

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

汪权方¹, 王 倩¹, 张起鹏², 梅 新¹

(1. 湖北大学资源环境学院, 武汉 430062; 2. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘 要: 当前用来计算分形维数的原始数据通常是栅格图像,但是现有的土地利用数据大多以矢量形式存放,若将其转为栅格形式后计算分维数,则将面临基于栅格图像所得到的分形维数的计算精度与像元尺寸以及图像自身大小有较大关系,并且在对栅格图像进行不规则形状提取时容易造成数据丢失等问题。鉴于此,本文利用 Visual C# 完成了基于 Windows 平台的矢量数据分形维数计算程序设计,并利用该程序对 20 世纪 90 年代三个时期的秦岭中段和鄂东南地区土地利用类型的分维数进行了求算。结果表明该程序是一种方便、实用而且精确的分维数计算方法。此外,从三期各类土地利用类型的稳定性指数来看,在秦岭中段地区表现为:居民点及工矿用地>未利用土地>水田>旱地>草地>林地>水域,而鄂东南地区则表现为:水田>未利用土地>居民点及工矿用地>旱地>林地>草地>水域,这说明在上述两个地区,林地、水域、草地的稳定性都相对较差,它们的潜在变化趋势也较大。

关 键 词: 矢量数据;土地利用类型;分形维数

与只适于描述简单、规则的人造物体的传统欧氏几何相比,分形理论能够在更深层次上深刻的描述、研究和分析那些自然界中普遍存在的杂乱无章的、不规则的、随机的自然现象。土地利用类型是一种在自然和人类双重作用下的产物,具有不规则、相对不稳定性及复杂性特征,因此可以利用分形方法进行探讨^[1];大量已有研究表明,区域土地利用具有近似的或统计意义上的自相似性,其分形特征可以选择分维数指标来进行描述^[2]。

从目前用来计算分形维数的原始数据的类型来看,通常是栅格图像,但是现有的土地利用数据大多以矢量形式存放,若将其转换为栅格形式以计算分维数,则将面临基于栅格图像所得到的分形维数的计算精度与像元尺寸和图像自身大小有较大关系,以及在对栅格图像进行不规则形状提取时容易造成数据丢失等问题^[3-5]。相比之下,矢量数据能真实表现地理实体的空间结构,据此所得到的分形维数精度更高。

鉴于上述认识,本文利用 Visual C# 完成基于 Windows 平台的分维数计算程序设计,并利用该程序对 20 世纪 90 年代 3 个时期的秦岭中段和鄂东

