

# The Study on Urban Land Use Evolution Based on Spatial Analysis Method

Lan Zhuang<sup>1</sup>, Wen Meng<sup>1\*</sup>, Guang Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Cadastral Management Center, Shanghai

<sup>2</sup>College of Surveying and Geo-Information, Tongji University, Shanghai

Email: mengwen\_1106@163.com

Received: May 24<sup>th</sup>, 2016; accepted: Jun. 17<sup>th</sup>, 2016; published: Jun. 20<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Spatial pattern of land use is the most important landscape mark of the earth surface, which can reflect the evolution characteristics of land use in urbanization process, and provide effective decision support for city planning, urban construction and regional sustainable development. From the perspective of spatial characteristics of land use, taking urban land use data in the year of 2010 and 2014 for examples, by means of calculating the average nearest neighbor index, and using kernel density estimation for spatial visualization and comparative analysis, urban land use evolution patterns are studied. As a result, spatial distance between the patches of experimental land use data is narrowed around 2010-2014, which presents the trend of space gathering. The main reasons of the spatial aggregation are the obviously increase of certain land use type, the outward expansion of original space's intensive area, the change of space position and so on.

## Keywords

Land Use, Spatial Characteristics, Spatial Analysis, Spatial Distance, Spatial Pattern

---

# 基于空间分析的城市土地利用变化特征研究

庄 澜<sup>1</sup>, 孟 雯<sup>1\*</sup>, 杨 光<sup>2</sup>

<sup>1</sup>上海市不动产登记事务中心, 上海

<sup>2</sup>同济大学测绘与地理信息学院, 上海

---

\*通讯作者。

Email: mengwen\_1106@163.com

收稿日期: 2016年5月24日; 录用日期: 2016年6月17日; 发布日期: 2016年6月20日

## 摘要

土地利用空间格局是地球表层系统最重要的景观标志,能直接反映出城市化过程中土地利用的演化特征,为城市规划、城市建设和区域可持续发展提供有效的决策支持。本文从土地利用的空间特征入手,以2010年和2014年两期区域土地利用数据为实例数据,通过计算图斑的平均最近邻指数,并采用核密度估计进行空间可视化表达与对比分析,研究城市土地利用时空格局的变化特征。结果显示,2010~2014年实验数据土地利用各地类的空间距离在缩小,整体呈现空间聚集趋势;而空间聚集的原因主要有图斑增量明显、原空间密集区向外扩展以及图斑空间位置改变等。

## 关键词

土地利用, 空间特征, 空间分析, 空间距离, 空间格局

## 1. 引言

土地利用空间格局是地球表层系统最重要的景观标志,土地利用直接反映了人类与自然的相互影响与交互作用[1][2]。当前,随着对人类活动在全球变化中作用机制的深入探讨,土地利用变化研究被认为是一个关键而迫切的研究热点[3]。我国城市化进展迅速,大规模的城市扩张与更新引起了土地利用结构变化,进而,在城市空间格局的演变过程中产生了环境污染、交通拥挤及居住环境恶化等的一系列城市问题,影响区域可持续发展[4]。因此,研究城市空间格局及其变化特征,对把握土地利用现状、诊断土地利用合理与否、预测土地利用发展趋势、为城市规划及可持续发展提供决策支持等方面具有重要意义[5]。

从20世纪80年代中后期以来,随着全球化与可持续发展领域问题的日益严峻,土地利用/覆被变化研究受到国际社会的重视[4]。国内外学者进行了大量的研究,逐渐从定性研究发展到定量分析,如土地利用数理统计、动态度及转移矩阵等定量分析[6],基于各类指标和模型的土地利用变化研究及驱动力分析等[7]-[10],然而土地利用变化过程十分复杂,仅靠单一的指标或模型是无法满足目前需求,需对其空间属性和空间模式进行深入研究和理解。作为空间数据,土地利用的空间变化提供了一个非数值统计的角度,即从空间统计上揭示土地利用格局、人地关系与城市发展过程。

本文从土地利用数据的空间特征入手,通过空间分析的方法分析土地利用数据的空间距离、空间格局的变化特点,研究城市土地利用的变化特征、变化趋势,并为城市土地利用、城市建设和区域可持续发展提供有效决策支持[11]。

## 2. 空间分析方法

空间分析是基于地理对象的位置和形态特征的空间数据分析技术,它将空间信息分为空间位置、空间分布、空间形态、空间距离、空间方位、拓扑、相似和相关[12]。土地利用数据作为一种空间数据,同样具有空间信息特征,因此本文选取空间分析方法中的空间距离分析和空间格局分析深入研究。

