

土地利用类型分维数及稳定性研究

——以陕西省蒲城县为例

秦占飞, 常庆瑞

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以陕西省蒲城县土地利用空间数据库为基础, 应用 GIS 技术及分形理论对土地利用类型的分形及稳定性进行了分析研究。将土地利用类型划分为 6 类: 耕地、园地、林地、草地、工矿居民地和其他用地, 并进行各土地利用类型图斑分形维数分析。结果表明, 土地利用类型的分布具有分形结构, 各土地利用类型分维数(D)介于 1.344~1.522。根据分维数对各土地利用类型稳定性排序: 林地>工矿居民地>其他用地>耕地>草地>园地。复杂的地貌类型对土地利用类型分维数有重要影响, 分维数能较好地反映各土地利用类型复杂程度及稳定性, 表明分维数成为土地利用类型结构相关研究的有用指标。

关键词: 分形理论; 分维数; 土地利用类型

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)01-0115-04

中图分类号: F301.24

A Study on Fractal Dimension and Stability of Landuse Types

— A Case Study of Pucheng County, Shaanxi Province

QIN Zhan-fei, CHANG Qing-rui

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the spatial landuse database of Pucheng County in Shaanxi Province, fractal dimension and stability of landuse types are studied by using GIS technology and fractal theory. The landuse is classified into 6 types: cropland, garden plot, woodland, grassland, industrial and residential areas, and other lands. The fractal dimension for the patches of the landuse types is analyzed. Results showed that all the landuse types have fractal characteristics and the fractal dimension(D) values vary from 1.344 to 1.522. In terms of the landuse stability given by the fractal dimension, the order of the landuse types from high to low is woodland, industrial and residential areas, other lands, cropland, grassland, and garden plot. Complicated geomorphic type is of importance to the fractal dimension of landuse type and the fractal dimension values may better indicate landuse structure and stability. Fractal dimension can be used as an effective index in the researches on landuse structure in Pucheng County.

Keywords: fractal theory; fractal dimension; landuse type

土地利用是人类根据土地的自然特点,按一定的社会、经济目的而进行的一系列生物和技术活动,是土地在人类活动干预下进行自然再生产和经济再生产的复杂过程,集中体现了人地关系的特征、属性及作用机制。因此,土地利用类型研究是全球变化研究的前沿和热点课题^[1]。

分形理论由 Mandelbrot^[2-4]创立于 20 世纪 60—70 年代,是一种跨自然科学、社会科学和思维科学的新理论。它相对于欧式几何更适于描述大自然中复杂的真实物体,已被广泛应用于包括地理学、土壤学

等在内的众多学科领域^[5-18]。孙栋元等^[19]基于分维模型对台兰河流域土地利用变化进行了研究,指出分维数是面积、斑块数量和平均斑块面积等单项指标有机结合的综合表现,是综合表征土地利用变化空间格局的定量指标。沈非等^[20]对苏州市土地利用类型分维数和稳定性指数进行了分析,结果表明苏州市土地利用结构不够稳定,土地利用形态趋于复杂化。由于土地利用类型是土地资源在自然和人类活动双重作用下的产物,具有不规则性、高度复杂性及相对不稳定性等分形特征,因此,可以使用分形方法对其进行

收稿日期:2011-03-29

修回日期:2011-05-23

资助项目:陕西省土肥站项目“陕西省耕地地力评价”(30872073)

作者简介:秦占飞(1985—),男(汉族),河北省正定县人,在读硕士,主要从事资源环境监测与评价研究。E-mail:zhanfeiqin@163.com。

通信作者:常庆瑞(1959—),男(汉族),陕西省子洲县人,教授,博士生导师,主要从事资源环境和 3S 技术应用研究。E-mail:changqr@nwsuaf.edu.cn。

研究。本文运用分形理论,以 GIS 为技术手段,基于 ArcGIS 9.3 平台对蒲城县土地利用现状图进行处理,并通过 Excel 软件分析土地利用类型复杂性及其与分维数、稳定性指数之间的关系。

