

应用生态计量方法分析森林集水区之景观变迁

张俊斌¹, 梁大庆¹, 林法勤², 黄忆汝²

(1. 台湾中州技术学院; 2. 台湾大学)

摘 要: 应用遥测、景观生态及计量方法, 了解受自然及人为干扰后陈有兰溪集水区土地利用变迁趋势, 及陈有兰溪集水区受自然及人为干扰后其土地利用变迁形态, 以提供陈有兰溪集水区森林地之土地利用规划、管理及水土保持参考。结果显示景观生态指标可有效地表现出土地利用与覆盖之变迁情形, 林地为该区域之基质, 在各项干扰后有恢复的现象, 草地为残存嵌块体, 在大小、形状和空间结构上皆有较大的变化, 而农耕地面积有逐渐减少, 且嵌块体变化有先破碎后聚成的现象。且崩塌地受干扰的情形较为严重, 尤其是台湾 9·21 地震及桃芝台风, 9·21 地震使崩塌地细碎的增加, 而 2001 年桃芝台风则是顺着台湾 9·21 地震所造成的崩塌地持续扩大, 并拟进一步结合社会经济人文与自然干扰因子来评估森林景观之健康度。

关键词: 卫星影像; 景观指标; 土地利用变迁; 景观健康度

中图分类号: S 718

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006) 02-0081-03

Application of Ecological Quantitative
Methods to Analyze Landscape Change in Forest Watershed

ZHANG Jun-bin¹, LIANG Da-qing¹, LIN Fa-qing², HUANG Yi-tu²
(1. Taiwan Zhongzhou Institute Technology; 2. Taiwan University, Taiwan, China)

Abstract: This study is to understand the impacts after landscape change of forest watershed (Chenyulian river). The tendencies and source of these change patterns will be discussed and identical. Finally, the watershed land use management and planning strategies of Chenyulian watershed will be provided in this work. The results display that ecological landscape index can efficiently describe pattern of landuse and landcover change. The woodland, matrix in Chenyulian watershed, made recovery after disturb event. The meadow, remnant patch in this watershed, has a lot change in size and shape of patch, and spatial structure. The area of arable land decreased during this period. Moreover, the landslide manifestly increased after Chi-Chi earthquake (Sep. 21, 1999) and Tazhi typhoon (2001 year). Further, evaluate the landscape health by the change of social economy and natural disturbance in forest watershed.

Key words: remote sensing; landscape index; landuse change; landscape health

1 前言

面对天然灾害不断及山坡地超限利用的情势, 提出合理且有效的集水区管理策略是一项挑战, 而充份且完整的地理空间信息即是提供决策者于提出管理策略时最有利的方式。森林是陆地生态系统的一的主体, 它不仅是生物圈中重要的生产者, 在维持全球碳循环、维护区域生态安全方面也发挥着不可替代之作用, 更是重要的生物栖息地和人类生存必需的原料、食物、药物与能源等的重要来源地区。但森林集水区常因人为或自然干扰使土地利用及土地覆盖变迁, 导致生态环境破坏和人类生命财产安全, 此变迁又因干扰之种类及大小不同而异, 于影响森林之土地利用(林地形态、森林类型、土地管理)及生态系统稳定上, 有不同程度的差异, 使得此一异质等级系统在不同尺度上具有不同的组成、结构、整体功能和动态过程。而景观生态学近年来已成为评估不同尺度空间变化与生态过程最有效的方法之一, 结合地理学于空间结构变化的量度与生态学于生物环境变化过程的掌握, 使研究者可了解的空间格局对于生态过程的影响, 因此干扰事件使土地利用空间格局产生变化, 而导致生态过程影响, 更可以

了解干扰事件对生态环境的影响以了解森林集水区土地利用之空间格局变化对生态过程的影响程度。

2 前人相关研究

鉴于陈有兰溪集水区经 2000 年 9·21 集集大地震后, 其河川冲蚀以及山坡地日益裸化之趋势, 有需要对其景观变迁之内涵, 做些探讨(陈等, 1997)。由于可将集水区视为一个独立的生态系统, 所以可以将系统学的观念导入, 对该地区之景观有(1)景观结构(2)景观功能(3)景观变迁的研究内容与特性。