南地区土地利用类型的分维数进行了求算,并探讨土地利用类型的复杂性、稳定性及其变化趋势与分维值间的关系。在此基础上,进行土地利用分形特征的空间差异性分析。

1 研究区域概况

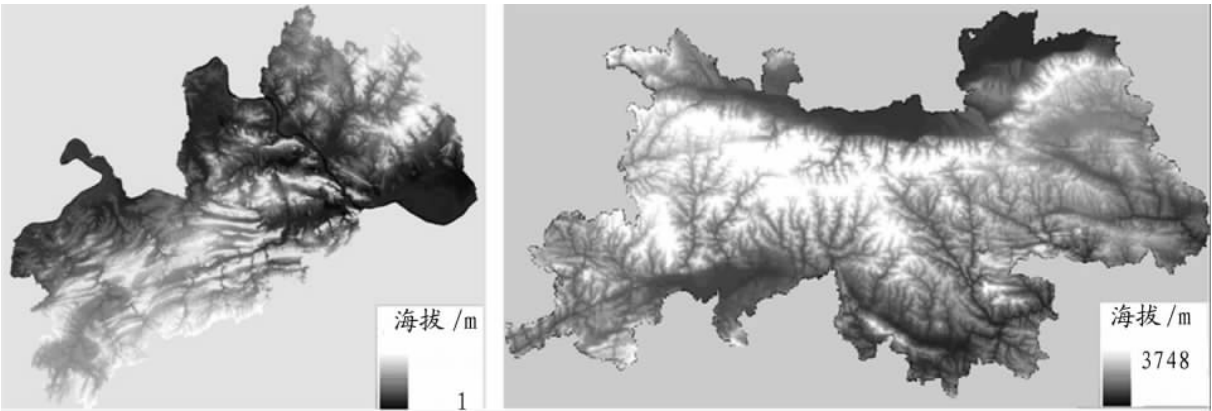
本文共选择了两个研究区域,即秦岭中段和鄂东南低山丘陵区。其中,秦岭中段是指秦岭山脉位于陕西省境内的部分,其地理范围介于 32°50′~34°30′N、105°30′~110°E 之间,面积约 3~4 万 km²。地势北陡南缓,平均海拔在 2000 m 以上,70%以上的山地海拔在 500~2500 m 之间(图 1)。植被类型^[6]主要有落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌丛、草甸和人工落叶松林,不过在部分海拔 1000 m 以下的区域,植被的人为破坏现象极为严重,有林地多为多代天然萌生林;海拔 1000 m 以上,虽人为干扰较小,但只有太白山自然保护区保存有较为完好的原生植被类型,其他多为伐后的天然次生林或人工林。此外,由于秦岭的地势高,造成其南北坡的气候和植被景观差异明显:北坡多暖温带类型,年平均

收稿日期:2009-06; 修订日期:2009-10.

基金项目:国家自然科学基金项目(40601003);湖北省教育厅青年项目(Q200610002)。

作者简介:汪权方(1974-),女,安徽枞阳人,博士,副教授,主要从事土地遥感研究。E-mail: wangqf@hubu.edu.cn

通讯作者:王倩,主要从事 GIS 二次开发和图像分类算法研究。E-mail: wangq306@163.com



(a) 鄂东南低山丘陵区 (b) 秦岭中段地区

图 1 基于 SRTM 90m Elevation Imagery 的研究区地势图

Fig.1 Elevation map of the study regions derived from the SRTM 90m Elevation Imagery
(a. Hilly southeastern Hubei Province, China; b. Middle Qinling Mountains in Shaanxi Province, China)

气温 6~8℃;南坡则多北亚热带常绿阔叶的成分,年平均气温 9~13℃。

本文的另一个研究区域是位于湖北省东南部的鄂东南低山丘陵区。该地区处于北亚热带和中亚热带北段之间,是长江沿线样带具有较强代表性的典型生态类型区,也是湖北省内一个典型的人多地少的农业区。地形以平原、丘陵为主,地势南高北低,大部分海拔 200~800 m,南缘幕阜山的平均海拔 1000m 左右(图 2)。气候属于典型的亚热带季风气候,年降水量 1200~1500 mm,但多集中于春、夏两季。植被类型较多而且生长繁茂,地带性典型植被为亚热带常绿阔叶林,其他还有亚热带山地针叶林、竹林,常绿阔叶与落叶阔叶混交林,落叶阔叶林,亚热带灌草丛等;栽培植被中粮食作物以水稻为主,小麦次之,经济作物以苧麻为大宗;除山地外,以一年二熟类型为主^[7]。此外,由于深受复杂多变的季风气候与支离破碎的地貌形态的影响,该区既是水旱灾害的频发区,也是水旱灾害承灾能力的脆弱区。

2 研究方法与程序设计

2.1 数据预处理

数据来源于中国环境资源数据库中 1990 年、1995 年和 2000 年一共三期土地利用矢量数据。为了满足本文所研究的土地利用类型须具有足够的斑块面积和分布密度的需要,同时结合区域实际情况,将研究区域的 25 种土地利用二级类合并为水田、旱地、林地、草地、水域、居民点及工矿用地(简

