

基于高分辨率卫星图的川中丘陵区村级景观格局特征研究*

李首成^{1,2} 刘文全² 程 序^{1**} Erle C. Ellis³

(¹ 中国农业大学农学与生物技术学院,北京 100094;² 四川农业大学生态农业与区域发展系,雅安 625014;

³ Department of Geography and Environmental Systems, University of Maryland, Baltimore County 21250, Maryland, USA)

【摘要】 以 Erle C. Ellis 建立的村级景观分类和景观制图方法,利用 IKONOS 高分辨率(1 m)卫星遥感图,进行典型抽样和地形 土地利用 土地覆被 生态立地的景观分类和分层制图,研究了四川盆地中部丘陵地区村级景观的构成和格局特征,并就有关方法作了讨论.结果表明,川中盆地丘陵村级景观类型多样,其多样性指数从地形、土地覆被、土地利用到生态立地变化在 1.08~2.26 之间,丰富度除土地覆被较高,达到 85% 以外,其余都较低,在 42.22%~58.62% 之间.分布普遍的生态立地类型为 12.5%,其余 88.5% 的类型都以较大差异分布在各村级景观内.景观破碎化指数较高,不同村级景观之间为 2.93~4.27,地形到生态立地的破碎度为 2.86~5.63.村级景观构成中,人口密度、道路面积和农家院落面积与景观格局指数存在较大程度的线性相关关系,但以农家院落面积与景观分形指数、景观破碎度的线性相关显著,分别为 0.957* 和 0.991** .运用景观 4 级分类和制图方法研究村级景观,多数景观格局指标都表现出显著的统计学差异,表明运用高分辨率卫星遥感图研究村级景观,以多级景观单元分类研究比单一分类的更能够反映相关信息,增加对村级景观格局的认识和理解.

关键词 川中丘陵 村级景观 IKONOS 景观分类 景观格局

文章编号 1001-9332(2005)10-1830-08 **中图分类号** Q149 **文献标识码** A

Characteristic study on village landscape patterns in Sichuan Basin hilly region based on high resolution IKONOS remote sensing. LI Shoucheng^{1,2}, LIU Wenquan², CHENG Xu¹, Erle C. Ellis³ (¹ *Agronomy and Biotechnical College, China Agricultural University, Beijing 100094, China*; ² *Department of Ec&Agriculture and Rural Development, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China*; ³ *Department of Geography and Environmental Systems, University of Maryland, Baltimore County, Maryland 21250, USA*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(10):1830~1837.

To realize the landscape programming of agro-ecosystem management, landscape stratification can provide us the best understanding of landscape ecosystem at very detailed scales. For this purpose, the village landscapes in densely populated Jintang and Jianyang Counties of Sichuan Basin hilly region were mapped from high resolution (1 m) IKONOS satellite imagery by using a standardized 4 level ecological landscape classification and mapping system in a regionally-representative sample of five 500 × 500 m² landscape quadrats (sample plots). Based on these maps, the spatial patterns were analyzed by landscape indicators, which demonstrated a large variety of landscape types or ecotopes across the village landscape of this region, with diversity indexes ranging from 1.08 to 2.26 at different levels of the landscape classification system. The richness indices ranged from 42.2% to 58.6%, except that for the landcover at 85%. About 12.5% of the ecotopes were distributed in the same way in each landscape sample, and the remaining 87.5% were distributed differently. The landscape fragmentation indices varied from 2.93 to 4.27 across sample plots, and from 2.86 to 5.63 across classification levels. The population density and the road and hamlet areas had strong linear correlations with some landscape indicators, and especially, the correlation coefficients of hamlet areas with fractal indexes and fragmental dimensions were 0.957* and 0.991**, respectively. The differences in most landscape pattern indices across sample plots and landscape classes were statistically significant, indicating that cross-scale mapping and classification of village landscapes could provide more detailed information on landscape patterns than those from a single level of classification.

Key words Sichuan basin hilly region, Village landscape, IKONOS, Landscape classification, Landscape pattern.