### 2.1. 空间距离分析

空间距离分析主要针对空间对象之间的远近程度进行测量,并可从多个尺度进行对比分析。本文采

3 用平均最近邻指数(Average Nearest Neighbor, ANN)来定量计算土地利用各地类图斑之间的空间距离及整体分布变化情况。

平均最近邻指数 ANN 算法公式如下：

$$ANN = \frac{\overline{D_o}}{\overline{D_E}} \quad (1)$$

其中， $\overline{D_o}$  表示每个图斑到其最近的图斑的距离平均值，公式如下：

$$\overline{D_o} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (2)$$

而  $\overline{D_E}$  表示图斑在随机状态分布下的距离期望均值，公式如下：

$$\overline{D_E} = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad (3)$$

公式(2)~(3)中， $d_i$  表示图斑  $i$  与其最邻近图斑之间的距离； $n$  表示图斑总数； $A$  表示计算范围内图斑总面积。

平均最近邻指数表示的是实际图斑之间最小距离均值与随机分布下期望距离均值之间的比值，如果  $0 < ANN < 1$ ，则表示土地利用图斑对象之间的实际最小距离小于随机分布状态，在空间上呈现聚集分布；若  $ANN > 1$ ，则表示土地利用图斑对象之间的最小距离大于随机状态，呈现离散分布。通过该指数可以获取土地利用各地类之间的空间距离和空间分布信息。

## 2.2. 空间格局分析

空间格局分析主要定量描述图斑对象在具体空间上的分布模式，并基于分布情况进一步分析空间聚集或离散区域的土地利用结构及变化特征。

本文采用非参数核密度估计对土地利用数据进行空间分布分析，核密度估计可将数据对象的特征在任何尺度下进行空间可视化表达，具体采用 Rosenblatt-Parzen 全局核密度估计，公式如下：

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (4)$$

其中  $f_n(x)$  表示核函数， $h$  表示函数窗口， $k(\cdot)$  为函数算子， $n$  表示窗口内的样本总量， $X$  为样本特征均值。

## 3. 区域土地利用变化实例分析

### 3.1. 实例数据

实例数据采用上海市某区域 2010 年和 2014 年两期土地利用现状数据进行对比分析，如图 1 所示。实例数据根据《全国土地分类(试行)》进行分类，每期数据都包含三大类所有三级类。为了便于计算与分析，本文分类截至到二级类，即一级类包含农用地、建设用地、未利用地；二级类包含耕地、园地、林地、牧草地、其他农用地、商服用地、工矿仓储用地、公共设施用地、公共建筑用地、住宅用地、交通用地、水利设施、特殊用地、未利用土地和其他土地。

### 3.2. 结果分析

针对 2010 年和 2014 年两期实例土地利用数据，采用平均最近邻指数统计各二级类图斑之间的最小空间距离特征及空间距离的变化趋势，对空间特征进行基本的数值统计；基于空间距离分析结果，再利