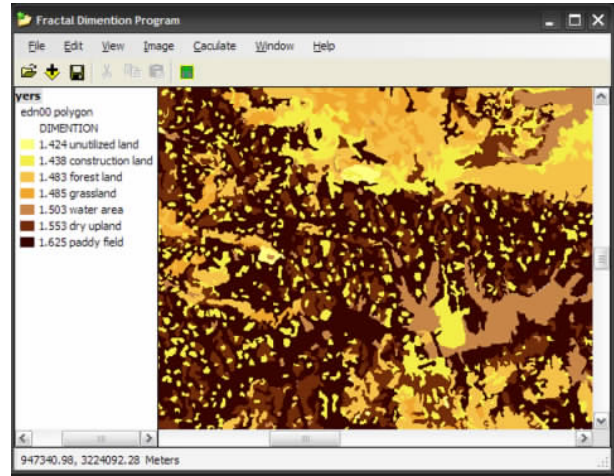


图 2 用户界面以及基于分维数的专题地图显示
Fig.2 Main interface of the program and thematic map based on fractal dimension value of per polygon

称建设用地,下同)、未利用土地等七个一级类。然后在 ArcGIS 软件的支持下,对研究区上述三期土地利用数据进行整理和属性更新。

2.2 土地利用类型的分形维数计算公式

目前分形理论仍处于起步阶段,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维公式^[1,8]。根据 Mandelbrot 在研究动物脑褶分形结构时提出的表面积 $S(r)$ 与体积 $V(r)$

的关系公式^[9]: $S(r)^{\frac{1}{D}} \sim V(r)^{\frac{1}{3}}$ (1)

董连科^[10]用物理量纲分析方法对其进行推导,得出了适用于 n 维欧氏空间的分维公式:

$$S(r)^{\frac{1}{D-1}}=K \times r^{\frac{n-1-D}{D-1}} \times V(r)^{\frac{1}{n}} \tag{2}$$

公式(2)中,若令 $n=2$,则可得到二维欧氏空间面积与周长的分维公式。再令 $A(r)$ 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(3)式:

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

通过取自然对数,公式(3)可变换为:

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

(4)式即为本文计算土地利用类型时所使用的“周长—面积”分维公式,并且式中的 $A(r)$ 为某一土地利用类型的图斑面积, $P(r)$ 为同一图斑周长, D 为分维, C 为待定常数。 D 值的大小反应了地类斑块的复杂性和稳定性: D 越大表明空间上的镶嵌结构越复杂;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^[11]。换言之,就是 D 值越趋近 1.5 这一临界值,表示地类斑块的空间结构越不稳定,据此可定义一个稳定性指数^[12]:

$$S=|1.5-D| \tag{5}$$

式中: S 表示土地类型在形态复杂状态下的一种稳定性, S 值越大,该土地类型空间结构越稳定。

2.3 矢量分形维数计算程序设计

如何简单、快速、准确计算图斑的分维值历来备受关注。从现有的计算方法和程序来看,大多是针对栅格图像,例如 Asvestas、张志、黄小葳、彭瑞东、杨书申等人分别通过 VB 或 Matlab 等进行编程实现二维数字图像分形维数的计算程序^[3-5,13-14],杨彦从等则针对三维数字图像设计了一个分形维数的计算软件^[15];赵晓东等在 GIS 平台下基于空间数据模型,利用通用 COM 技术设计和开发了分形维数计算系统^[16];文献[17-21]则直接利用 EXCEL 或 SPSS 等软件来进行分形维数的计算,但上述方法在处理大批量矢量数据时,计算速度非常慢或者只能在当前环境下运行,不具备可移植性。Visual C# 是 Visual Studio.NET 开发工具中的核心开发语言,它从 C 和 C++演变而来,是一种简单、现代、类型安全、面向对象和高度兼容性的语言,具有 VC++的强大功能、VB 的高效性和 Java 的简洁性。使用 Visual Studio.NET 可以大大简化 Windows Forms 应用程序的编写,减少了界面框架的编写时间,而且基于 .NET 平台的程序具有良好的可扩展性和可移植性^[22-28]。因此为了高效、快速地进行矢量分形维数的计算,更为了将来在此基础上进行更多分析模型库