1 引 言

基于景观生态学原理的景观生态规划与设计是寻找农业生产目标与自然演替的最佳折衷点和自然景观最佳利用结构、实现农业可持续发展的空间途

径^[7,10,11,18,23,28]. 村级景观是一类人口密度较大(100~2 500 人·km⁻²)的农村区域,是农业发展的

* 美国国家科学基金(NSF)资助项目(grant:DEB-0075617).

** 通讯联系人.

2004-11-15 收稿,2005-03-14 接受.

主要空间,高强度的人类活动影响,通过改变景观结构,驱动着生态过程的变化^[5,10,11,21,26,31]。所以,研究村级景观结构及其与人为活动影响之间的关系,有助于分析和认识景观生态过程及其对生态可持续性的影响,有助于农业景观生态规划和生态系统管理^[4,10,11,30,32,33,35]。

在研究方法上,景观分类和尺度的选择受到众多学者的关注^[2,4,6,13,22~25,29,32,34]。多数学者都注重对样区单一层次景观的格局分析,这可能对较大尺度上的景观分析较为合适。但对于村级景观,由于其尺度较小,采用一般方法很容易掩盖微小景观的细微特征^[6,9,25]。利用高分辨率卫星遥感图,采用同一村级景观区域多层次景观分类和制图,并进行综合分析,更能够检测微小但具有重要生态学意义的景观单元,有利于景观格局和生态过程变化的精确量化研究,如土地利用变化,区域土壤碳库变化等^[1,9~11,19]。四川盆地中部丘陵地区,人口密度 800~2 300 人·km⁻²,人为活动影响强度大,生态环境非常脆弱^[1,20,35,37],是一个典型的村级景观区域。对其景观格局研究,一是鲜有报道,二是试图用新的研究方法较为全面地深入地反映该区村级景观格局的复杂性与多样性特点,为村级景观规划,生态系统的管理,实现可持续发展提供依据。

2 研究方法

本题选择了四川省金堂县东南方向云合镇与简阳市北部沓水镇一带,30°30'9.46"~30°37'54.54"N,104°34'12.79"~104°42'36.41"E,约 100 km² 做为研究区域。该区域属于盆地中部丘陵亚区,土壤以紫色土和水稻土为主。农村人口密度在 790~2 369 人·km⁻²。其中,选取 5 个 500 m×500 m 样区,以代表川中丘陵地区村级景观以土地覆被为主的 90% 的信息。首先利用覆盖川中丘陵地区的 Landsat ETM+ 土地覆被图,以 500 m×500 m 进行网格分区,在剔除了水域>75% 或城镇面积>25% 的区格之后,对川中丘陵地区和研究区域进行最大可能的监督分类和聚类^[9,12]。最后以研究区域类特征信息与川中丘陵地区类特征信息进行比较,选取 5 类样区(图 1)。

R08-C06:较宽沟地,多冬水田,纵向两侧多山弯景观,耕地人口密度 911 人·km⁻²;

R08-C15:沟底为塘,三面为坡台旱地,坡坎林地较多,耕地人口密度 1 357 人·km⁻²;

R13-C14:较窄的 X 型沟地,多冬水田,坡地多,耕地人口密度 1 100 人·km⁻²;

R14-C04:较宽的 X 型沟地,两季田多,一条河流贯穿其中,耕地人口密度 1 525 人·km⁻²;