1 研究区概况

蒲城县地处陕西省关中平原东北部,位于东经 109°21'17"—109°54'49",北纬 34°44'50"—35°10'30",属关中平原到黄土高原的过渡地带。东接澄城、大荔,西连富平、铜川,南临渭南,北依白水,东西长 52.8 km,南北宽 47.0 km,面积 1 585.21 km²。全县地势西北高,东南低,海拔范围 350~1 300 m,地貌从北往南依次有低山丘陵、山前洪积扇裙、黄土台塬和洛河阶地 4 个类型。属于温带大陆性季风气候,四季分明,日照充足,平均气温 13.2 °C,降水量 541.7 mm,日照时间 2 282.4 h,无霜期 180~220 d。主要土地利用类型为耕地和园地。

2 资料与方法

2.1 数据来源及土地利用类型确定

以 2010 年蒲城县 1:50 000 土地利用现状图为主要数据源(附图 5),并结合研究区地貌类型图以及 DEM 等基础地理资料,在 ArcGIS 9.3 软件支持下,按照国家级土地利用类型分类系统,结合蒲城县土地资源性质和特点,将研究区重新合并划分为耕地、园地、林地、草地、工矿居民地和其他用地 6 种土地利用类型。

2.2 研究方法

目前,斑块分维数的估算大多借助斑块面积和周长之间的关系来实现。对于不同土地利用类型,可用分维数进行定量化表示为:

$$\ln(A) = \frac{2}{D} \ln(P) + C \quad (1)$$

式中: A ——斑块面积; P ——斑块周长; C ——常数; D ——二维欧氏空间的分维数。对于任何一种土地利用类型,通过测算一系列斑块的面积和周长数据,就可以将对应的 $\ln(A)$ 和 $\ln(P)$ 通过线性回归分析拟合出一条关于二者关系的直线。根据这个回归模型可得回归系数 $2/D$,即求出了该土地利用类型的分维数 D 。

从分维数的空间几何意义来看, D 值反映某种土地利用类型边界的曲折性,它的大小反应了该类型斑块的复杂性和稳定性。 D 的理论值范围为 1.0~2.0, D 值越大表明该类型的结构越复杂,边界越不规则,反之亦然。

Mandelbrot^[4]认为布朗运动的线—线函数的分维数是 1.50。当 $D=1.50$ 时,表示该类型处于一种类似于布朗运动的随机状态,即最不稳定状态。 D 值越接近 1.50,表示该类型越不稳定。由此定义各类土地利用类型的稳定性指数:

$$S = |1.50 - D| \quad (2)$$

式中: S ——土地利用类型的稳定性指数,理论值为 0~0.5, S 值越大,表明该土地利用类型越稳定,反之亦然。

3 结果与分析

利用 ArcGIS 9.3 软件精确计算出不同土地利用类型的斑块数、斑块周长及面积(表 1),并以此为基础,进行线性回归分析,基于公式(1)和(2)计算出各种土地利用类型的分维数及稳定性指数(表 2)。

表 1 不同土地利用类型的面积和周长

土地利用类型	斑块数	总周长/ km	总面积/ km ²	平均斑块 面积/km ²	占总面积/ %
耕地	234	4 752.02	1 019.80	4.36	64.33
园地	421	2 308.82	273.00	0.65	17.22
林地	69	308.23	34.71	0.50	2.19
草地	120	1 136.14	78.49	0.65	4.95
其他用地	195	401.23	19.89	0.10	1.25
工矿居民地	1 388	2 352.87	159.32	0.11	10.05

3.1 土地利用状况分析

从附图 5 及表 1 可以看出,研究区主要土地利用类型为耕地,成片分布于整个研究区中,耕地斑块面积最大,占到蒲城县总面积的 64.33%;园地面积次之,主要分布在中北部地区以及县城以南的黄土台塬区,以北部低山丘陵区最多;工矿居民地面积占第 3 位,其斑块数量最多,但平均斑块面积较小,形状规整,大多建在平原、川地的良田上,其中南部和中部居民点密集,面积大,北部零星分布,面积小;草地主要分布在北部低山丘陵区,山坡、沟坡、以及洛河流域沟壑地带,斑块边界极不规则;林地斑块数量最少,面积只占全县总面积的 2.19%,主要分布在西北角的低山丘陵的沟坡上和东部洛河沟壑地带。

3.2 分维数和稳定性分析

从表 2 可以看出各土地利用类型斑块面积和周长之间具有很高的相关性,拟合优度 R^2 均在 0.85 以上,说明它们具有统计意义上的自相关性,是一种随机分形结构。 F 检验值也远远大于显著性检验,说明土地利用类型面积与周长之间的线性关系显著。根据不同土地利用类型各斑块的面积、周长数据,在