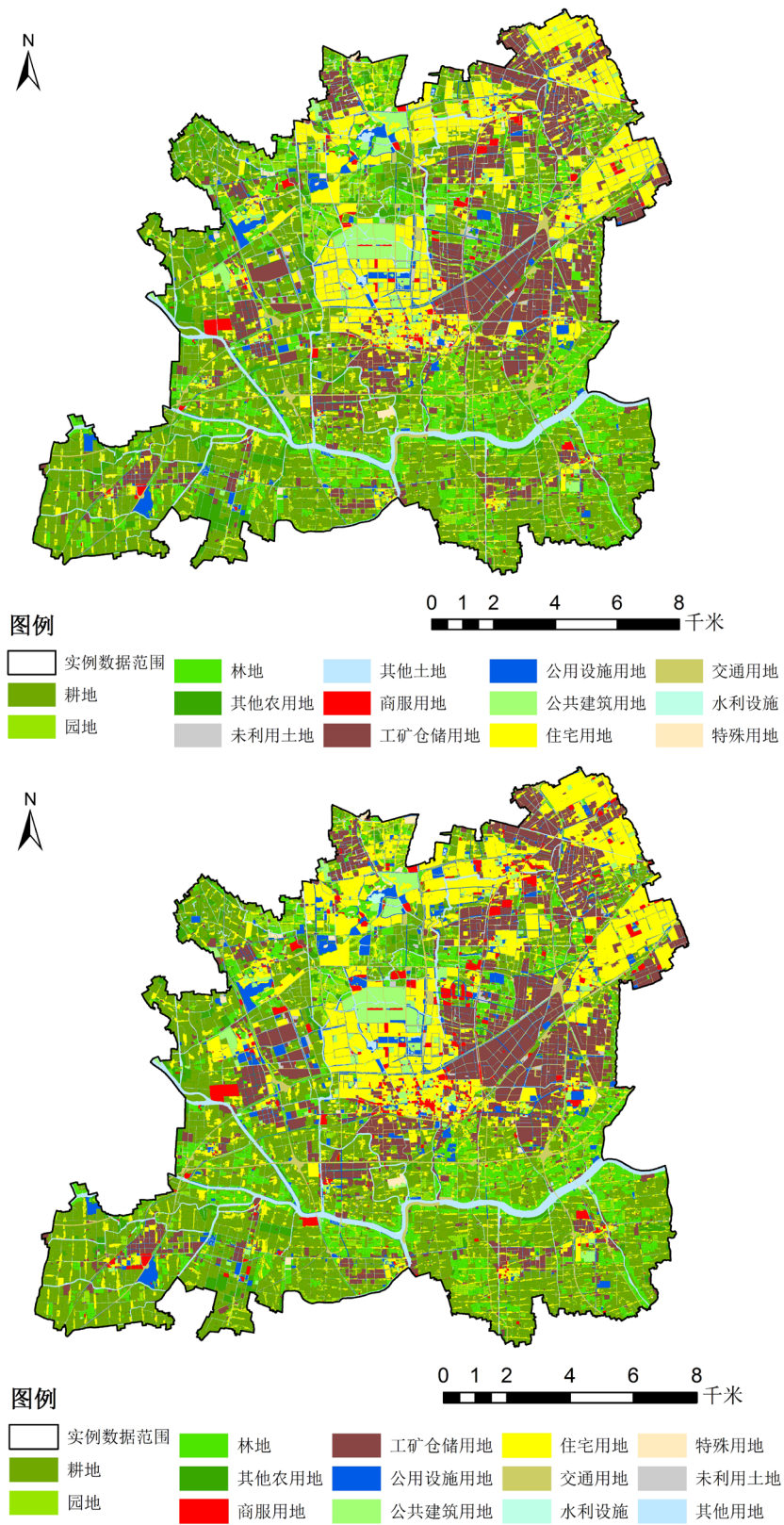


Figure 1. Experimental data of land use in 2010 (top) and 2014 (bottom)

图 1. 2010 年(上图)和 2014 年(下图)土地利用实例数据

用核密度估计进行空间可视化表达, 获取具体的空间格局特征与变化趋势, 结合数值统计与空间统计的方法进一步研究土地利用变化特征及趋势。

### 3.2.1. 空间距离分析结果

根据公式(1)~(3), 分别计算实例区域内 15 个二级类图斑数据的平均最近邻指数, 结果如表 1 所示。

根据表 1 结果可知, 2010 年该区域土地利用中图斑之间平均空间距离最短的是住宅用地、耕地和其他农用地, 分别为 47.424 米、65.398 米和 71.236 米, 而平均距离最大的是特殊用地、未利用土地和商服用类型, 均超过 200 米; 2014 年该区域图斑之间平均距离最小的同样也是住宅用地、耕地和公用设施这三个类型, 距离最大的是未利用土地, 达到 328.413 米。在平均最近邻指数方面, 2010 年数据平均最近邻值最小的是园地、水利设施和住宅用地, 均小于 0.45, 地类呈现空间聚集分布模式, 而其他用地、耕地和其他农用地的 ANN 值较高, 表明这些地类图斑间距较大, 且分布在区域外围; 2014 年计算结果与 2010 年基本保持一致。

图 2 表示 2010~2014 年土地利用空间距离变化情况, 结果显示, 图斑之间平均最近距离减少最大的是特殊用地、商服用地和公共建筑用地类型, 图斑距离缩小了 187.27 米、93 米和 79 米, 而住宅用地、林地和耕地之间的距离变化差异小, 均在 1.5 米以内; 在平均最近邻指数差值方面, 变化较大的特殊用地、公共建筑用地和交通运输用地, 而住宅用地差值大于 0。综述表 1 和图 2, 结果表明 2010~2014 年间区域土地利用数据整体呈现图斑距离减少且 ANN 指数下降, 在空间上呈现聚集趋势, 在地类方面, 特殊用地、商服、公共建筑用地以及交通运输在过去四年间因新增用地或位置变化而在空间上呈现聚集趋势。

Table 1. The result of the average nearest neighbor (ANN) index

表 1. 平均最近邻指数结果

土地利用地类	平均最近邻指数						
	Do_2010 (米)	Do_2014 (米)	差值 (米)	ANN_2010	ANN_2014	差值	
1. 农用地	耕地	65.398	63.908	-1.49	0.684	0.679	-0.005
	园地	101.521	96.128	-5.393	0.314	0.298	-0.016
	林地	77.002	75.969	-1.033	0.573	0.562	-0.011
	牧草地	0	0	0	0	0	0
	其他农用地	71.236	68.241	-2.995	0.663	0.641	-0.022
2. 建设用地	商服用地	282.976	189.417	-93.559	0.519	0.485	-0.034
	工矿仓储用地	119.733	107.581	-12.152	0.587	0.575	-0.012
	公用设施用地	92.518	63.917	-28.601	0.502	0.447	-0.055
	公共建筑用地	239.827	160.782	-79.045	0.472	0.383	-0.089
	住宅用地	47.424	46.594	-0.83	0.449	0.451	0.002
	交通运输	116.965	80.588	-36.377	0.528	0.468	-0.06
	水利设施	185.231	140.829	-44.402	0.418	0.361	-0.057
	特殊用地	504.387	317.117	-187.27	0.526	0.399	-0.127
3. 未利用地	未利用土地	345.36	328.413	-16.947	0.55	0.535	-0.015
	其他用地	138.316	130.771	-7.545	0.75	0.72	-0.03