R19-C13:河道旁一长条形山丘与两沟地相间排列景

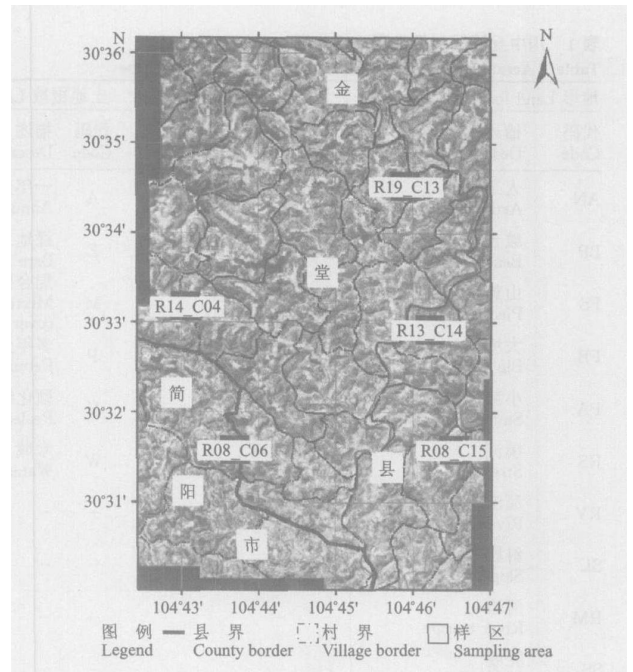


图 1 基于高分辨率(1 m) IKONOS 卫星图的研究区域和样区分布
Fig. 1 Sampling plots of area of interest (AOI) based on IKONOS image of high resolution (1 m).

观,几乎无水稻田,坡坎林地较多,耕地人口密度 1 879 人·km⁻²。

在相应区域的分辨率为 1 m,4 波段,经正射校正^[27]的 IKONOS 彩色卫星遥感图(2001 年 12 月 22 日摄)上,针对选择的 5 个样区,按照 Erle C. Ellis 提出的地形(land form) 土地覆被(land cover) 土地利用(land use) 生态立地单元(ecotope or group/type)4 级分类体系及景观制图方法^[9,12],分级进行景观要素制图并添加属性。

丘陵区村级景观地形根据 Erle 对村级景观中地形分类的界定,结合四川盆地中部丘陵村级地貌进行。其中低处山麓(FS)地势最低而平缓,坡度 5%;坡台(BP)和山顶(SU)比较平缓,坡度 0~10%。在山麓、坡台和山顶之间,分布着坡度在 10%~30% 的斜坡(SL)或者坡度>30% 的陡坡(SS)。居民院落和道路等为人工地段(AN)。水塘以宽度>30 m 以上者为大塘(PB),反之为小塘(PA)。塘边(WM)和河边(SM)以常年水线以上的边坡,以河口宽度<30 m 者为溪流(RS),30 m 者为河流。

生态立地单元被定义为景观中最小的同质生态系统单元。在本研究中,指同一个地点能够借助高分辨率的 IKONOS 卫星图,用标准方法进行分类识别,并至少近期连续两年稳定最小的同质区域^[8]。本题研究中实际分类如表 1 所示。其中,干扰区(db)为离建筑设施附近<100 m² 区域,其间夹杂分布有 10% 以上的垃圾、瓦砾等废物,或混杂多个不同用途的小斑块。在生态立地单元中,以组别(group)再按具体的类型(type)划分。其中,主要的组别,如水稻田(ri)在川中丘陵区盆地,有小春作物-水稻的两季田,专用于育秧的秧田和冬季淹水,夏季种水稻的冬水田,则其类型又分别以