研究和开发,利用这一可视化编程工具 Visual C#,完成基于 Windows 平台的分维数计算程序设计。

2.3.1 程序开发运行环境:

本程序的开发环境是:Windows XP 版本操作系统,和 Microsoft Visual Studio 2005 开发包;运行环境为 Intel Pentium 4 以上,Windows XP 版本操作系统和 .NET Framework 2.0。

2.3.2 程序设计的关键步骤

①新建一个 Visual C# 的 Form 窗体。②通过选择“视图”菜单下工具箱选项,在“所有 Windows 窗体”中选择需要的控件,双击该控件添加到 Form 窗体上或者将其选中拖放到 Form 窗体上,Visual Studio.NET 即可自动生成相应的可互操作性代码。③设置属性。上步创建了一个带有所需要控件的名为 Form 的窗体,根据数据需要对窗体和控件属性进行设置,操作如下:在窗体或控件上任意位置点击,选中要设置属性的窗体或控件,通过“视图”菜单下属性窗口可以浏览该窗体当前的各项属性,可以进行相应设置。④部署完毕,添加相应事件处理代码。⑤后期处理。

2.3.3 程序主要功能

本程序不仅具有分形维数计算功能,还能够进行图形显示和保存、数据回归分析、基于图斑分维值等属性信息的专题地图制作等功能。为了操作方便,本分形维数计算程序提供非常友好的用户界面(图 2),包括菜单栏、工具栏和操作控制面板,其中在菜单栏上有文件、编辑、视图、图像、计算、窗口和帮助等菜单项,工具栏上有打开、保存、剪切、复制、粘贴、计算分维等工具按钮。

图 3 是点击图 2 中的 Calculate 按钮后即可出现的分形维数计算界面,该界面的主要功能和操作方法如下:

- (1)面积读取。点击程序界面上的读取面积按钮,即可从属性表中自动将需要计算的面积读取出来,并相应的进行对数转换,在相对应的文本框中显示。
- (2)周长读取。同 1 步,读取与面积对应的同类型图斑周长数据。
- (3)分形维数计算。点击此按钮,即可进行相应的分形维数,常数及相关系数计算,计算结果显示在相应 label 下的文本框中。
- (4)写入功能。计算完毕需要将计算结果写入属性表中。

(5)清除按钮。清除文本框中内容,以便进行下一组数据的读入。

(6)排序功能。点击此按钮可对属性表(图 4)中包括分维数在内的各字段进行排序以便进行相关的比较分析。

(7)退出程序。重复 1 到 4 直所需数据计算完毕即可点击此按钮退出程序。

3 矢量分形维数计算程序的效果检验

为验证本程序计算矢量分形维数的准确性和可靠性,笔者以《现代地理学中的数学方法》^[29]一书中所提供的景观类型数据为源数据,对各类景观的分形维数进行了计算,结果显示应用本文设计的分形维数计算程序所得到的分维值为 1.328872288,与书中所载明的 1.329 相比误差很小。因此可以利用该程序来进行矢量分形维数的计算。

4 矢量分形维数计算程序的应用

4.1 同一区域不同土地利用类型的分形特征分析

4.1.1 鄂东南地区各类用地的分形特征分析

分维值表征了不同土地利用类型在斑块水平上的分形特征,其值大小能够体现土地利用类型图形的复杂性、变化的稳定性及其变化趋势,以及所受人类活动干扰强度的差异性^[2]。一般来说自然性强的地类,斑块形状比较复杂且无序,分维数 D 值较高;人为干扰强的地类,斑块形状比较规则且简单,分维数 D 值较小。

表 1 是应用本程序对鄂东南地区三期各类用地的分形维数进行计算所得到的结果。从中可以看出,在整个 20 世纪 90 年代,鄂东南地区各种土地利用类型的分维值都保持“水田>旱地>水域>草地>林地>居民点及工矿用地>未利用土地”的顺序关系,而稳定性指数则为“水田>未利用土地>居民点

