

# 水土流失地球信息图谱表示方法的研究

沙晋明, 郑达贤, 林志垒, 陈文惠  
(福建师范大学地理所, 福建福州 350007)

**摘要:** 尝试用系列方法表示水土流失的区域特征: 用图谱表示一般水土流失地区的覆盖特征, 用土壤景观来分析水土流失区结构特征, 用分形来表示水土流失区边界特征, 发现三者的有机结合构成一个较为全面客观的水土流失地球信息图谱, 可以更好地预测、决策、管理。

**关键词:** 水土流失; 地球信息图谱; 管理

中图分类号: S 157      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2002)01-0116-05

## Research on Expression Method of Geo-information TUPU of Soil Erosion

SHA Jin-ming, ZHENG Da-xian, LIN Zhi-lei, CHEN Wen-hui  
(Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, Fujian Province, China)

**Abstract:** The regional feature of soil erosion is expressed with a series of methods: TUPU expresses covering characteristics of soil erosion region, structure characteristics is analyzed with soil landscape, boundary characteristics with fractal geometry. It was found out that the combination of the three methods could not only reflect Geo-information TUPU comprehensively, but also benefits to forecasting, decision-making and management for local government.

**Key words:** soil erosion; Geo-information TUPU; management

区域综合自然体的内部结构很复杂, 既有垂直带变化规律, 还有水平地带的组合形式, 对这些属性表述的方法多种多样, 其中地球信息图谱表达的内容最丰富、最客观。地球信息图谱不仅可以反映区域内部结构及其分异规律, 而且可以检验和论证区域划分原则和指标。地球信息图谱分征兆图谱、诊断图谱、实施图谱等。利用图定量来描述系统的初步条件及其边界条件, 利用谱系分析方法进行逻辑演算。图谱反演理论。通过环境要素的标准信息图谱与各种受污染环境标准图谱的建立, 可以监测污染的变化和强度, 征兆图谱边界的调整是通过调整阈值实现的, 征兆图谱所表现的征兆有直接的、间接的、综合的, 这些取决于对专题信息的处理。遥感地学空间分析和过程反演往往具有模糊性的多解性的特点, 因此

加强遥感信息机理和地理信息的时空转换等方面的反演理论的研究对于图谱反演地理过程的研究具有十分重要的意义。

水土流失信息图谱包括: 影象部分、矢量部分、分析部分, 其中影象部分是基础是关键水土流失强度、水土流失征兆、水土流失区环境状况都在这部分得到充分反映; 矢量部分提供空间定位和环境基础信息; 分析部分是基于影象和矢量部分的一些信息提取技术、水土流失分析决策管理, 这部分将在景观、分形方面得到认证。

遥感所感应和显示的景观已经不是一个表面和平面的概念, 而是一个三维的立体系统信息, 因此, 需要用多种方式表示。

东南沿海地区水土流失信息图谱表示方式有:

<sup>1</sup> 收稿日期: 2001-11-20  
基金项目: 福建省人才基金“生态环境征兆图谱表示的研究”; 福建省“资源与环境 211 重点学科”以及福建省重点项目“基于 3S 技术的福建资源与环境动态监测系统研究”的支持。  
作者简介: 沙晋明, 男, 福建师范大学副教授, 从事地理信息系统、资源环境遥感监测 10 多年, 主持和参与多项国家、省级课题, 发表学术论文 20 多篇。

直接信息(图谱信息)——裸露土层、沟壑切割状况,其主要作用在于工程实施;间接信息(景观信息)——植被覆盖状况、地面裸土热容量(等级的划分,确定 8、7 两极为可能区),其主要作用在于设计规划;综合信息(景观信息与分形)——生态环境、地理环境、潜在危险迹象,可进行管理决策。本研究选取了福建省福州市和浙江省龙游县两地作为典型区域进行尝试。