表 1 川中丘陵区村级景观 4 级分类

Table 1 Actual multiscale classifications of village landscape

地形 Land form		土地利用 Land use		土地覆被 Land cover		生态立地 Ecotope			
代码 Code	描述 Description	代码 Code	描述 Description	代码 Code	描述 Description	代码 Code	描述 Description	代码 Code	描述 Description
AN	人工地段 Artificial section	A	水产 Aquaculture	A	一年生植物覆被 Annual plant	ac	一年生作物 Annual crop	od	落叶果树 Deciduous fruit tree
BP	坡台 Bench terrace	C	建设 Construction	E	裸地 Bare soil land	aq	水产养殖 Aquaculture	oe	常绿果树 Evergreen fruit tree
FS	山麓 Piedmont	D	干扰 Disturbed	M	混合覆被 Mixtures of cover	av	一年生植被 Annual vegetation	os	晒场 Sealed area for drying
PB	大塘 Big pond	F	休闲 Fallow	P	多年生植物覆被 Perennial plant	db	干扰区 Disturbed area	ot	稀疏林 Open mixed trees
PA	小塘 Small pond	P	水田 Paddy field	S	硬化地面 Pealed surface	en	常绿针叶 Evergreen needle leaf tree	ow	灌丛 Open woody mix
RS	溪流 Stream	R	旱地 Rainfed field	W	水域 Water area	ho	住房 Household	ri	水稻 Rice
RV	河流 River	T	林地 Forest	-	-	hv	水生植被 Hydrophytic vegetation	tg	竹林 Bamboo forest
SL	斜坡 Slope	-	-	-	-	ir	灌溉 Irrigation system	tr	道路 Road
RM	河边 River margin	-	-	-	-	mc	混合作物 Mixtures of crop	wa	水面 Water surface
SS	陡坡 Steep slope	-	-	-	-	mt	混合林 Mixed trees	-	-
SU	山顶 Summit	-	-	-	-	nb	非工业建筑 Non-industrial	-	-
WM	塘边 Pond margin	-	-	-	-	ob	草林地 Open brushed	-	-

01、02 和 03 表示,因而水稻田的生态立地有 ri01、ri02 和 ri03 三个;类似,一年生作物组分为蔬菜(01)和大宗作物(03)两个类型,农民住房组(ho)分为独家院落平房(01)、独家院落楼房(02)、集体院落多平房(03)和集体院落多楼房(04)等类型。最后,以地形、土地利用、土地覆被和生态立地的代码组合成生态立地单元的代码,以反映最小景观单元的全部信息。

景观制图是根据 Erle C. Ellis 建立的利用高分辨率卫星图制图的方法,在地理信息系统 Arcgis 8.3 的支持下,先以景观生态立地单元进行数字化制图。绘图分辨率,线状地物宽度 2 m;面状地物,如住房等边界清楚的,宽度 5 m 或面积 25 m²,边界不十分清楚的,宽度 10 m 或面积 100 m²。根据卫星图进行初分类,并运用 GPS 技术,进行实地调查核实,保证景观生态立地的同质性。然后再以地形、土地覆被和土地利用等属性进行合并,得到不同层次分类的景观结构图。

对于景观空间结构指标,不同层次分类景观的斑块数、斑块面积、周长以 Arcgis 8.3 对各景观图进行计算和统计得到;斑块伸长指数、景观多样性指数、均匀度指数、优势度指数、相对丰富度指数、分形维数、景观破碎度,分别参考国内学者介绍和使用的方法^[3,8,15-17,36],不再赘述。并就反映人为活动的一些指标和景观格局指标间作了相关分析。

3 结果与分析

3.1 村级景观构成

3.1.1 生态立地分布和结构 根据上述分类和作图方法,得到了各样区生态立地景观结构图(图 2)。其景

观结构指标见表 2。5 个样区景观生态立地共有 80 个类型,其中面积占 1%以上的类型共有 18 个,总面积比例达到 88.80%。其余 11.20%的面积有 62 个类型。各个样区共有的类型为坡台旱地大田作物(BPRAac04)、坡台旱地果园(BPRPoe33)、乡间泥路(ANCEtr01)、农家大院(ANCSHo03)和坡台竹林(BPDPtg24),总面积占 51.03%。此外,山麓冬水田(FSPAr03)、陡坡柏树林(SSTPen03)和山麓两季田(FSPAr01)分布比较普遍,面积分别占 7.16%、7.02%和 6.32%。其余类型分布在各样区之间的差异较大。

3.1.2 地形、土地利用和土地覆被景观结构 在生态立地景观单元制图的基础上,按照地形、土地利用、土地覆被进行归类合并制图,并统计分析得到了各样区地形、土地利用和土地覆被景观结构指标(表 3)。该区村级景观中,地形景观平均斑块较少,但斑块面积较大,分别比土地利用、土地覆被类型景观高出 13.63%和 6.03%;土地利用景观斑块少于土地覆被,但斑块面积高出 7.16%。地形景观单元类型较多,其中以台地、山麓、陡坡类型为主,面积比例达 80%以上。人工地段面积虽然只占 8.28%,但其斑块数量最多,占 35.46%。土地利用的景观单元类型面积分布以旱作地、水稻田和林地为主,斑块数量分布以建设用为主。土地覆被景观单元类型的面积和斑块数量均