及工矿用地>旱地>林地>草地>水域”。这说明在鄂东南地区,水田的边界形状最为复杂、同时也最为稳定。其原因主要在于鄂东南地区地貌形态以低山丘陵为主,同时平行岭谷相间、山丘盆地交错、地形复杂的地貌特征非常突出,从而造成该地区的水田边界复杂变动,其分形维数也因此偏大。就地类的稳定性来说,该地区的水田主要用于水稻的种植,而水稻又历来是该地区最主要的人工栽培植被,由此造成水田的稳定性也明显高于其他用地类型;其次是未利用土地,其稳定性指数高于除水田之外的

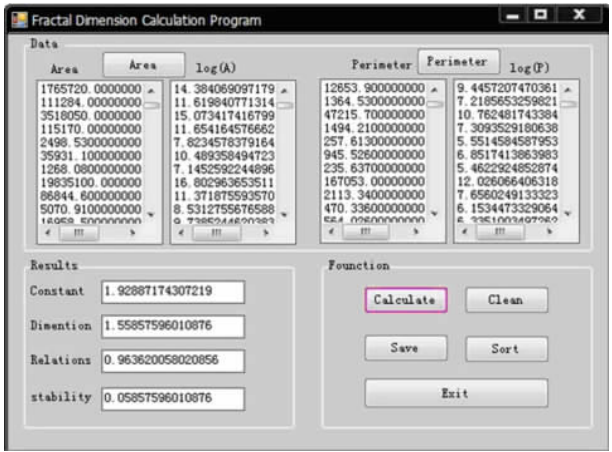


图 3 分形维数计算程序界面
Fig.3 Calculation interface of the fractal dimension

Attributes of edn00 polygon							
AREA	PERIMETER	SDNGO-0	SDNGO-ID	LS	DIMENSION	STABILITY_INDEX	
382892.09	3873.2062	7454	7453	6	1.424	0.078	
55610.438	378.2361	7455	7454	5	1.438	0.062	
180505.16	2756.542	7456	7455	5	1.438	0.062	
787140	7694.7993	7457	7456	11	1.625	0.125	
139030.41	2412.7229	7458	7457	12	1.553	0.053	
235358.5	2339.9988	7459	7458	2	1.483	0.017	
73371.656	1262.9619	7460	7459	2	1.483	0.017	
57519.375	1280.6097	7461	7460	5	1.438	0.062	
296106.91	4487.2773	7462	7461	5	1.438	0.062	
124277.69	8772.5042	7463	7462	12	1.553	0.053	
338155.94	2878.1501	7464	7463	5	1.438	0.062	
235552.03	2863.0339	7465	7464	4	1.438	0.03	
40309.656	804.38788	7466	7465	5	1.438	0.062	
24755.344	622.9762	7467	7466	5	1.438	0.062	
213457.5	2347.1668	7468	7467	11	1.625	0.125	
87229.406	1530.16	7469	7468	5	1.483	0.015	
324732.5	4338.9848	7470	7469	12	1.553	0.053	
32617.625	888.69276	7471	7470	5	1.438	0.062	
233318.03	2484.689	7472	7471	11	1.625	0.125	
393059.59	3893.8774	7473	7472	12	1.553	0.053	

图 4 包括分维数等计算结果在内的矢量数据属性表
Fig.4 Results interface of the fractal dimension calculation

表 1 鄂东南地区 20 世纪 90 年代各类用地的分形特征值

Tab.1 Fractal dimension in the southeast of Hubei province in 1990s

	2000a			1995a			1990a		
	分形维数	相关系数	稳定性指数	分形维数	相关系数	稳定性指数	分形维数	相关系数	稳定性指数
水田	1.625	0.978	0.125	1.612	0.976	0.112	1.622	0.977	0.122
旱地	1.553	0.967	0.053	1.553	0.966	0.053	1.550	0.967	0.050
林地	1.483	0.977	0.017	1.475	0.977	0.025	1.482	0.974	0.018
草地	1.485	0.970	0.015	1.488	0.971	0.012	1.488	0.968	0.012
水域	1.503	0.975	0.003	1.493	0.975	0.007	1.502	0.973	0.002
建设用地	1.438	0.959	0.062	1.415	0.959	0.085	1.427	0.957	0.073
未利用土地	1.424	0.971	0.076	1.403	0.973	0.097	1.422	0.974	0.078