## 1 水土流失的图谱表示

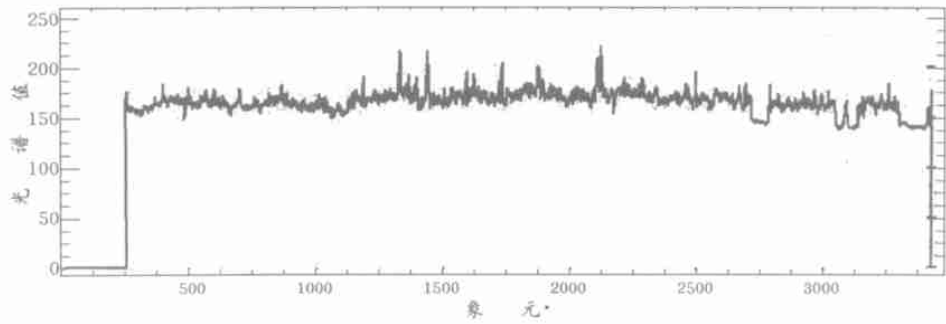
水土流失试验区之一选择福建省福州地区。福州水土流失的环境气候特征具体表现为:降雨量大、风沙大、辐射强烈;地质土壤特点:多山地丘陵、土层较薄、植被覆盖度低或裸土或只种植芒萁等。通过植

被指数、绿度、湿度划分具体的流失景观区域。

水土流失潜在危害图属于生态风险评价,标准的生态环境质量预测方法有: (1) 直接定性预测; (2) 约束外推预测; (3) 模拟模型预测。但是,这种方法不如通过对影象进行专题处理,从图中直接得出图象图谱识别模型效果。

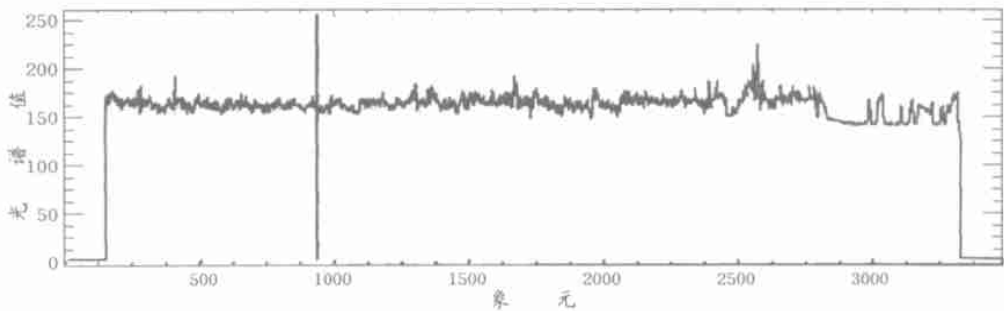
充分开发 TM 影象 6 个波段的所有光谱信息;减少了波段之间的相关性,TM 的 6 个波段之间平均相关系数为 0.7,而比值之后的 4/3、5/1 等之间的相关性为 0.28;比值影象减轻了地形阴影效果有利于发掘阴影中地物,用 4/3、5/1、6 的综合处理进行水土流失的遥感分析,可得到一些规律性的认识。

几个纵横断面图谱信息用波段来表示,多组波段信息的比较:



东西方向: Lat26. 49. 55. – log118. 7. 28. \_ \_ \_ \_ \_ lat26. 33. 24. 88– log120. 38. 33

图 1 水平剖面光谱曲线



东西方向: lat25. 42. 40– log117. 51. 2. \_ \_ \_ \_ \_ lat 25. 26. 57– log119. 43. 27.