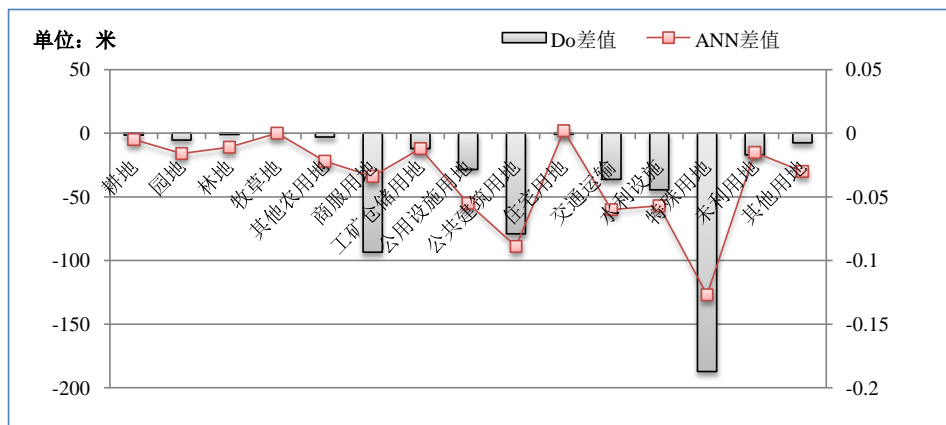


Figure 2. The result of the difference of ANN index from 2010 to 2014

图 2. 2010~2014 年实例数据平均最近邻差值统计图

### 3.2.2. 空间格局分析结果

根据基于平均最近邻的空间距离分析，可以获取实验区域土地利用地在 2010~2014 年间的空间距离变化信息。然而仅仅通过数值表达的一维信息无法全面分析土地利用的变化特征，如商服、公共建筑、交通和特殊用地在 2010~2014 年间的 ANN 指数波动较大，这四个地类只能通过空间距离变化分析整体趋势，无法对不同地类内部的空间分布模式进行变化分析。因此，本节将通过核密度估计进行空间可视化表达，对土地利用的空间格局变化进行进一步的对比分析，全面了解土地利用的变化情况。

#### 1) 商服用地

图 3 为 2010 年和 2014 年两期商服用地空间分布对比，结合空间距离分析结果可知：2010~2014 年实验区域内商服用地平均最近邻距离下降了 93 米，下降幅度达 33%，主要由于其图斑数量较 2010 年有明显的新增，导致密度高值点数也有明显的增加，使得商服用地空间格局更加密集，主要的增量分布于实验区域的东北角，同时在四年间呈现以区域中心向周围扩散的变化特征。

#### 2) 公共建筑用地

图 4 为 2010 年和 2014 年两期公共建筑用地空间分布对比，结合空间距离分析结果可知：2010~2014 年公共建筑用地图斑最近距离减少了 79 米，ANN 指数两期下降超过 18%，如图 4 所示，2014 年在空间上新增了多个密度高值点且原有高值点面积扩大，与商服用地相似，空间格局的变化特征以中心区域向外扩展，但新增密集点数或新增图斑面积不明显。

#### 3) 交通运输用地

图 5 为 2010 年和 2014 年两期交通用地空间分布对比，根据表 1 可知 2010~2014 年交通用地图斑之间最近距离减少了 36 米，ANN 下降幅度超过 11%；在空间格局方面，四年间实验区域内主要变化在于东北角的密集区域增大且成片，而南部及西部交通用地密集程度较低，空间分布较稀疏离散。

#### 4) 特殊用地

根据表 1 结果，特殊用地在 2010~2014 年间的图斑空间最近距离减少量最大为 187 米，下降幅度超过 37%，是所有土地利用二级类中距离减少量和幅度最大的类型。如图 6 所示，在空间上，特殊用地的空间格局主要分布于实验区域边缘，因此造成该地类图斑之间的平均距离绝对值大，而 2014 年特殊用地整体没有明显的增量，即空间加密过程，在北部有新增高密度值点，且与原有密度高值点距离相近，使其产生局部高度聚集的效果。特殊用地类型四年间空间分布模式不变，增量不明显，两期空间聚集趋势明显主要由于图斑空间位置的变化形成区域高度聚集，整体空间格局较为稳定。