表 2 秦岭中段地区 20 世纪 90 年代各类用地的分形维数
Tab.2 Fractal dimension in the middle Qinling mountains in the 1990s

	2000 年			1995 年			1990 年		
	分形维数	相关系数	稳定性指数	分形维数	相关系数	稳定性指数	分形维数	相关系数	稳定性指数
水田	1.656	0.964	0.156	1.622	0.961	0.122	1.657	0.964	0.157
旱地	1.609	0.967	0.109	1.605	0.967	0.105	1.608	0.967	0.108
林地	1.474	0.972	0.036	1.478	0.973	0.022	1.473	0.972	0.027
草地	1.559	0.964	0.059	1.544	0.962	0.044	1.557	0.963	0.057
水域	1.492	0.945	0.008	1.480	0.946	0.020	1.494	0.948	0.006
建设用地	1.285	0.968	0.215	1.245	0.965	0.255	1.301	0.967	0.191
未利用土地	1.676	0.971	0.176	1.657	0.967	0.157	1.676	0.971	0.176

其他用地。不过从分维数值来看,鄂东南地区未利用土地的分形维数则最小,其主要原因在于鄂东南地区是湖北省内经济不发达、“人多地少”矛盾非常突出的传统农业耕作区,区内现有的未利用土地都属于难以再被利用但其空间分布形态又受人为影响较大,所以该类用地的稳定性较高而分形维数则最低。

4.1.2 秦岭中段各类用地的分形特征分析

从秦岭中段三期各类用地的分形维数计算结果(表 2)来看,均表现出“未利用土地>水田>旱地>草地>水域>林地>居民点及工矿用地”的顺序关系,而稳定性指数则为“居民点及工矿用地>未利用土地>水田>旱地>草地>林地>水域”。这说明在秦岭中段地区未利用土地的图斑较为零碎、复杂程度高,并且由于该地区的地势起伏大,地貌形态以起伏度超过 200 m 的山地为主(面积比约 74.8%),其中 65%以上的山地海拔超过 1000 m,从而造成该地区现有的未利用地难以再被开发利用,其分形维数和稳定性程度都相对较高;居民点及工矿用地的分形维数最低,其主要原因在于秦岭中段的地势起伏度大,居民点及工矿用地受地形条件的限制和人为影响较大,从而导致该类用地较少、分形维数最小而稳定性程度最大。

4.2 不同地区间同一土地利用类型的分形特征分析

对比表 1 和表 2 可以看出,同一土地利用类型在不同区域存在一定的分形特征差异,但水田、旱田、林地、草地和水域在两区域的差异性较小,建设用地和未利用土地则无论是分形维数还是在稳定性程度方面都表现出明显的地域差异性。

4.2.1 建设用地分形特征的区域差异分析

从表 3 可知,秦岭中段的区域面积约为鄂东南的 2.27 倍,然而其建设用地所占比例仅约为 1.6%(2000 年),远小于鄂东南地区。从分维值来看,秦岭中段地区在 1.3 左右,远离临界值 1.5,这说明该地

表 3 2000 年建设用地在秦岭中段和鄂东南地区所占的比例
Tab.3 Construction land in the middle Qinling Mountains and the southeast of Hubei Province in China (2000)

	建设用地 面积/km ²	总的研究 区域面积/km ²	占区域总面积 的百分比/%
秦岭中段	1178.91	74578.65	1.581
鄂东南	1471.37	32829.43	4.482