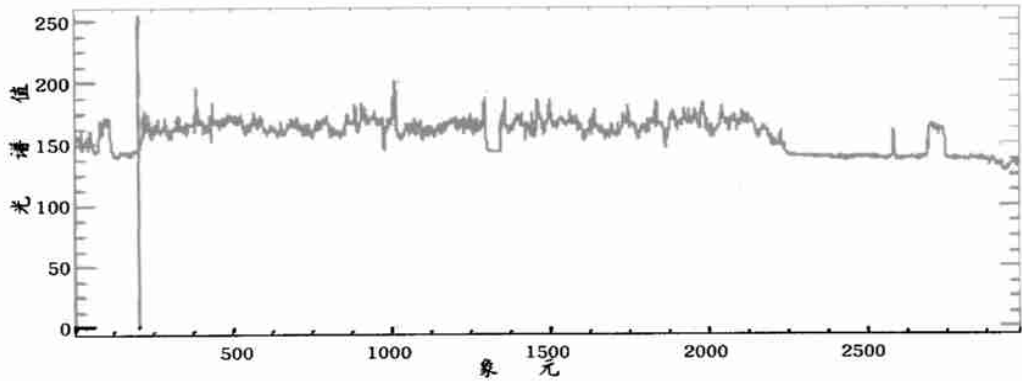
图 2 水平剖面光谱曲线

从这个剖面上可以看出由西向东、由北向南,光谱的变化幅度不大,主要集中在 165 左右(绿地、湿地区域),这也是它的主区域,而低于 145 的基本上是水域、高于 175 的为水土流失潜在危险区域。

对福州全景(32 400 km<sup>2</sup>)用 NDVI 做出来的 1988 年水土流失面积 6 000 km<sup>2</sup>; 2000 年 2 000

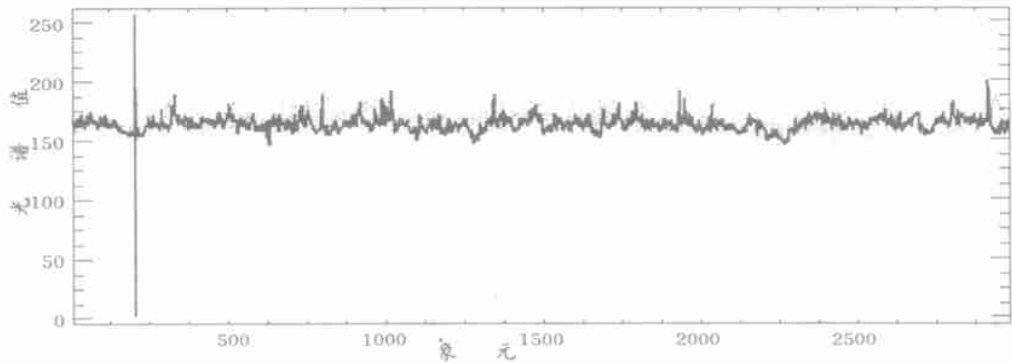
km<sup>2</sup>;这种做法反映的是植被覆盖少的地区,其所表示的是一种潜在的可能,这与图 2、图 4 所反映的规律相吻合。福州市水土流失面积为 1 759 km<sup>2</sup> 占全市 14%,其中轻度 757 km<sup>2</sup>、中度 591 km<sup>2</sup>、强度 304 km<sup>2</sup>、极强 94 km<sup>2</sup>,中轻度分布在西北山区、强度分布在沿海地区,极强分布在矿区,与图 1 左半部、图

3 所反映的规律一致。



南北方向: lat 26. 42. 54- log 119. 28. 30. \_ \_ \_ lat 25. 9. 52. - log 119. 11. 42. 77

图 3 垂直剖面光谱曲线



南北方向: lat 26. 50. 59- log 118. 22. 43\_ \_ \_ lat 25. 19. 53- log 118. 7. 1

图 4 垂直剖面光谱曲线

图的形式更多地表示空间位置、形状等信息; 谱更多地表示地物实时特性及空间规律性。水土流失地球信息图谱是通过地理信息系统和遥感来实现, 地理信息系统起数据管理的作用, 它将矢量化的、监测矢量化的数据存储起来, 进行空间定位和信息叠加、分析、评价。遥感是属于监测范畴, 通过地物光谱值来表现地物的空间分布、性质、数量、质量等特性, 在地球信息图谱中更多地表达为多种征兆信息。