Excel 中绘制双对数散点图(图 1),所有拟合曲线也表明基于自然条件的在人类活动影响下逐步形成的

土地利用类型的分布具有分形结构。因此,应用分形方法分析土地利用类型是合理的。

表 2 不同土地利用类型分维数和稳定性指数

土地利用类型	周长—面积关系式	R^2	F 检验值	显著性检验	分维数	稳定性指数
耕地	$\ln(A)=1.361\ln(P)+1.188$	0.938	3 531.70	3.88	1.470	0.030
园地	$\ln(A)=1.348\ln(P)+1.460$	0.950	8 109.84	3.86	1.484	0.016
林地	$\ln(A)=1.488\ln(P)+0.074$	0.906	648.19	3.98	1.344	0.156
草地	$\ln(A)=1.314\ln(P)+1.092$	0.906	1 149.62	3.92	1.522	0.022
其他用地	$\ln(A)=1.470\ln(P)-0.183$	0.899	1 713.17	3.89	1.361	0.139
工矿居民地	$\ln(A)=1.473\ln(P)+0.419$	0.907	13 558.76	3.85	1.358	0.142

注: R^2 为决定系数; A 为斑块面积; P 为斑块周长。

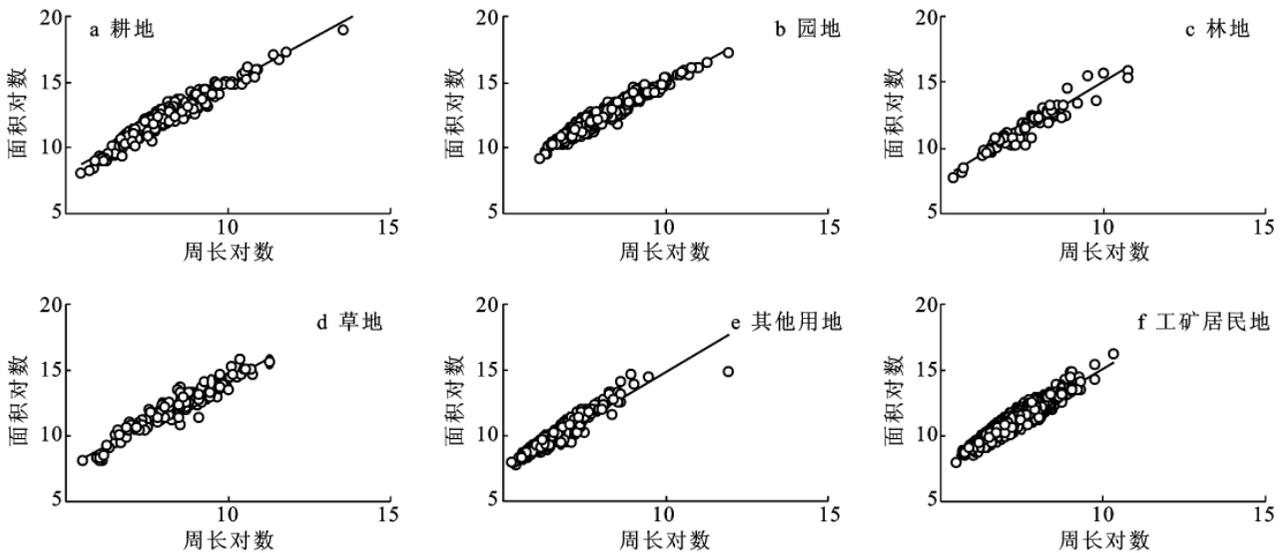


图 1 各土地利用类型斑块周长—面积对数散点图

通过比较表 2 中分维数 D 及稳定性指数 S 可知,蒲城县土地利用类型分维数的大小依次为草地>园地>耕地>其他用地>工矿居民地>林地;稳定性指数大小依次为林地>工矿居民地>其他用地>耕地>草地>园地。根据分形理论,对蒲城县不同土地利用类型的分维数与稳定性分析如下:

(1) 耕地。从表 2 可以看出,耕地的分维数 D 为 1.470,分维数较大,表明耕地类型结构较复杂。耕地的稳定性指数为 0.030,是所有土地利用类型中较不稳定的类型。这说明耕地利用类型在人为因素的影响下趋于复杂化、不稳定化。由于近些年经济的快速发展,农村城镇化进程加快,新的农村居民地建立,城镇及交用地不断扩张等都建立在耕地面积不断减少的基础上,使得耕地的形态遭到破坏,稳定性降低。

(2) 园地。园地的分维数为 1.484,比耕地略大,园地大多分布在北部低山丘陵区,所处的地貌类型复杂,斑块边界较不规则,结构较复杂。园地的稳定性

指数最小,表明园地的结构最不稳定。研究区园地与耕地交错分布,在一定程度上有转化为耕地的趋势。

(3) 工矿居民地。从附图 5 及表 1 中可以看出,这种土地类型的斑块数量最多,说明其图形比较细碎,星罗棋布地分布于整个区域,以南部平原区和中部黄土台塬区最多。分维数为 1.358,分维数较低,表明该类型结构简单,自我相似性强,易受人类活动的影响。实际上,随着经济的发展,城乡规划得到了重视,城建用地布局趋向合理化,其扩展后的形态比较规则,因而其分维数较小。稳定性较高是因为工矿居民地的自身特性影响,其建设耗时耗力,考虑其建设成本,不会在短时间内拆除或改建。

(4) 林地。林地的分维数为 1.344,与土地利用类型临界值 1.50 相差最大,表明林地所有土地利用类型中稳定性最高。林地主要分布在低山丘陵的沟坡上和洛河沟壑地带,开发利用难度较大,和其他类型间的相互转化率低,决定了其具有较高的稳定性。蒲

城县林地多为人工林和次生林,由于受人类影响较大,因此,林地类型的结构较简单,边界形状极其规则。

(5) 草地。蒲城县草地多为荒草地,大多分布在低山丘陵区的山坡、沟坡及洛河流域沟壑地带,其所处的独特的地貌形态,决定了其边界形状最不规则,因此草地的分维数最大,形态结构最为复杂。其稳定性指数仅为 0.022,稳定性较低。这是因为近些年环境逐渐恶化,人类过度放牧导致土壤沙漠化严重,在政府改善生态环境决策的引导下,植树造林活动逐渐开展,荒草地逐渐向灌木林或其他林地转化。

(6) 其他用地。主要包括滩涂、田坎等,所占面积最小,仅占蒲城县总面积的 1.25%。其他用地的分维数为 1.361,介于耕地和工矿居民地之间,稳定性也介于二者之间。

从整个研究区来看,所有土地利用类型的平均分维数为 1.423,接近随机运动临界值 1.50;稳定性指数均较低,分布在 0.1~0.3 的土地利用类型的面积仅占总面积的 13.49%,可见蒲城县土地利用总体并不稳定,这就要求在以后的土地利用规划时,要考虑其中的人为因素、措施的采取等,以使全县土地利用趋于合理化、科学化。

4 结论

(1) 通过对蒲城县各土地利用类型面积、周长资料的统计分形分析,说明各土地类型的分布具有分形结构,分维数能够较好地反映各土地利用类型的复杂程度及稳定性状况,为量度土地利用是否科学和合理提供了量化指标和参考。

(2) 地貌和人为因素对土地利用结构有较大影响,当区域地貌存在较大差异时,地貌是影响土地利用类型分维数和稳定性的主导因素,反之人为因素占主导地位。

(3) 本文探讨了土地利用类型分布的分形特征,但相关研究仍需继续深入,例如,利用不同时期的土地利用现状图,探讨某一区域土地利用动态变化的分形特征,不同区域土地利用分形结构的差异研究等。

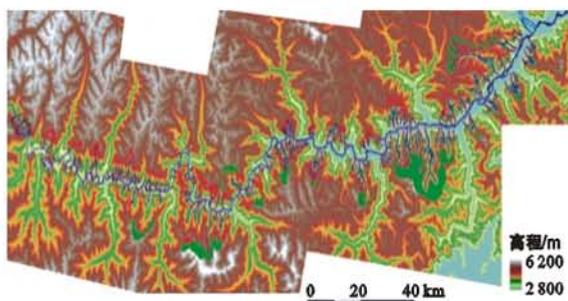
[参 考 文 献]

[1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.