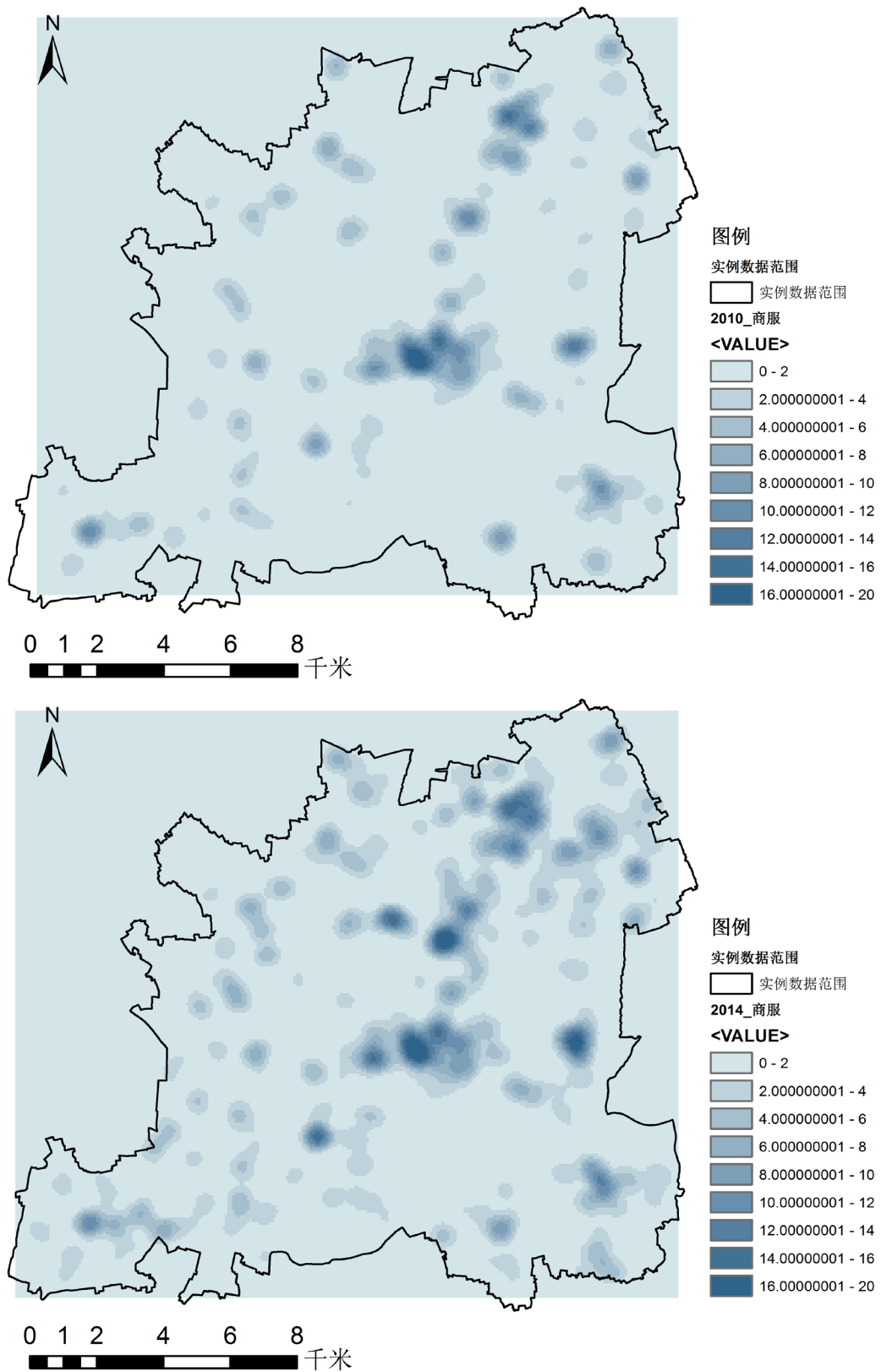


Figure 3. Spatial distribution of commercial type (top in 2010, bottom in 2014)  
图 3. 商服用地空间分布(上图 2010 年, 下图 2014 年)