图2 基于高分辨率(1 m) IKONOS 卫星图的川中丘陵区村级景观分类和格局

Fig.2 Patterns and classifications of village landscapes in the middle of hilly basin area in Sichuan based on IKONOS image of high resolution(1 m).

以一年生植被和多年生植被为主.总的斑块周长以土地覆被最大,土地利用次之,地形最小;其差异以地形和土地覆被间较大,其余较小.

综合来看,5个样区之间景观基本结构在景观单元的主要类型上一致,但每个样区在面积和斑块的分布上有较大差异.生态立地景观单元的类型及分布在各样区之间的差异大于地形、土地利用和土地覆被景观单元差异.

3.2 村级景观异质性特征

通过不同样区和不同分类层次格局指标统计分析,得到如表4所示的结果.各样区之间比较,多样性指数、相对丰富度、伸长度、分形指数和破碎度都表现出显著差异,而均匀度指数及优势度指数差异不明显,表明5个样区在多数指标上表现出不同的景观异质性,在均匀度及优势度上表现出相同的景观异质

性.在不同分类层次上,多样性指数、均匀度指数、优势度指数、相对丰富度、分形指数和破碎度表现出显著差异,尤以生态立地分类与地形、土地利用和土地覆盖分类差异最大,但伸长度无显著差异,表明除伸长度以外,不同分类层反映出了不同的景观格局特征.其中以生态立地对景观格局的反映力最强.

该区村级景观多样性指数平均为1.4782.不同样区在1.3917~1.6030之间;不同分类层次在1.0796~2.2613之间,变化较大.两者差异均达到了5%的显著水平.均匀度较低,平均0.6191;优势度较高,平均为1.1146.这两个指标在样区之间变化差异不显著,但在不同分类层次中变化显著.相对丰富度平均为54.6925,变化差异显著.不同分类层次在42.22~85.71之间,不同样区在51.01~58.61之间,前者在变化上大于后者,但平均值低于后者.

表2 川中丘陵区村级景观生态立地类型

Table 2 Ecotope types of village landscape in the middle of Sichuan hilly basin region