景观生态理论着重在空间异质性的生态意义及空间与分布之内涵, 强调在人为处理与自然现象共同作用下, 对于区域生态系统的影响, 可有效地评估植生的空间结构及其生态效益。是以对于泥岩地区而言, 无论是自然环境的变化、不同的土地利用方式、还是人为活动的干扰等, 在不同时空尺度上都会产生不同之效应, 而由此引发的生态过程的变化也将大为不同。因以单一指标性之单向评估, 难以解释及探讨泥岩地区复杂之生态变化过程与影响机制。综合言之, 其所探讨的是景观要素之间物种、能量、物质和干扰的流动和移转, 及地理结构的生态功能和意义, 而这些组成之单元要素, 按其形状和作用可

¹ 收稿日期: 2005-07-15

修改日期: 2005-08-20

接受日期: 2005-09-10

作者简介: 张俊斌, 男, 博士, 台湾中州技术学院环境设计学院景观设计系副教授, 梁大庆, 台湾中州技术学院景观设计系教授, 系主任(通讯作者); 林法勤, 台湾大学森林系教授, 通讯作者; 黄忆汝, 台湾大学实验林研究人员。

分为嵌块体(Patch)、廊道(Corridor)和基质(Matrix)。近年来许多生态学者相继指出生态方面的研究需要有计量方法,如空间型式之量化、地理位置之比较、明显异同之界定、以及相互间之相关性等,此法可在时空间尺度上解释与分析地理之空间型式、生态过程与变迁(Forman, 1986; Hainesyoung 与 Chopping, 1996; Hokit 等, 1998)。因此,利用指数与计量方法探讨地理结构的型式、大小、形状、离散、破裂程度(碎形)及异质性等,为目前研究地区之生态结构、功能与空间变迁等之有效工具。在实务应用方面, Heggem 等(1999) 在路易斯安那州的集水区,以景观生态指标及水质作集水区的生态评估,并结合卫星影像及地理信息系统,对防治非点源污染作出最佳的决策。再者, Dramstad (1996) 等人成功地将景观指标纳入挪威土地管理局之农业用地监测管理上,并认为景观指标对于环境快速改变的趋势有侦测的能力。亦有结合景观生态、环境模式及地理信息系统等,于集水区作一整合性之评估,以提供作为环境决策所需之信息(Aspenall 与 Pearson, 2000; 林等, 2002; 张等, 2002)。

3 研究方法

本研究在确立研究动机及目的后,广泛搜集相关文献及前人研究(陈等, 1997),且进行整理与探讨,同时收集研究区域相关文献,进行整理、建档与分析,以 SPOT 卫星影像并运用 ERDAS IMAGE 影像处理软件进行土地利用/覆盖资料的判识,并选定训练样区辅以现地调查进行影像监督性分类,其所得之多时期各类土地利用/覆盖的分布情形及型式。另一方面,整合入 Arc View 地理信息系统中,应用以 FRAGSTATS 为主体的 Arc View 的外挂模块 Patch Analysis 来计算景观生态指标,以量测景观结构和组成,并分析不同土地利用结构之景观生态涵义,除此之外,并拟配合人文社经数据讨论土地利用驱动力。其中景观生态指标之计算公式,可由前人之文献中了解(林等, 2003; 林等, 2002; 张等, 2002)。

本研究应用卫星监督式分类结果之土地利用/覆盖数据,除计算各土地利用/覆盖类别之景观生态指标,以分析土地利用/覆盖之空间结构生态内涵,并以因子分析分析陈有兰溪流域集水区之土地变迁空间趋向,而后再与相关之社经因子相互验证讨论,以分析陈有兰溪流域土地利用变迁之驱使力。