2 水土流失区域环境土壤景观的表示

生态环境以植物景观进行表示, 借助热环境界线、植被指数界线、湿度界线等划分出来的景观界线具有明确的地学意义, 对水土流失地区的生态环境有很好的指示作用。

对通过叠加、监测所得出的土壤景观图, 分别按照如下方法计算其多样性指数、均匀性指数、优势度指数、类斑丰富度指数。结果见表 1, 2, 3, 4。

多样性指数: 
$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \tag{1}$$

式中:  $H$  —— 多样性指数;  $n$  —— 景观要素类型数目;  $P_i$  ——  $i$  类景观要素所占面积比例。

均匀性指数: 
$$E = - H \cdot n / \log 2 l \tag{2}$$

式中:  $E$  —— 均匀性指数;  $H_{\max}$  —— 最大多样性指数。

优势度指数: 
$$D = H_{\max} - H \tag{3}$$

类斑丰富度指数:

$$B = (1 - n^l) \cdot l / s \sum_{i=1}^{n_i} h_i$$

式中:  $n$  —— 某类景观要素的数目;  $s$  —— 整个景观的面积;  $h_i$  —— 第  $i$  个景观要素的面积。

代码说明: 本研究的土壤景观要素为两大类, 森林覆盖类型: (1) 松、(2) 杉、(3) 竹、(4) 阔叶林、(5) 经济林、(6) 灌木林、(7) 荒地、(8) 农田、(0) 其他( 水体及其他没有划分出来的) 等 9 个类型。地形要素为: 300 m 以下平原低丘区 (8); 600 m 以下高中丘

( 16 ); 1100 m 以下低山区 (26 ); 1 100 m 以上中山区 (28) 。

表 1 1985 年龙游各地貌区土壤景观面积及斑块数													m <sup>2</sup>
地形类型	森林类型	森林	面积	个数	地形类型	面积	个数	地形类型	面积	个数	地形类型	面积	个数
8	0	0	46250870	291	16	11233785	151	26	11364005	172	28	4582664	32
8	1	1	1. 54E+ 08	821	16	24734150	144	26	3392471	37	28	0	0
8	2	2	14214770	103	16	9260644	69	26	4661110	46	28	231360	4
8	3	3	51064368	276	16	95206973	478	26	34482258	229	28	0	0
8	4	4	495829.1	7	16	1165774	16	26	1390791	6	28	0	0
8	5	5	25591059	151	16	2638919	23	26	236214. 8	4	28	0	0
8	6	6	5832796	43	16	9316455	90	26	10726131	109	28	473738	7
8	7	7	33403511	162	16	12313350	80	26	10206217	86	28	153299	5
8	8	8	5. 58E+ 08	1139	16	35751893	398	26	2752131	63	28	0	0

表 2 土壤景观结构指标				
地形类型	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>E</i>
8	0. 221906	2. 948019	0. 046256	0. 070004
16	0. 232103	2. 937822	0. 049526	0. 07322
26	0. 401878	2. 768047	0. 127524	0. 126778
28	0. 208623	2. 961302	0. 748655	0. 065813

表 3 遥感监测的土壤景观结构指标				
地形类型	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
8	0. 32671	0. 08632	2. 84322	0. 10307
16	0. 22239	0. 04641	2. 94754	0. 07015
26	0. 24083	0. 05242	2. 92909	0. 07597
28	0. 22685	0. 04783	2. 94308	0. 07156