区的建设用地稳定度较高,其原因主要在于该地区山地多、地势起伏较大、交通非常不发达等,从而导致其宜居性较差,可被利用作居民用地的土地利用类型很难再被扩展。因此,相比之下,地处长江中游的鄂东南地区虽然国土面积较秦岭地区小,但建设用地却占其总面积的 4.0%以上,并且其宜居性也较高,因此该地区建设用地的稳定程度要低于秦岭中段地区。

4.2.2 未利用土地分形特征的区域差异分析

鄂东南地区未利用土地的稳定性较高(仅次于水田)、分形维数最小;而在秦岭中段地区,虽然未利用土地的稳定性也较高(仅次于建设用地),但其分形维数最大。造成这一差异的原因主要在于鄂东南地区未利用土地分布较为零碎,且现有的未利用土地受人为影响较大,边界相对接近规则,所以分形维数最低;而秦岭中段地区因地势起伏较大,未利用土地图斑零散,受人为影响较弱,复杂程度高,从而使得该区未利用土地分形维数最高。不过,两区域中现有的未利用土地都难以再被利用,潜在运动趋势较弱,所以稳定性在两区域都较高。

5 结论与讨论

(1)利用可视化编程工具 Visual C# 设计的、基于 Windows 平台的矢量分形维数计算程序是一种方便、实用而且精确的分维数计算方法,可以比较准确地计算基于矢量数据的图斑分形维数,并且在处理大批量矢量数据时速度优势非常显著。

(2)利用本程序不仅可直接向矢量数据的原始属性表中添加分维数和稳定性指数等相关信息,而且还可以专题地图的形式展示各类分形指标,从而有助于用户探讨研究区域内各类用地的分形指数空间分布特征。

(3)从 1990–2000 年一共三期各类土地利用类型的稳定性指数来看,在秦岭中段地区表现为:居民点及工矿用地>未利用土地>水田>旱地>草地>林地>水域,而鄂东南地区则表现为:水田>未利用土地>居民点及工矿用地>旱地>林地>草地>水域,这说明在上述两个地区,林地、水域、草地的稳定性都相对较差,它们的潜在变化趋势也较大。

(4)从各类用地在秦岭中段和鄂东南地区之间的分形特征区域差异性来看,水田、旱田、林地、草地和水域等 5 类用地的区域差异较小,而建设用地和未利用土地在分形维数和稳定性程度方面都表现出明显的地域差异性。这主要是由于这两个地区的自然条件(尤其是地形地势)差异以及宜居程度不同所导致的。