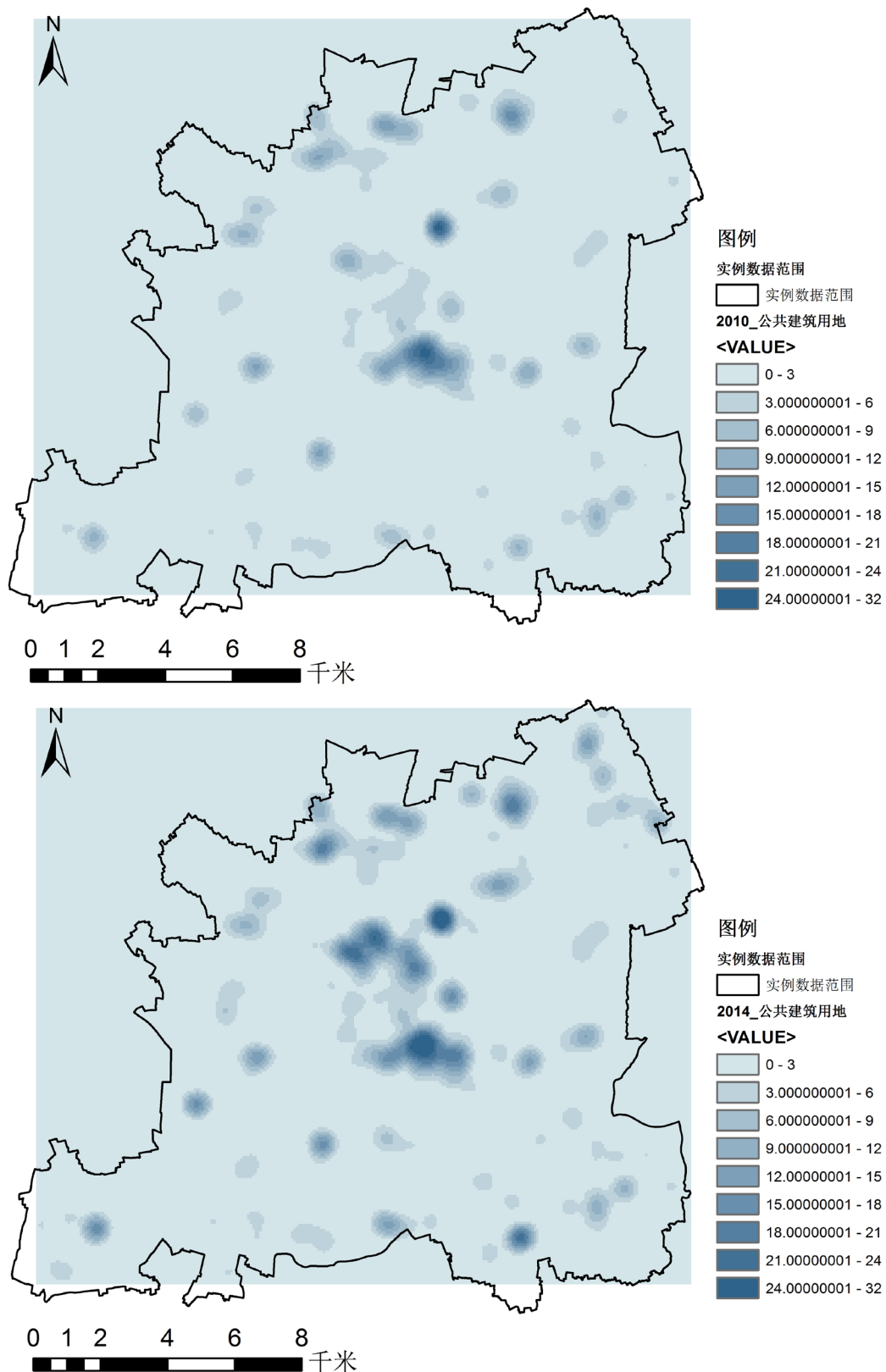


Figure 4. Spatial distribution of public buildings type (top in 2010, bottom in 2014)  
图 4. 公共建筑用地空间分布(上图 2010 年, 下图 2014 年)