[2] Mandelbrot B B. How long is the coast of Britain: Statistical self-similarity and fractional dimension [J]. Sci-

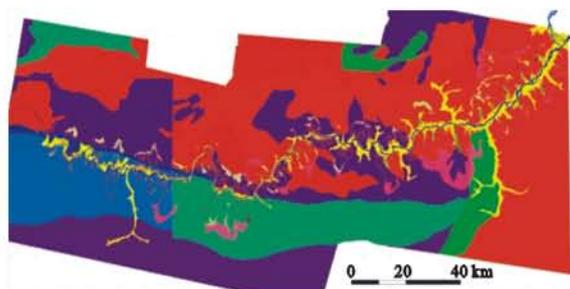
ence, 1967, 156(3775): 636-638.

- [3] Mandelbrot B B. Fractal: form chance and dimension [M]. San Francisco: Freeman, 1977: 14-27.
- [4] Mandelbrot B B. The fractal geometry of nature [M]. San Francisco: Freeman, 1982: 73-86.
- [5] 曾志远, 曹锦铎. 分数维几何学在地学和土壤制图学上的应用[J]. 土壤, 1991, 23(3): 117-122.
- [6] 王国梁, 周生路, 赵其国. 土壤颗粒的体积分形维数及其在土地利用中的应用[J]. 土壤学报, 2005, 42(4): 545-550.
- [7] 付刚, 刘增文, 崔芳芳. 黄土残塬沟壑区不同人工林土壤团粒分形维数与基本特性的关系[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(9): 101-107.
- [8] 刘毅, 李世清, 李生秀. 黄土高原不同生境土壤结构体分形维数研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(1): 86-92.
- [9] 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): 426-433.
- [10] 程先富, 史学正. 分形几何在土壤学中的应用及其展望[J]. 土壤, 2003, 35(6): 461-464.
- [11] 崔灵周, 李占斌, 郭彦彪, 等. 基于分形信息维数的流域地貌形态与侵蚀产沙关系[J]. 土壤学报, 2007, 44(2): 200-203.
- [12] 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研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 156-159.
- [13] 刘晓辉, 吕宪国, 董贵华. 分维模型在土地利用研究中的应用[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 765-769.
- [14] 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.
- [15] 鲁恒, 李永树, 何政伟. RS 与 GIS 在泸桥镇土地利用类型分形研究中的应用[J]. 测绘, 2009, 32(2): 87-90.
- [16] 李新东, 郭治兴, 邓南荣, 等. 土地利用类型的分维值和稳定性指数空间变异分析[J]. 生态环境, 2007, 16(2): 627-631.
- [17] 张丽, 杨庆媛, 冯应斌. 基于分形理论的区域土地利用类型探讨: 以重庆市沙坪坝区为例[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(8): 137-141.
- [18] 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[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 36-39.
- [19] 孙栋元, 赵成义, 魏恒, 等. 基于分维模型的台兰河流域土地利用变化研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(2): 218-222.
- [20] 沈非, 查良松, 李军利, 等. 基于分维数和稳定性指数的苏州市土地利用类型变化分析[J]. 土壤, 2007, 39(6): 958-963.



- 泥石流沟道线
- 泥石流流域范围
- 主干水系
- 崩塌滑坡物源
- 寒冻弱风化物源
- 寒冻强风化物源
- 沟道物源

附图1 雅鲁藏布江林芝—加查段沿线泥石流沟及源地物源分布(以DEM为底图)

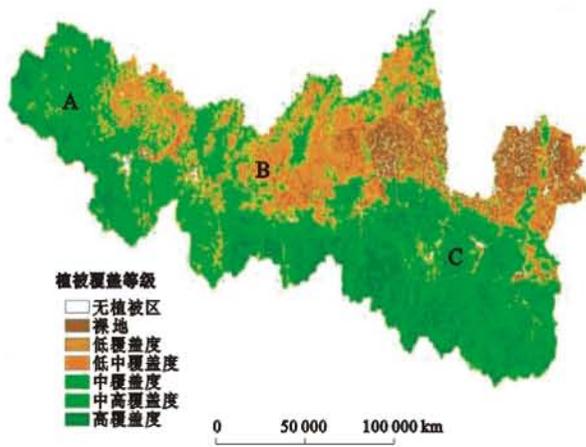


- 主干水系
- 千枚岩
- 千枚岩与石英砂岩
- 沟道堆积物源
- 郎县混杂岩
- 片麻岩
- 泥石流流域范围
- 寒冻弱风化物源
- 寒冻强风化物源
- 闪长岩
- 花岗岩
- 砾岩
- 第四纪
- 板岩与石英砂岩
- 崩塌滑坡物源