(5)本文的不足之处主要在于所设计的分形维数计算程序仅能处理矢量数据,而事实上栅格数据也是目前常用的数据类型之一。如何解决这一问题,还有待今后作进一步的探讨。

参考文献

- [1] 刘纯平,陈宁强,夏德深,等.土地利用类型的分数维分析.遥感学报,2003,7(2):136–141.
- [2] 沈中原,李占斌,武金慧,等.基于 GIS 的流域土地利用/土地覆被分形特征.农业工程学报,2008,24(6):63–68.
- [3] 黄小葳.分形维数计算程序的设计及其应用.北京联合大学学报:自然版,2004,18(4):32–36.
- [4] 彭瑞东,谢和平,鞠杨,等.二维数字图像分形维数的计算方法.中国矿业大学学报,2004,33(1):19–24.
- [5] 张志,董福安,伍有利,等.二维灰度图像的分形维数计算.计算机应用,2005,25(15):2853–2587.
- [6] Wang Q F, Xiao L, Li J Y, et al. Land cover classification in Qinling Mountains in China, using time-series MODIS NDVI data. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008, 4(1): 766–769.
- [7] 王映明.湖北植被区划(下).武汉植物学研究.1985,3(2):165–174.
- [8] Falconer K J. Fractal Geometry, Mathematical Foundations and Applications. Wiley, 1990.
- [9] Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W H Freeman, 1982.
- [10] 董连科.分形理论及应用.沈阳:辽宁科学出版社,1991.
- [11] 赵永平,王一谋.图形分形利用在沙漠化定量研究中的应用.中国沙漠,1995,15(2):175–180.
- [12] 徐建华,艾南山,金炯,等.西北干旱区景观要素镶嵌结构的分形研究:以黑河流域为例.干旱区研究,2001,18(1):36–39.
- [13] 杨书申,邵龙义. MATLAB 环境下图像分形维数的计算.中国矿业大学学报,2006,35(4):478–482.
- [14] Asvestas P, Matsopoulos G K, Nikita K S. Estimation of fractal dimension of images using a fixed mass approach. Pattern Recognition Letters, 1999, 20(3): 347–354.
- [15] 杨彦从,彭瑞东,周宏伟.三维空间数字图像的分形维数计算方法.中国矿业大学学报,2009,38(2):251–258.
- [16] 赵晓东. GIS 平台下分形维数计算的设计开发和应用.测绘科学,2008,33(3):171–172.
- [17] 贾文臣,贾香云,李福印,等.威海市土地利用分形特征动态变化.地理科学进展,2009,28(2):193–198.
- [18] 李义玲,乔木,杨小林,等.干旱区典型流域近 30 年土地利用/土地覆被变化的分形特征分析:以玛纳斯河流域为例.干旱区地理,2008,31(1):75–81.
- [19] 宋博,马建华,秦艳培.土地利用与土地覆被变化的分形分析:以郑汴间沙岗地为例.地域研究与开发,2004,23(3):106–108,122.
- [20] 邵怀勇,仙巍,马泽忠,等.土地利用/土地覆被镶嵌体的分形结构模型分析.水土保持学报,2004,18(5):155–158.
- [21] 张世熔,龚国淑,邓良基,等.川西丘陵区景观空间格局分析.生态学报,2003,23(2):380–386.
- [22] James W C. C# design patterns: A Tutorial. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [23] Christian Holm, Bernhard Spuida. Dissecting a C# Application inside Sharp Development. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [24] Derek Beyer. C# COM+ Programming. Beijing: China Water Power Press, 2002.
- [25] Christian Nagel, Bill Evjen, Jay Glynn. Professional C#2005. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [26] Karli Watson, Christian Nage. Beginning Visual C#2005. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [27] Benny Johansen, Matthew Reynolds. Developing C# Windows Software. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [28] Jesse Liberty. Programming C#. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007.
- [29] 徐建华.现代地理学中的数学方法.北京:高等教育出版社,2004.

Programming on Calculating Fractal Dimension of Land Use Types for 2D Vector Data

WANG Quanfang¹, WANG Qian¹, ZHANG Qipeng², MEI Xin¹

(1. Faculty of Resources and Environmental Science Hubei University, Wuhan 430062, China;

2. College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Nowadays the fractal dimension is often calculated on raster data, but most of existing land-use data is stored as vector data in fact. If these vector data are converted to images to calculate fractal dimension, perhaps some pixels with inaccurate grey values will be resulted from the “GRID” structure of raster data. The precision calculated on raster data is closely related to the size of pixel and grid image. In this paper, a computation program for the fractal dimension of 2D vector data based on Windows platform has been designed by using Visual C sharp. Now the program has been successfully applied to land-use data of the middle Qinling Mountains and the southeast of Hubei Province in China. The results show that the program is a convenient, reliable and precise method for the fractal dimension of 2D vector data. The land use and land cover types arranged in the descending order of their average stability indices are as follows. 1) The fractal dimensions of the middle Qinling Mountains are in the order of construction land > unutilized land > paddy field > dry upland > grassland > forestland > water area in 1990, 1995 and 2000. 2) The fractal dimensions of the southeast of Hubei Province in China are in the order of paddy field > unutilized land > construction land > dry upland > forestland > grassland > water area in 1990, 1995 and 2000. In a word, forestland, water area and grassland have poorer stability and higher possibility of changes in the two study areas.

Key words: vector data; land use types; fractal dimension

本文引用格式:

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. 地理科学进展, 2010, 29(3): 259–265.