土壤保持价值

## (二) 碳储量

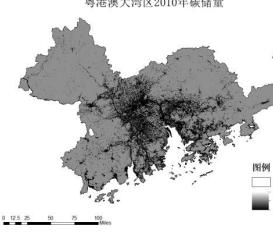
选用粤港澳大湾区土地利用数据和粤港澳大湾区的碳密度数据计算得到四个基本碳库数据及各年碳储量数据。对粤港澳大湾区不同年份碳储量总量进行计算统计，可最终2000年~2020年的总碳储量分别为 $2.2334 \times 10^8$ tC、 $2.1703 \times 10^8$ tC、 $2.1199 \times 10^8$ tC、 $2.1108 \times 10^8$ tC、 $2.1069 \times 10^8$ tC，呈现连续减小的变化趋势，共计减少 $1.26 \times 10^7$ tC。同样呈现逐年减少的变化趋势。碳储量空间分布见图6~图10。



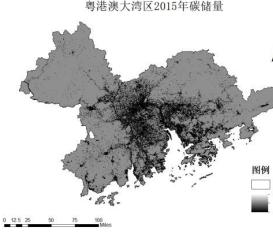
> 图6 粤港澳大湾区2000年碳储量



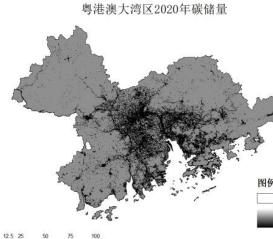
> 图7 粤港澳大湾区2005年碳储量



> 图8 粤港澳大湾区2010年碳储量



> 图9 粤港澳大湾区2015年碳储量



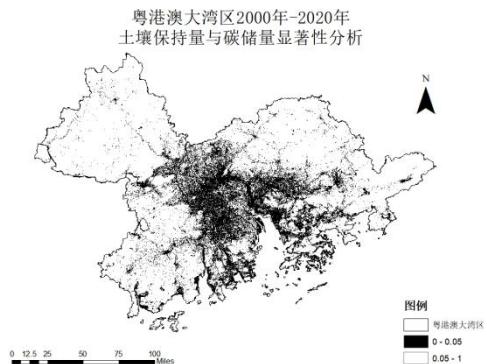
> 图10 粤港澳大湾区2020年碳储量

### (三) 空间关联性

运用 Matlab 软件计算 PIE 平台得到的粤港澳大湾区土壤保持量和碳储量，根据逐年的结果数据得到图11所示的2000年~2020年土壤保持量与碳储量相关性分析图，可以看出虽部分提升，但总体均呈下降趋势。据图12所示的粤港澳大湾区2000~2020年土壤保持量与碳储量在中部地区具有显著的正相关性，在边缘地区具有负相关性。



>图11 粤港澳大湾区相关性分析图



>图12 粤港澳大湾区显著性分析图

### 四、结论

2000年~2020年期间，粤港澳大湾区的土壤保持量起初逐渐增加，但随后略微下降，总体上呈现下降趋势。粤港澳大湾区近20年来的碳储量沿着城市边界线的地区碳储量较低，呈现出“中部低、北部高、东西中等”的特征。通过粤港澳大湾区的土地利用模拟结果可以看出，香港特别行政区在过去的时间里一直处于高碳储量区，但整体上仍呈减少的趋势。在粤港澳大湾区，土壤保持量和碳储量之间存在显著的正相关性，尤其在中部地区。然而，在边缘地区，这种关系变得负相关，可能是因为边缘地区的土壤保持能力较弱，导致碳储量的下降。

## 参考文献

- [1] Haunreiter E, Cameron D. Mapping Ecosystem Services in the Sierra Nevada, California[EB/OL]. [2008-09-16].
- [2] Brendan Fisher, R. Kerry Turner, Neil D. Burgess, et al. Measuring modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc Mountains of Tanzania [J]. Progress in Physical Geography, 2011, 35(5): 595-611.
- [3] Fernandes M M, M árcia Rodrigues de Moura Fernandes, Garcia J R, et al. Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992 - 2030 [J]. LandUse Policy, 2020, 99: 104795.
- [4] 周彬, 余新晓, 陈丽华, 等. 基于 InVEST 模型的北京山区土壤侵蚀模拟 [J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 9-13.
- [5] 张文华, 贾志斌, 卓义, 等. InVEST 模型对锡林郭勒草原碳储量研究的适用性分析 [J]. 地球环境学报, 2016, 7(1): 87-96.
- [6] 李素晓. 京津冀生态系统服务演变规律与驱动因素研究 [D]. 北京林业大学, 2019.
- [7] Wischmeier W H. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971, 26: 189-193.
- [8] Laflein J M, Elliot W J, Flanagan D C, et al. WEPP—predicting water erosion using a process-based model [J]. Journal of Soil & Water Conservation, 1997, 52(2): 96-102.
- [9] The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments [J]. Earth Surface Processes & Landforms, 1998.
- [10] Risso L M, Nearing M A, Laflein J M, et al. Error Assessment in the Universal Soil Loss Equation [J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57(3): 825-833.