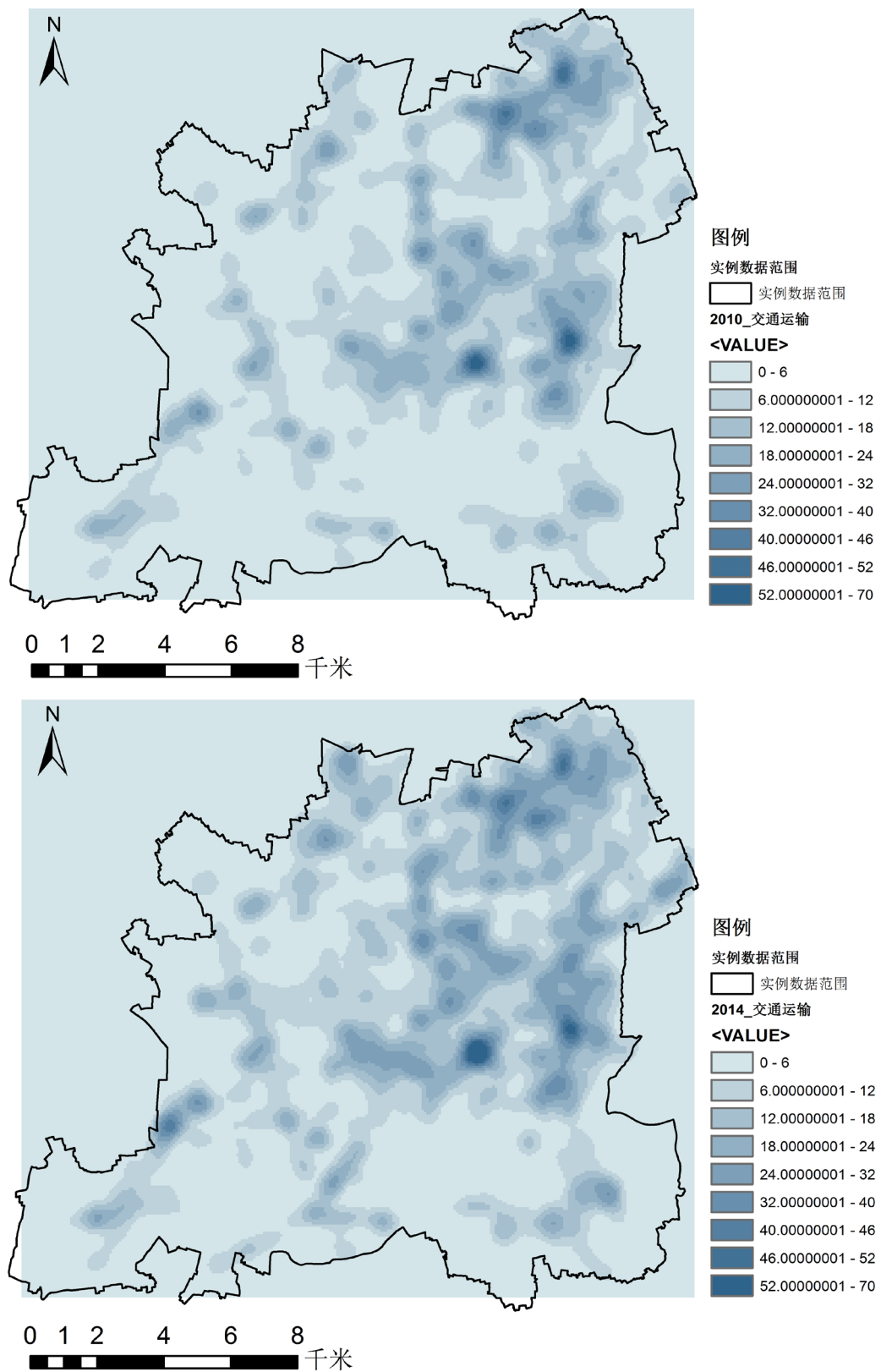


Figure 5. Spatial distribution of transportation type (top in 2010, bottom in 2014)  
图 5. 交通用地空间分布(上图 2010 年, 下图 2014 年)

