

# 福州市土地利用类型分形特征分析

何瑞婷

(福建师范大学地理科学学院,福州 350108)

**摘 要:**利用福州市 2009 年的 TM 影像,以 RS 和 GIS 为技术手段,获取研究区土地利用类型图。运用分形理论求取不同土地利用类型的分维数,并对不同土地利用类型的分形特征进行分析。结果表明,福州市土地利用类型分维数大小的顺序为:水体 > 建筑用地 > 耕地 > 林地 > 未利用地。说明了水体和建筑用地的边界特征复杂,斑块破碎化程度大;相反林地和未利用地的边界特征比较规则,斑块破碎化程度小。

**关键词:**土地利用;RS;GIS;分维数;福州市

**中图分类号:**TP79

**文献标志码:**A

美国数学家 Benoit B Mandelbrot 提出的分形(Fractal)理论是 20 世纪 70 年代中期发展起来的一门横跨自然科学、社会科学和思维科学的新理论。相对于欧氏几何,分形理论更适于描述大自然中真实物体的形状复杂性,尤其是描述形状不规则的、支离破碎的、边界复杂的几何特征。这一理论的提出,为解决复杂性问题提供了定量和定性相结合的有效方法<sup>[1-2]</sup>。土地利用研究是全球环境变化研究的重要组成部分,在可持续发展研究中占有重要地位<sup>[3]</sup>。土地利用类型具有自相似的分布特征,因此将分形理论运用于土地利用类型研究,可以为土地利用的创新研究提供科学的理论支撑。

目前,国外有不少学者将分形理论运用于遥感影像解译的数据处理和分析等诸多相关研究<sup>[4-5]</sup>。在国内,分形理论在地理学中的应用是从 20 世纪 90 年代开始逐渐活跃起来<sup>[2]</sup>,如秦占飞<sup>[6]</sup>等利用 2010 年的蒲城县土地利用图对土地利用类型的分维数进行研究,表明分维数是土地利用类型结构相关研究的有用指标;单勇兵<sup>[7]</sup>等将天目山自然保护区 2000 年的 TM 影像进行处理与分类,对相应土地利用类型的地形分维值进行处理、分析,总结了地形分维的分布规律;赵亚敏<sup>[8]</sup>等利用

开封市 0.61 m 空间分辨率的 QuickBird 卫星遥感数据,对覆盖类型的分形特征差异等进行了分析,得出斑块的分维数具有尺度依赖性,同一类型中大的斑块往往具有较大的分维数。在上述研究中,均利用单时段的影像数据资料,通过分维数对土地利用过程中的相关要素进行分析,表明分维数在描述几何特征方面的强大功能,即使是单一的数据材料也能较好地反映相关要素的分形特征。

本文在 RS 和 GIS 技术的支持下,以 2009 年 TM 遥感影像为数据源,提取福州市土地利用类型信息,计算出不同土地利用类型的分维数,进而从定性和定量两个角度对福州市土地利用类型形状复杂性进行分析,以期对福州市土地的合理利用提供理论支撑和实证范例。

## 1 研究区概况

福州市作为福建省的省会城市,位于北纬 25°15' ~ 26°39',东经 118°08' ~ 120°31',东濒台湾海峡,地处闽江下游入海河口盆地中心,总面积 1036 km<sup>2</sup>,人口密度为 1602 人/km<sup>2</sup>。福州市属于亚热带海洋性季风气候,年平均气温 15.6 ~ 19.6 °C,年均降雨量 1000 ~ 1700 mm<sup>[9]</sup>;

收稿日期:2012-10-23

基金项目:国家自然科学基金项目(41001170);福建师范大学本科课外科技项目(cxxl-126)

作者简介:何瑞婷(1990-),女,福建莆田人,主要从事人文地理方面的研究,(E-mail) rity\_he@163.com

地形以山地、丘陵为主,其中海拔多在 600 ~ 1000 m,地势自西北向东南倾斜;福州市水系发达,水网密布,其中闽江是全省最大的河流;福州市暖热湿润的气候条件宜于林木和农作物的生长,由于山地和丘陵面积比例较大,宜林用地多,宜耕用地少。随着城市化进程的推进,城市面积不断扩大,耕地面积不断减少,近年来土地供需矛盾日渐突出<sup>[10]</sup>。