从表 3、4 中可知 1997 年 8、28 类的地形中 *H* (多样性指数) 下降表明土壤景观结构的有序性增强, 这表明在海拔低的地区土地利用结构调整程度较高海拔地区高, 而同时 26、16 类的地形中 *H* (多样性指数) 上升, 土壤景观结构的有序性变差, 水土流失潜在可能性增强。1997 年 *E* 值(均匀性指数) 在 8、28 类地形中下降、表明分布不均匀。1997 年 *D* 值(优势度指数) 在 8、28 类地形中增加, 表明有个别种逐步开始占优势, 裸土地面积有所加大。

表 4 土壤景观遥感监测的结果					m <sup>2</sup>
森林类型	地形类型 8	地形类型 16	地形类型 26	地形类型 28	
0	1501407000	2. 11E+ 09	2. 23E+ 09	2. 31E+ 09	
1	48114900	9983700	2615400	82800	
2	79417800	7534800	1368900	1800	
3	38665800	22853700	5783400	33300	
4	47615400	62834400	25316100	559800	
5	185375700	6528600	1316700	10800	
6	57660300	57439800	31163400	2362500	
7	150354900	23924700	9656100	2298600	
8	205620300	12827700	2257200	0	

本研究采用马氏距离法分类监测结果。

### 3 水土流失区域边界条件的分形表示

水土流失边界条件的分析采用了分形技术, 研究中采用的分维是经过改进后的:

$\log A = D \log P + C$   
式中: *A* —— 面积; *D* —— 分维; *P* —— 周长。该分维大表示越接近所在空间维数, 图斑越简单, 水土流失可能性小; 分维值越小, 图斑形状越复杂, 区域边界破碎, 表明已经有一定的水土流失发生。这个模型对于丘陵地区水土流失界线的分析具有一定的指导意义。

地形地貌的分维是通过 1 5 万地形图计算出来的。将各高程等高线所围起来的区域在 ARC/INFO 的 TIN 模块中转成面域, 对此面域对象求分维, 得出龙游县各高程的分维特点:

表 5 海拔高程分维				
海拔/ m	地形类型	分维	自由度	相关性
1 ~ 50	1	1. 32	6	0. 996
50 ~ 100	2	1. 171	1	1
100	3	1. 48	60	0. 977
100 ~ 200	4	1. 102	5	0. 985
200	5	1. 505	32	0. 992
200 ~ 300	6	1. 162	8	0. 982
300	7	1. 514	23	0. 99
300 ~ 400	10	1. 059	19	0. 987
400	11	1. 642	47	0. 978
400 ~ 500	12	1. 123	10	0. 989
500	13	1. 599	14	0. 969
500 ~ 600	14	1. 02	7	0. 933
600	15	1. 625	12	0. 987
600 ~ 700	16	1. 139	8	0. 885
700	17	1. 49	11	0. 988
700 ~ 800	18	1. 234	11	
800	19	1. 557	16	0. 986
800 ~ 900	20	1. 186	5	0. 931
900	21	1. 663	1	1
900 ~ 1000	22	1. 047	6	0. 908
1000	23	1. 489	7	0. 966
1000 ~ 1100	24	0. 861	2	1
1100	25	1. 711	1	1
1100 ~ 1200	26	0. 731	2	0. 974
1200	27	1. 8338		
1200 ~ 1300	28	1. 695	1	1
1300	29	1. 19	1	1

从这个分维表中可以看出, 海拔最高的区域其分维并不是最小, 最小的分维出现在 1 100 ~ 1 200 m 处, 表明地形切割最严重的地区出现在 1 100 ~ 1 200 m, 水土流失现象增强, 这些与实际情况吻合。在海拔最高的六春湖地区是一个台面, 其切割