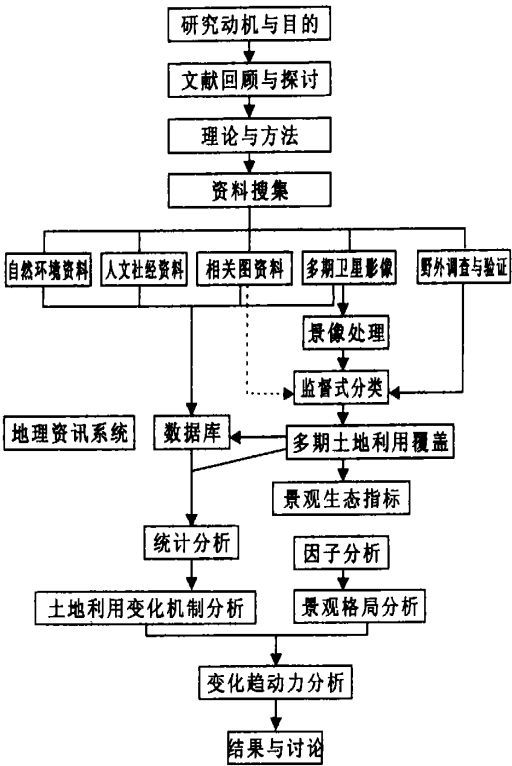


图 1 研究流程图

4 结果与讨论

4.1 影像分类成果

应用 ERDAS Imagine 之 Expert Classifier 分类本研究将土地类别分成林地、草地、农耕地、建成地及崩塌裸露地等五类,河洲水域部分属于经常性变动与巷本研究之时间尺度不符,因此摒除于分类中,而建地部份则以 1/25 000 经建版地形图数值档为基准。各期影像分类成果检核,其整体精度皆达 90% 以上,其 Kappa 同意系数亦皆大于 0.7 以上,皆达 0.8 以上,表示此 5 期之影像分类成果有相当之可信度。

表 1 陈有兰溪集水区 5 期分类成果表

	1996-11-08			1999-03-06			1999-10-31			2000-11-27			2001-11-20			km ²
	像元数	面积	%	像元数	面积	%	像元数	面积	%	像元数	面积	%	像元数	面积		
林地	2093479	327.106	74.2	2125282	332.075	75.4	2099225	328.004	74.4	2106609	329.158	74.7	2119256	331.134	75.2	
草地	249196	38.937	8.8	239053	37.352	8.5	251407	39.282	8.9	241368	37.714	8.6	238940	37.334	8.5	
农耕地	380114	59.393	13.5	356098	55.640	12.6	345529	53.989	12.3	321869	50.292	11.4	300683	46.982	10.7	
建地	17491	2.733	0.6	17491	2.733	0.6	17491	2.733	0.6	17491	2.733	0.6	17491	2.733	0.6	
崩塌裸露地	76508	11.954	2.7	81976	12.809	2.9	87415	13.659	3.1	129537	20.240	4.6	142230	22.223	5.0	
未分类	3112	0.486	0.1	0	0.000	0.0	18833	2.943	0.7	3026	0.473	0.1	1300	0.203	0.0	
总计	2819900	440.61	100	2819900	440.61	100	2819900	440.61	100.0	2819900	440.61	100	2819900	440.61	100	

4.2 景观生态指标

由结果显示,1999-10-31(921 后)所呈现出的嵌块体大小形态为嵌块体数量最多、平均大小最小、而大小变化也最小,于各期在嵌块体大小变异系数上虽仅次于 1999-11-08,但在各干扰事件后所呈现的嵌块体大小变化是较大的,也因此由嵌块体大小变化看来,1999-10-31(921 后)因受地震过后影响,集水区区内整体土地利用/覆盖类别呈现较大的破碎情形。在边缘指标方面,总边缘长度(TE)及边缘密度(ED)之各期变化如表 2 所示。就总边缘长度而言,最高者为 1999-10-31(9·21 后)的 6 757 875 m、其次为 2001-11-20(桃芝后)的 6 603 088 m、2000-11-27(象神后)的 6 534 713 m、1999-03-06(贺伯后)的 6 287 613 m 和 1996-11-08 的 6 113

800 m;而边缘密度之各期变化趋势与总边缘长度变化相符,最高者为 1999-10-31(“9·21”后)的 153.79、其次为 2001-11-20(桃芝后)的 150.27、2000-11-27(象神后)的 148.71、1999-03-06(贺伯后)的 143.09 和 1996-11-08 的 139.13。由此结果配合嵌块体大小各指标,更可观察到干扰事件后对于集水区土地利用之影响,地震对地景改变的能量不但大且全面,但台风事件的干扰相较下所呈现的变化即较小,而其中又以桃芝台风所造成的影响最为显著。