## 2 数据源与研究方法

### 2.1 数据源

本文数据源为福州市 2009 年 TM 遥感影像、福州市 2008 年 ALOS 遥感影像和福州市政区图等。以 Erdas 软件为技术平台,对 2009 年 TM 遥感影像进行几何校正;将福州市政区图导入到 Erdas 中,切割校正后的影像;对切割后的影像进行监督分类,参照福州市 2008 年 ALOS 遥感影像和实地考察结果,纠正部分误判漏判单元,确保分类精度;结合遥感影像特征和研究区实际情况,将土地利用类型划分为:耕地、林地、建筑用地、水体和未利用地 5 大类,生成 2009 年福州市土地利用类型图;将生成的土地利用类型图转入 ArcGIS 软件中,如图 1 所示,生成土地利用类型斑块的周长和面积;将数据导入 EXCEL 中,对周长 - 面积进行趋势线拟合。

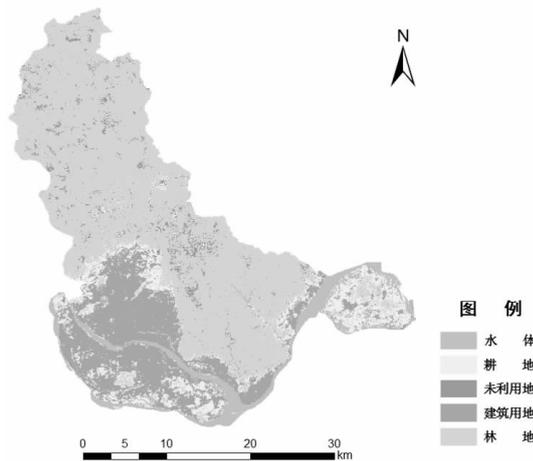


图 1 2009 年福州市土地利用类型图

### 2.2 研究方法

土地利用类型是一种在自然和人类活动双重作用下的产物,具有不规则性、相对不稳定性和复杂性等特征,可以利用分形理论进行探讨<sup>[2]</sup>。由于分形理论目前处于不断发展的过程中,还未找到一个适合于所有非规整几何体的分维数计算公式,所以现阶段对分形理论的应用研究仍是在一些基本分形理论的前提下,结合分形的特点,去寻找适合于特定研究对象的分形公式<sup>[11]</sup>。

Benoit B Mandelbrot 在研究动物脑瘤分形结构时提出了表面积  $S(r)$  与体积  $V(r)$  的关系公式<sup>[12]</sup>:

$$S(r) \frac{1}{D} \sim V(r) \frac{1}{3} \quad (1)$$

董连科<sup>[13]</sup>用物理量纲分析方法对式(1)进行推导,得出了适用于  $n$  维欧氏空间的分形公式:

$$S(r) \frac{1}{Dn-1} = k \times r^{\frac{n-1-Dn-1}{Dn-1}} \times V(r) \frac{1}{n} \quad (2)$$

式(2)中,若令  $n = 2$ ,则可得到二维欧氏空间面积与周长的分形公式。令  $A(r)$  代表以  $r$  为量测尺度的图形面积,  $P(r)$  为同一图斑周长,则有:

$$P(r)^{\frac{2}{D}} = k \times r^{\frac{2-D}{D}} \times A(r)^{\frac{1}{D}} \quad (3)$$

通过两边同取自然对数,式(3)可变换为:

$$\ln A(r) = \frac{2}{D} \ln P(r) + C \quad (4)$$

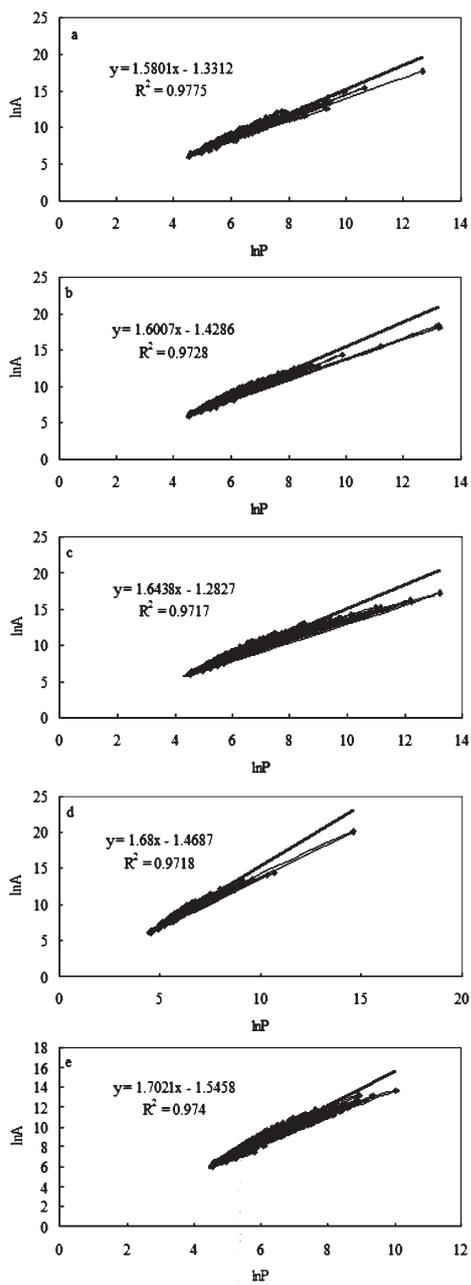
式(4)即为本文计算土地利用类型分维数时所使用的“周长 - 面积”公式,式中的  $A(r)$  为某一土地利用类型的斑块面积,  $P(r)$  为同一斑块周长,  $D$  为分维数,  $C$  为待定常数。记斜率  $b = \frac{2}{D}$ , 根据公式可知,分维数

$D = \frac{2}{b}$ , 即分维数等于 2 除以拟合直线的斜率。 $D$  值的大小反应了各种土地利用类型斑块的复杂性和稳定性。 $D$  的理论值范围为 1.0 ~ 2.0, 其中  $D$  值越大表明空间上的镶嵌结构越复杂,边界越不规则。当  $D = 1.50$  时,表示图形处于一种类似于布朗运动的随机运动状态,即空间结构最不稳定。换言之,  $D$  值越趋近 1.5 这一临界值,表示土地利用类型斑块的空间结构越不稳定<sup>[14]</sup>。

对不同土地利用类型的斑块面积及周长的自然对数的分布进行了趋势线的拟合,得到了各土地利用类型的分维数。图 2 为 2009 年福州市水体(图 2a)、建筑用地(图 2b)、耕地(图 2c)、林地(图 2d)和未利用地(图 2e)的斑块面积与周长在自然对数坐标上的关系。根据图 2 中的  $\ln P - \ln A$  的关系可知,水体、建筑用地、耕地、林地和未利用地的分维数分别为: 1.2657、1.2495、1.2167、1.1905 和 1.1750。五条拟合曲线的相关系数均大于 0.95,表明面积对数与周长对数的相关性较显著,可运用分形的方法进行处理,结果的可信度较大。根据数据比较可知,福州市 2009 年土地利用类型的分维数顺序为: 水体 > 建筑用地 > 耕地 > 林地 > 未利用地。

## 3 结果分析

计算结果显示,福州市水体分维数最大,这与其存在形式密切相关。福州市的水体类型多样,包括江、河、



注: A.斑块面积, P.斑块周长, R.相关系数, a.水体, b.建筑用地, c.耕地, d.林地, e.未利用地

图2 各土地利用类型周长-面积自然对数散点图

湖等;闽江在福州市附近被横亘江心的南台岛分为南港和北港两支,从图1可以看出,不管是南港还是北港,河道呈狭长型、蜿蜒曲折,河流宽窄不一;市区内河道数目众多,纵横交错。因此,与其它土地利用类型相比,水体边界的复杂程度极高。

福州市建筑用地的分维数高达1.2495,仅次于水体。研究证实,1988~2008年,福州市的建筑用地以向外蔓延为主,且沿交通轴扩展极为明显<sup>[15]</sup>。由于福州市北部地形的制约,建筑用地主要分布在东南部的闽江流

域沿岸,以老城区最为典型。在老城区附近,主要是从中心城市向外围集中连片的蔓延式发展,其布局模式呈现一种无序的发展模式。同时,近二十年福州市的建筑用地也具有明显的依托交通扩展的特征,其中有两个主要的交通发展轴:一是南北向的发展轴,二是东西向的发展轴,往往造成建筑用地的外围轮廓呈“指”状<sup>[15]</sup>。由于建筑用地围绕老城区向外圈层式蔓延和沿交通线“摊大饼”式扩展,建筑用地斑块的破碎度增加,形态趋于复杂化,导致分维数较高。

与其它土地利用类型相比,耕地的分维数大小居中。受到福州市复杂的地貌条件的制约,耕地主要分布在南部的盆地中心地势平坦处,斑块相对较为规则。在福州市城市化进程中,大量耕地被建筑用地所替代,导致耕地面积不断减少。被破坏的耕地主要分布在城市的周围或者交通干道人口稠密的地区,容易被转换为建筑用地,从而使平整规则的大斑块耕地趋于破碎和分散。