类码 Ecotope code	斑块数 Patches number	斑块数 比 例 Patch ratio (%)	最 多 斑块数 Max. num. of patches (个/AOI)	最 少 斑块数 Min. num. of patches (个/AOI)	总面积 Area (m ²)	面积比例 Area ratio (%)	平均面积 Average area (m ²)	最大面积 Max. area (m ² /AOI)	最小面积 Min. area (m ² /AOI)	周 长 Perimeter (m)	周长比例 Perimeter ratio (%)
BPRAac04	136	19.37	37	14	479 838.40	38.42	3 811.18	15 853.43	59.02	42 549.14	28.99
BPRPbe33	83	11.82	25	6	84 716.59	6.78	1 325.31	5 005.63	44.01	12 299.11	8.38
ANCEtr01	36	5.13	12	5	18 435.36	1.48	565.76	1 720.71	96.43	4 135.11	2.82
ANCSHo03	41	5.84	22	2	35 064.24	2.81	1 267.72	5 367.70	143.63	5 496.77	3.74
BPDPTg24	35	4.99	14	1	19 281.95	1.54	552.72	1 263.06	104.18	4 206.56	2.87
FSPAri03	17	2.42	9	0	89 444.81	7.16	9 816.04	30 067.74	303.53	6 144.35	4.19
SSTPen03	41	5.84	13	0	87 709.30	7.02	2 265.04	12 258.94	2 673.03	12 954.97	8.83
FSPAri01	15	2.14	10	0	78 908.20	6.32	4 453.37	12 707.08	150.17	5 464.02	3.72
SLRAac04	5	0.71	4	0	34 568.57	2.77	881.59	14 889.41	1 416.80	2 067.13	1.41
ANCSHo04	20	2.85	9	0	31 655.35	2.53	1 920.86	4 352.85	557.36	4 256.34	2.90
BPPAri01	9	1.28	6	0	27 656.67	2.21	3 075.12	5 225.98	934.86	2 317.71	1.58
BPRMmc01	13	1.85	5	0	26 384.13	2.11	1 663.02	6 360.70	721.05	2 851.98	1.94
SURAAc04	6	0.85	2	0	22 070.50	1.77	3 218.36	10 236.12	103.77	2 071.02	1.41
SSTPen01	8	1.14	6	0	21 141.62	1.69	2 956.86	6 510.41	217.14	3 082.73	2.10
SSTPbt03	12	1.71	4	0	13 556.87	1.09	1 139.40	3 163.71	615.76	2 483.33	1.69
BPRAac01	14	1.99	5	0	13 548.28	1.08	847.80	6 479.88	117.64	1 832.89	1.25
SLDPTg24	15	2.14	8	0	12 607.03	1.01	881.59	1 275.18	565.43	2 334.84	1.59
PBFWwa01	1	0.14	1	0	12 517.98	1.00	12 517.98	12 517.98	12 517.98	482.54	0.33
其它 *Other	195	27.78	9	0	139 871.14	11.20	1 457.08	6 563.95	11.27	29 761.98	20.27
总计 Total	702	100.00	-	-	1 249 976.97	100.00	-	-	-	146 792.52	100.00

*为节省列表篇幅,对于多数面积比例小于1%的生态立地单元作合计统计计算,列入“其它”The ecotopes whose area ratios are less than 1% are combined into “other” for spacial saving.

表3 不同分类下川中丘陵区村级景观结构

Table 3 Village landscape structure of the middle of Sichuan hilly basin area under different classifying scales

分类级别 Classifying scale	类型 Type	平均斑块数 Num. of patches /AOI (patches/ AOI)	斑块 比 例 Patches ratio (%)	最少斑 块 数 Min. num of patches (patches/ AOI)	最多斑 块 数 Max. num of patches (patches/ AOI)	平均斑 块面积 Ave. area of patches (m ² /patch)	平均面积 Total patch area (m ² /AOI)	面积百 分 比 Area ratio (%)	周 长 Perimeter (m/AOI)	周长百 分 比 Perimeter ratio (%)
地 形 Land form	BP	15.6	21.61	11	24	8 569.47	133 683.76	53.52	8 914.85	36.17
	FS	4.6	6.37	2	9	8 041.10	36 989.08	14.81	2 287.66	9.28
	SS	17.6	24.38	14	26	1 991.24	35 045.83	14.03	5 564.28	22.57
	AN	25.6	35.46	22	28	808.39	20 694.70	8.28	5 420.75	21.99
	SL	3.0	4.16	1	7	4 106.74	12 320.22	4.93	1 081.13	4.39
	SU	1.6	2.22	0	2	2 863.65	4 581.83	1.83	4 53.79	1.84
	PB	0.4	0.55	0	1	7 377.03	2 950.81	1.18	134.78	0.55
	PA	1.2	1.66	0	3	1 298.66	1 558.39	0.62	129.66	0.53
	RS	0.6	0.83	0	3	1 066.91	640.14	0.26	274.68	1.11
	RV	0.4	0.55	0	2	1 558.47	623.39	0.25	77.30	0.31
土地 利用 Land use	SM	1.4	1.94	0	7	329.44	461.22	0.18	255.53	1.04
	WM	0.2	0.28	0	1	1 228.55	245.71	0.10	54.51	0.22
	总计 Total	72.2	100.00	60	83	-	-	100.00	24 648.92	100.00
	R	15.4	19.01	12.0	20	8 969.38	138 128.41	55.30	8 921.29	34.92
	P	4.8	5.93	2	9	8 491.66	40 759.97	16.32	2 481.54	9.71
	T	12.0	14.81	7	14	2 376.08	28 512.91	11.41	4254.72	16.65
	C	25.4	31.36	22	27	795.12	20 196.15	8.09	5 390.18	21.10
	D	20.4	25.19	14	28	768.12	15 669.60	6.27	3 813.92	14.93
	F	2.2	2.72	0	5	2 287.22	5 031.89	2.01	579.69	2.27
	A	0.8	0.99	0	3	1 871.19	1 496.95	0.60	108.46	0.42
总计 Total	81.0	100.00	69	92	-	-	100.00	25 549.79	100.00	
土地 覆被 Land cover	A	21.6	24.88	14	25	7 159.98	154 655.52	61.91	10 526.99	39.69
	P	24.4	28.11	18	34	2 359.91	57 581.92	23.05	7 702.65	29.04
	S	18.0	20.74	13	22	913.83	16 449.03	6.58	2 710.98	10.22
	M	12.4	14.29	8	16	951.63	11 800.18	4.72	2 273.36	8.57
	W	2.6	3.00	1	5	2 080.51	5 409.31	2.17	595.15	2.24
	E	7.8	8.99	5	13	499.95	3 899.60	1.56	2 714.48	10.23
总计 Total	86.8	100.00	73	106	-	-	100.00	26 523.62	100.00	