陈有兰溪流域集水区区内整体土地利用/覆盖类别之嵌块体形状指标于各期之变化如表 3 所示。以平均形状指标(MSI)而言,除 1999-03-06(贺伯后)和 2001-11-20(桃芝后)为 1.37 外,其余的 1996-11-08、1999-10-31(921 后)、2000-

11-27(象神后) 皆为 1. 36, 其变化并不明显。由此以上结果显示, 平均形状指标(MSI)、MPFD(平均嵌块体碎形维度) 和面积权重平均嵌块体碎形维度(AWMFPD) 之变化小, 而面积权重平均形状指标(AWM SI) 显示出受桃芝台风事件后, “9 · 21 ”地震次之, 于形状上变化较大, 而 LSI 则以 “9 · 21 ”地震较大, 桃芝台风次之。

表 2 各期陈有兰溪流域整体土地利用/覆盖类别之嵌块体大小及边缘指标表

Name	Nu mP	M PS	PSD	PSCov	TE	ED
1996-11-08	21176	2. 08	208. 54	100. 497	6113800	139. 13
1999-03-06	23620	1. 86	175. 29	94. 223	6287613	143. 09
1999-10-31	26156	1. 68	164. 24	97. 762	6757875	153. 79
2000-11-27	24590	1. 79	170. 27	95. 283	6534713	148. 71
2001-11-20	24304	1. 81	172. 44	95. 376	6603088	150. 27

表 3 各期陈有兰溪流域整体土地利用/覆盖类别类别之嵌块体形状指标表

Name	MSI	AWMSI	MPFD	AWMPFD	LPI	LSI
1996-11-08	1. 37	35. 43	1. 06	1. 34	69. 01	72. 91
1999-03-06	1. 36	34. 22	1. 06	1. 34	60. 62	74. 99
1999-10-31	1. 36	34. 95	1. 06	1. 34	59. 76	80. 60
2000-11-27	1. 36	34. 84	1. 06	1. 34	60. 08	77. 93
2001-11-20	1. 37	36. 26	1. 06	1. 35	60. 50	78. 75

就景观结构指针而言, 最邻近距离(MNN) 最高者为 1999-03-06(贺伯后) 的 45. 5 m、其次为 2000-11-27(象神后) 的 45. 2 m、1999-10-31(921 后) 的 44. 3 m、1996-11-08 的 43. 3 m 和 2001-11-20(桃芝后) 的 43. 7 m, 其变化波动小, 但受桃芝台风及 921 地震事件后之最邻近距离是较小的, 表示嵌块体之间距离缩小, 可能受嵌块体破碎化所致; 而平均邻近指标(MPI) 最高者为 1996-11-08 的 102 169. 98, 其次为 2001-11-20(桃芝后) 的 734 436. 69、1999-03-06(贺伯后) 的 59 888. 09、2000-11-27(象神后) 的 57 989. 92 和 1999-10-31 (921 后) 的 55 768. 63, 平均邻近指标虽仍以 1999-10-31 (“9 · 21 ”后) 较小, 但 2001-11-20(桃芝后) 之平均邻近指标(M PI) 却较大, 可见地震与风灾之营力不同所造成之景观格局变化不同。以散置与并列指标(IJI) 而言, 以 1999-10-31 (“9 · 21 ”后) 最高, 为 63. 78, 其次为 2000-11-27(象神后) 的 61. 18、2001-11-20(桃芝后) 的 59. 83、1999-11-08 的 57. 43 和 1999-03-06(贺伯后) 的 56. 96, 其结果显示 1999-10-31 (“9 · 21 ”后) 之同种类别嵌块体一同出现的机率最高, 但其

参考文献:

[1] 林裕彬, 曾正辉, 邓东波. 景观生态指数于集水区整体景观时空间型态变迁探讨[J] . 农业工程学报, 2002, 48(1): 64- 81.
[2] 林裕彬, 邓东波, 郑瑞钧. 以嵌块体形状指数与统计方法于景观变迁之研究[J] . 中国文化大学地理研究报告, 2000, 13: 95- 126.
[3] 林信辉, 张俊斌, 周跃. 台湾西南部泥岩土地利用型态与环境劣化趋势之分析[J] . 云南地理环境研究, 2003, 15(2): 40- 47.
[4] 陈文福, 陈有兰溪集水区之地形特性与土地利用之关系[J] . 水土保持学报, 1997, 29(2): 137- 155.
[5] 张俊斌, 李明儒, 刘大根. 台湾泥岩集水区整体生态经营策略之研究[J] . 水土保持研究, 2002, 9(3): 103- 108.
[6] Aspenall, R, D Pearson. Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modeling and GIS[J] . Journal of Environmental M anagement, 2000, 59: 299- 319.
[7] Dramstad, W E, J D Olson, R T T. Forman, Landscape Ecology Principle in Landscape Architecture and Land- Use Planning [M] . Harvard University Graduate School of Design, Island Press, 1996. 12- 28.
[8] Forman, R T T, M Godron. Landscape Ecology[M] . New York: John Wiley & Sons, 1986. 330- 345.
[9] Hainesyoung, R, M Chopping. Quantifying Landscape Structure- A Review of Landscape Indexes and Their Application to Forest Landscape [J] . Process in Physical Geography, 1996, 20(4): 418- 445.
[10] Heggem, D T, A C Neal, C Edmonds, et al. Tensas River Basin - A landscape approach to community - based environmental protection[M] . Las Vegas: EPA- Las Vegas Research Expo, 1998. 81- 92.
[11] Hokit, D G, B M Stith, L C Branch. Effect of Landscape Structure in Florida Scrub- A Population Perspective [J] . Ecological Applcation, 1999, 9(1): 124- 134.

后却逐年缩小, 可见风灾在散置与并列指标(IJI) 的变化小。
表 4 各期陈有兰溪流域整体土地利用/ 覆盖类别之指标表

Name	M NN	MPI	IJI	SDI	SEI
1996-11-08	43. 3	102168. 98	57. 43	0. 83	0. 47
1999-03-06	45. 5	59888. 09	56. 96	0. 81	0. 45
1999-10-31	44. 3	55768. 63	63. 78	0. 86	0. 48
2000-11-27	45. 2	57989. 92	61. 18	0. 85	0. 47
2001-11-20	43. 7	73446. 69	59. 83	0. 84	0. 47

景观多样性指标方面, 就 SDI(夏农多样性指数) 而言, 以 1999-10-31(“9 · 21 ”后) 最高为 0. 86, 其次为 2000-11-27 (象神后) 的 0. 85、2001-11-20(桃芝后) 的 0. 84、1996-11-08 的 0. 83 和 1999-03-06(贺伯后) 的 0. 81; 而以 SEI(夏农均匀度指数) 而言, 以 1999-10-31(921 后) 为最高, 其次为 1996- 11-08、2000-11-27(象神后) 、2001-11-20(桃芝后) 的 0. 47、和 1999-03-06 的 0. 45, 其结果显示在景观多样性方面, “9 · 21 ”地震之影响比较其它干扰影响更为大。

5 结论与建议

五期之卫星影像, 经前处理后, 再利用 ERDAS IMAGE 之专家系统分类进行影像分类处理, 分为建成地、林地、草生地、崩塌地和农耕地, 其五期之分类影像 kappa 同意系数皆达 0. 8 以上, 成果良好。景观生态指标方面, 显示出 “9 · 21 ”地震后对于陈有兰溪集水区土地利用的空间格局影响最大。嵌块体大小的指标显示 “9 · 21 ”地震后集水区 内整体土地利用/ 覆盖类别呈现较大的破碎情形, 嵌块体边缘指标配合嵌块体大小指标显示干扰事件后对于集水区土地利用之影响, 地震对地景改变的能量不但大且全面, 但台风事件的干扰相较下所呈现的变化即较小, 而风灾事件中则以桃芝台风所造成的影响最为显著, 散置并列指标和景观多样性也都呈现出 “9 · 21 ”地震对土地利用造成影响较大的结果, 由以结果显示各干扰事件对于陈有兰溪的影响, 以 “9 · 21 ”地震及桃芝台风的影响较大, 且嵌块体呈现破碎情形。另一方面, 由景观指标的变迁趋势则大略得知地震及风灾所造成的影响并不一样。接续研究工作将以因子分析来了解各子集水区在多次干扰事件的变化, 以了解子集水区之土地利用格局对于干扰事件之反应, 了解特定地区与陈有兰溪森林集水区对于干扰的抵抗能力, 并进一步结合社会经济人文与自然干扰因子来评估森林景观之健康度。