林地的分维数为1.1905,相对较小。林地作为福州市主要的土地利用类型,斑块面积占总面积的57.2%,呈大规模的集聚状态分布。随着城市化水平提高,建筑用地不断向外扩展,使得城市边缘的林地斑块受到一定程度的蚕食,局部地区破坏严重,但由于连片集中的斑块数量较大,大面积斑块整体上保存完整,因而林地边界相对较为规则。

本文未利用地指的是荒草地和裸地,仅占总面积的3.3%。这部分土地主要分布在海拔较高的地区,受人干扰较小,因而能够维持原来形状,分维数较小。

#### 4 结束语

研究表明,福州市2009年土地利用类型的分维数的大小顺序为:水体>建筑用地>耕地>林地>未利用地。水体与建筑用地的分维数较大,边界形状复杂,斑块的破碎化程度较大;相较之下,未利用地的分维数最小,其边界较为规则。将RS、GIS和分形理论相结合,计算土地利用类型的分维数,可揭示土地利用类型边界的复杂程度,为土地利用决策和可持续发展提供客观、可行的研究方法。

本文仅利用一年的TM影像对福州市土地利用类型分形特征进行分析,没有将分维数与其他景观指标进行对比分析,这是本文存在的不足,因此如何对分形公式进行改进以及将分维数与其他景观指标进行结合对比分析将是本研究深入探讨的一个方向及后续改进工作中的重点。

## 参考文献:

- [1] 陈述彭.地理科学的信息化与现代化[J].地理科学, 2001,21(3):193-197.
- [2] 秦耀辰,刘凯.分形理论在地理学中的应用研究进展[J].地理科学进展,2003,22(4):426-436.
- [3] 李静,赵庚星,田素锋,等.论土地利用/土地覆盖变化驱动力研究[J].资源调查与评价,2004,22(4):22-24.
- [4] Sun W,Xu G,Gong P,et al.Fractal analysis of remotely sensed images:A review of methods and applications[J]. International Journal of Remote Sensing,2006,27(22): 4963-4990.
- [5] Peleg S,Naor J,Hartley R, et al. Multiple resolution texture analysis and classification[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1984,6(4): 518-523.
- [6] 秦占飞,常庆瑞.土地利用类型分维数及稳定性研究——以陕西省蒲城县为例[J].水土保持通报, 2012,32(1):115-118.
- [7] 单勇兵,于法展.基于 RS 和 GIS 的土地利用类型地形分形研究——以浙江天目山地区为例[J].安徽农业科学,2007,35(17):5072-5074.
- [8] 赵亚敏,田国行,何瑞珍,等.基于 RS 和 GIS 的开封市土地覆盖分形[J].生态学杂志,2006,25(10):1218-1222.
- [9] 苏海民,何爱霞.基于 RS 和地统计学的福州土地利用分析[J].自然资源学报,2010,25(1):91-99.
- [10] 钟春棋,刘铮铮,张文开.福州市土地利用变化及驱动力分析[J].国土与自然资源研究,2007(1):14-16.
- [11] 刘纯平,陈宁强,夏德深.土地利用类型的分数维分析[J].遥感学报,2003,7(2):136-141.
- [12] Mandelbrot B B.The fractal geometry of nature[M]. New York:W H Freeman,1982.
- [13] 董连科.分形理论及应用[M].沈阳:辽宁科学出版社,1991.
- [14] 汪权方,王倩,张起鹏,等.基于矢量数据的土地利用类型分维数计算程序设计及其应用[J].地理科学进展,2010,29(3):260-265.
- [15] 白丽月.近二十年福州城市建设用地扩展研究[D].福州:福建师范大学,2010.

## Fractal Character Analysis of Land Use Types in Fuzhou City

HE Rui-ting

(College of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** Using the TM image in 2009, with the application of RS and GIS techniques, the map of land use types is obtained. Fractal theory is applied to work out the fractal dimensions of different land use types. The results show that the ranking of fractal dimensions is as follow: waters area > construction land > arable land > forest land > unused land. It indicates that the boundaries of water area and construction are complex and their fragmentation level is high. Instead, the boundaries of forest land and unused land are inerratic and their fragmentation level is low.

**Key words:** land use; RS; GIS; fractal dimension; Fuzhou city