表 4 村级景观异质性、斑块特征和构型

Table 4 Heterogeneity and patch form of village landscapes in the middle of Sichuan hilly basin region

项目 Item		多样性 指数 Diversity	均匀度 指数 Evenness	优势度 Dominance	相 对 丰富度 Richness	伸长度 指 数 Elongation	分形指数 Fractal index	破碎度 Fragmentation
分类级 Classifying scale	地形 Land form	1.3387 ^b	0.7275 ^a	0.5106 ^b	42.22 ^c	7.5738 ^a	1.4037 ^a	2.8583 ^c
	覆被 Land cover	1.0796 ^c	0.6025 ^b	0.7122 ^b	85.71 ^a	6.7455 ^a	1.4150 ^a	3.4748 ^b
	利用 Land use	1.2335 ^{bc}	0.6884 ^{ab}	0.5583 ^b	48.33 ^b	7.6001 ^a	1.3941 ^a	3.0714 ^{bc}
	生态立地 Ecotope	2.2613 ^a	0.4579 ^b	2.6775 ^a	42.50 ^c	6.6055 ^a	1.2726 ^b	5.6286 ^a
样区 Plots	R08 - C06	1.4165 ^{ab}	0.6132 ^a	1.1423 ^a	51.01 ^b	7.7896 ^a	1.3594 ^{ab}	3.7533 ^{ab}
	R08 - C15	1.5077 ^{ab}	0.6133 ^a	1.1522 ^a	55.04 ^{ab}	5.9962 ^b	1.3532 ^b	3.6228 ^b
	R13 - C14	1.3917 ^b	0.5749 ^a	1.1383 ^a	52.19 ^b	6.6183 ^{ab}	1.3297 ^b	2.9285 ^c
	R14 - C04	1.6030 ^a	0.6686 ^a	1.0081 ^a	56.60 ^{ab}	7.8280 ^a	1.4085 ^a	4.2134 ^a
	R19 - C13	1.4723 ^{ab}	0.6253 ^a	1.1323 ^a	58.62 ^a	7.4241 ^{ab}	1.4060 ^a	4.2734 ^a
总平均 Total average		1.4782	0.6191	1.1146	54.69	7.1312	1.3713	3.7583

注:a,b,c表示0.05的显著水平,a,b and c denote 0.05 significant level.