附图2 雅鲁藏布江林芝—加查段沿线地层岩性与物源分布的关系

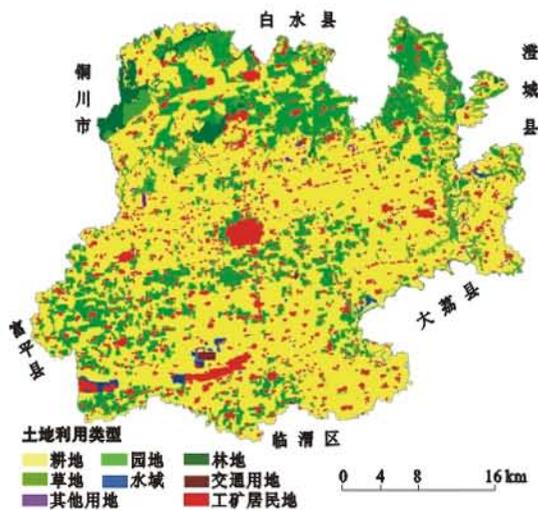


附图3 淮河上游流域遥感标准假彩色合成示意图

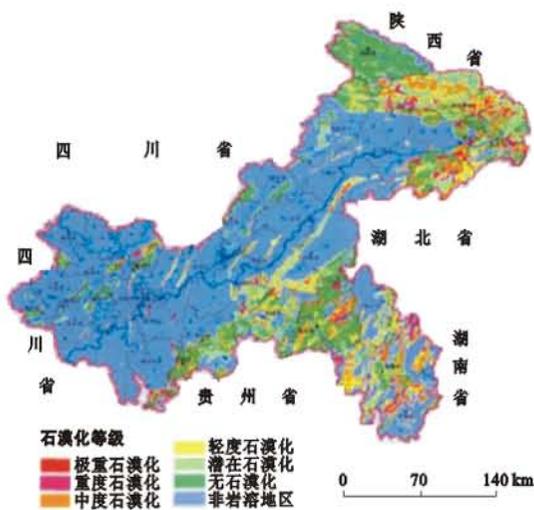


- 无植被区
- 裸地
- 低覆盖度
- 低中覆盖度
- 中覆盖度
- 中高覆盖度
- 高覆盖度

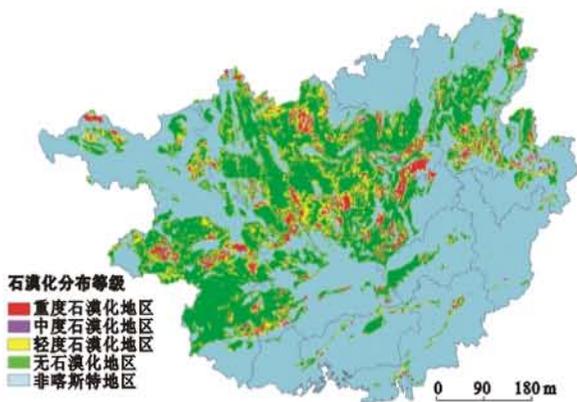
附图4 淮河上游流域植被覆盖度等级分布



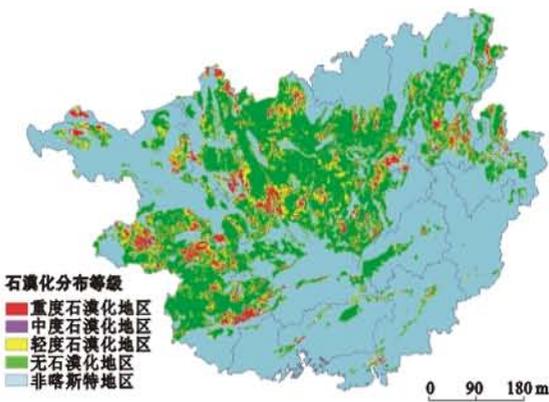
附图5 陕西省蒲城县土地利用现状



附图6 2006年重庆市岩溶地区石漠化分布



附图7 1998年广西壮族自治区喀斯特石漠化分布



附图8 2003年广西壮族自治区喀斯特石漠化分布