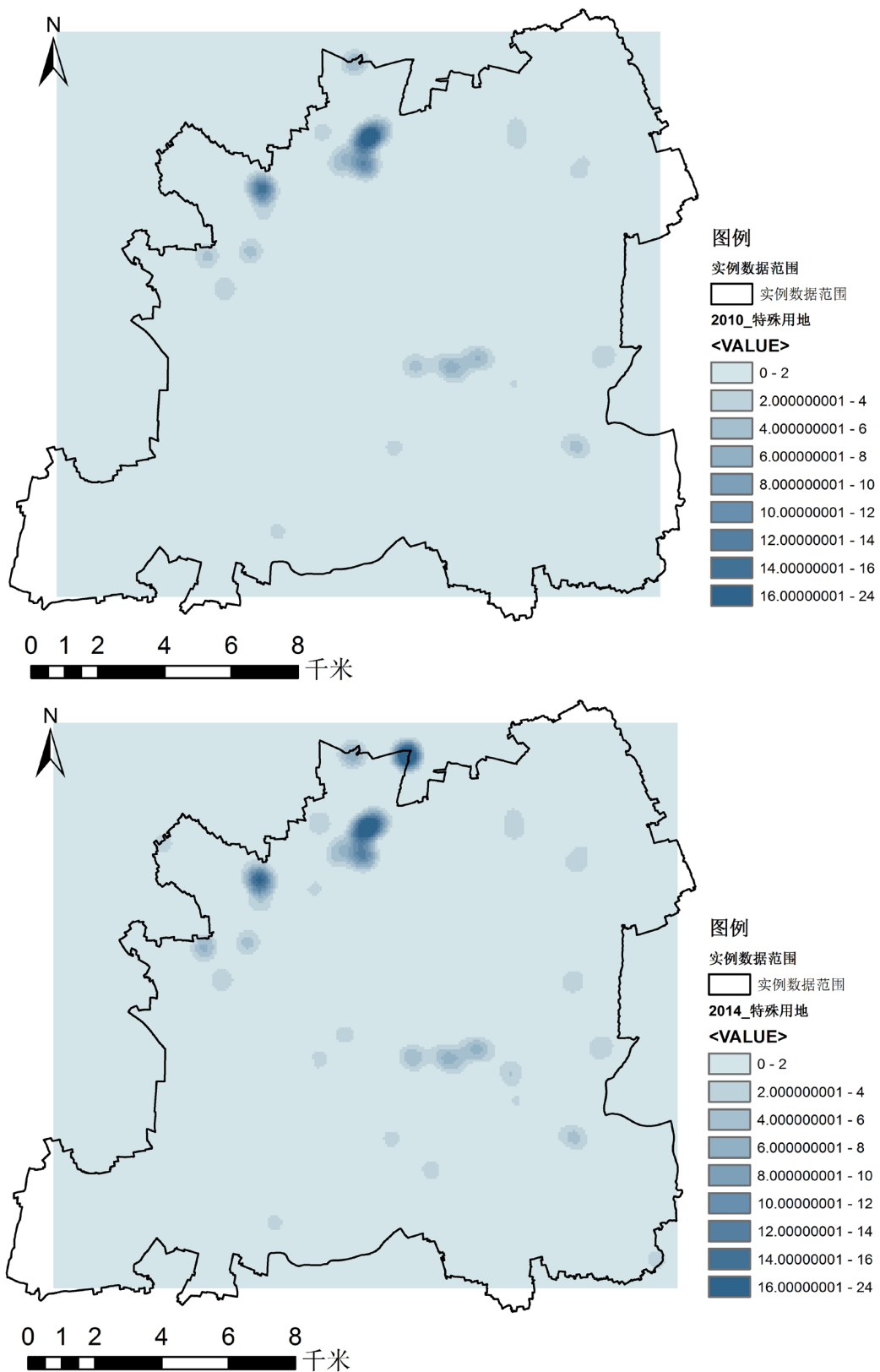


Figure 6. Spatial distribution of special land use (top in 2010, bottom in 2014)  
图 6. 特殊用地空间分布(上图 2010 年, 下图 2014 年)

## 4. 结论

本文基于土地利用的空间特征，通过对图斑数据进行空间距离分析，并采用核密度估计进行空间可视化表达，对比分析 2010 年和 2014 年两期实验数据的土地利用变化情况，并针对变化较大的商服、公共建筑、交通和特殊用地进行空间分布模式分析，获得以下结论：

1) 2010~2014 年实验数据土地利用各地类间的空间距离在缩小，整体呈现空间聚集趋势；

2) 各地类空间聚集原因不同，其中商服用地面积有明显新增，在空间上形成明显的加密点，空间格局以东北角和中心区域密集分布；公共建筑和交通用地没有明显的空间加密过程，空间格局主要以原密集区面积增大且向外扩展形成；特殊用地空间分布模式不变，由于原始分布于实验区外围，空间位置的变化使得区域尺度下产生明显高度聚集，但空间格局较为稳定。

## 基金项目

上海市规划和国土资源管理局科研项目。

## 参考文献 (References)

- [1] Lambin, E.F., Baulies, X., Boekstael, N., *et al.* (1999) Land Use and Land Cover Change, Implementation Strategy, IGBP Report No.48/IHDP Report No.10, IGBP, Stockholm.
- [2] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 645-652.
- [3] 刘纪远, 王绍强, 陈镜明, 等. 1990~2000 年中国土壤碳氮蓄积量与土地利用变化[J]. 地理学报, 2004, 59(4): 483-496.
- [4] 史培军, 宫鹏, 李晓兵, 等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [5] 朱晓华, 蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 671-677.
- [6] 史利江, 王圣云, 姚晓军, 等. 1994~2006 年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1469-1479.
- [7] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 中国特大城市空间形态变化的时空特征[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 392-400.
- [8] 尹长林, 张鸿辉, 朱建军, 等. 城市规划 CA 模型在城市空间形态演化中的应用研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(3): 133-137.
- [9] 李凤霞, 石辉, 冯晓刚, 等. 西安市土地利用格局动态演变及其驱动力研究[J]. 测绘通报, 2015(12): 41-45.
- [10] 苗作华, 陈勇, 曾向阳. 基于斑块聚集的城市土地利用空间布局研究[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(1): 57-59.
- [11] 徐柏琪. 基于空间分析方法的土地利用变化驱动力研究[J]. 农业与技术, 2015, 35(19): 189-191.
- [12] 郭仁忠. 空间分析[M]. 北京: 北京高等教育出版社, 2001.

**再次投稿您将享受以下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>