程度不可能太大。

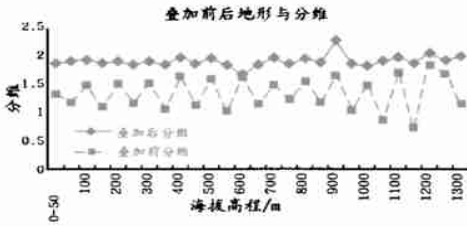


图 5 高程叠加前后分维变化图

从这幅图还可看出在各高程点, 其分维值都比附近高程的分维小, 这也表明高程点位都没有周围地形破碎, 而界于各个高程点之间的地形曲折, 富有坡度变换, 显示出较破碎的形状, 这些地区容易引起水热的分配失匀、植被景观的变化、各种成土母质分异、成土过程的差异, 所以极有可能就是各类水土流失区域界线位置的重要标志。

区域内分维变化剧烈的地区一定是水土流失研究的重点, 在这里区域形状复杂, 和周围环境犬牙交错, 从而引起物质能量交换模式、交换速度的差异, 这个地区往往也是由一种侵蚀(或景观)向另外一种

侵蚀(或景观)的过渡地带。

另一方面, 经过各种因素图的叠加, 可以看出分维值增加, 表示叠加后图形的信息熵有所增加, 图形趋向规则, 分维值随高程点的起伏变化幅度减小, 所以通过叠加图来分析地物变化界线时, 难度有所增加, 这时对地物边界的把握是通过矢量图的属性分析实现的。

另外, 最大近圆率( $4\pi A/P^2$ )也是分维的一种计算方法, 用最大近圆率与海拔高度的关系呈负相关, 从所得到的数据分析看出, 随着所选用的模拟方式的改变, 模拟效果有一定意义的改善, 但是总趋势是稳定的没有实质性的改变。随着海拔的升高, 近圆率在变小, 表示地形切割加剧, 具有一定的水土流失量, 但是, 这种关系是一种趋势性的, 表明在龙游县有这种趋势, 但并非一定是某种直线关系, 这正是自然界中的一种渐变现象。

水土流失区域自然环境条件复杂, 应该采用多尺度、多方法分析才有可能对它的变化有全面的认识, 这种认识对之后的水土流失决策地球信息图谱的表示是很有意义的。

参考文献:

[1] 冯长根, 李后强, 祖元刚. 非线性科学的理论、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 12- 13.

[2] 王协康, 方铎. 流域地貌系统定量研究的新指标[J]. 山地研究, 1998, 16(1): 8- 10.

[3] 陈刚. 分形几何研究中的若干论题[A]. 非线性科学的理论、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 25- 27.

[4] Williams THL. Implementing of land evaluation and site assessment on a GIS[J]. Remote Sensing of Environment, 1985, 51(12): 1 823- 1 833.

[5] Jacek s. Blaszczyński. Landform characterization with geographic information system[J]. PE&RS, 1997, 63(2): 183- 186.

[6] Wiens JA, Crawford CS, Gosz JR. Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems[J]. Oikos, 1985, 45: 421- 427.

[7] Hansen AJ, CastriDi(Ed.). Landscape Boundaries: Consequences for biotic diversity and ecological flows[M]. New York: Springer-Verlag, 1992.

[8] Horne JK, Schneider D. Analysis of scale-dependent processes with dimensionless ratios[J]. Oikos, 1994, 70(2): 201- 211.

[9] 陈百明. 土地资源学概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, (11): 64- 68.

[10] 马克明, 祖元刚. 兴安落叶松种群格局的分形特征- 信息维数[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 187- 192.

[11] 祖元刚, 马克明, 张喜军. 植被空间异质性的分形分析方法[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 333- 337.

[12] 刘灿然, 马克平, 于顺利. 北京东灵山地区植物群落多样性研究[J]. 生态学报, 1998, 18(1): 15- 23.

[13] 马克平, 祖元刚, 倪红伟. 兴安落叶松种群割据的分形特征- 关联维数[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 353- 355.

[14] 陈述彭, 岳天祥, 等. 地学信息图谱研究及其应用[J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337- 341.

[15] 周成虎, 李宝林. 地球空间信息图谱初步探讨[J]. 地理研究, 1998, 17(增刊): 10- 16.