表 5 人为活动与生态立地景观格局的相关性分析

Table 5 Correlation between human activities and ecotope patterns

	多样性 Diversity	伸长度 Elongation	均匀度 Evenness	优势度 Dominance	分形指数 Fractal index	丰富度 Richness	破碎度 Fragmentation
农家院落面积 Hamlet area	0.819	-0.267	0.745	-0.566	0.991 ^{**}	0.907	0.961 [*]
道路面积 Road area	-0.868	0.923	-0.893	0.884	-0.337	-0.288	-0.574
样区人口数 Population in AOI	0.475	0.338	0.475	-0.478	0.558	0.289	0.353
幅员人口密度 Population density over village	0.227	0.076	0.099	0.160	0.816	0.921	0.741
耕地人口密度 Population density over arable land	0.464	0.347	0.347	-0.089	0.843	0.967 [*]	0.882

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

景观斑块的平均伸长度为 7.1312,变化在 5.9962~7.8280 之间,表现出长形斑块为主的构型特征.不同分类级,以土地利用和地形的伸长度较高,分别为 7.6001 和 7.5738,土地覆被和综合分类的较低,分别为 6.7455 和 6.6055.分形指数平均为 1.3713,变化在 1.2726~1.4150 之间,表现出较大的不规则性.但在不同分类级之间,地形、土地覆被和土地利用的分形指数比较接近,为 1.3941~1.4150,明显高于综合分类级的分形指数.不同样区之间分形指数虽然接近,但其差异达到了显著水平.

景观破碎度较高,平均为 3.7583.不同分类级和不同样区之间差异显著.从分类级来看,地形景观破碎度为 2.8583,相对最小,土地覆被和土地利用居中,分别为 3.4748 和 3.0714,而综合分类景观最高,为 5.6286.从样区看,窄型沟地景观 R13 - C14 的破碎度最小为 2.9285,羽状山湾景观 R08 - C06 和马蹄型景观 R08 - C15 居中,分别为 3.6228 和 3.7533,而宽型沟地景观 R14 - C04 和沟地相间排列景观 R19 - C13 最高,分别为 4.2134 和 4.2734.

4 讨 论

4.1 川中丘陵区村级景观构成特点

研究结果表明,川中丘陵地区村级景观构成,地

形景观以台地为主,面积占 50%以上,山麓、陡坡次之,各在 14%左右,再次为人工地段、缓坡和山顶,共计 15%左右;土地覆被以一年生植被为主,面积占 60%左右,多年生植被次之,占 23%左右;土地利用以雨养旱地为主,面积占 55%以上,水田、林地次之,各占 10%~15%,再次为建筑和干扰,各占 5%~8%.生态立地单元以台地作物(BPRAac04)、台地果园(BPRPoe33)、乡路(ANCEtr01)、农家大院(ANCSHo03)和竹林(BPDptg24)最为普遍,总面积占 50%以上;山麓冬水田(FSPAri03)、陡坡柏树林(SSTPen03)和山麓两季田(FSPAri01)分布比较普遍,各占 6%~7%.其余 72 种有少数占 1%~2%,多数在 1%以下.

4.2 川中丘陵区村级景观格局与人为活动影响

川中丘陵区村级景观生态立地类型多样,其多样性指数高,达 2.239.该区域生态立地类型多达 80 个.丰富度在 50%~60%之间,普遍分布的类型只占 12.5%,其余 87.5%的类型分布在各样区,表现出小面积比例类型分布的极大差异性.生态立地景观破碎度高,其值为 5.6286,显著高于地形、土地覆被和土地利用景观,比地形、土地覆被和土地利用景观分别高出 96.92%、61.98%和 83.25%.其差异反映出该区人类活动的影响强度.

通过对样区人口数、幅员人口密度、耕地人口密度、道路面积、农家院落面积等反映人为活动的指标与生态立地各景观格局参数的相关分析(表5)表明,有关人为活动指标与景观格局参数之间存在不同程度上的直接线性相关。其中农家院落面积对景观格局影响最大,与破碎度相关系数为0.957*,呈显著相关,与分形指数为0.991**,极显著相关;与多样性指数和丰富度的相关性,虽然没有达到统计学上的显著水平,但其值分别为0.819和0.907。道路面积与多样性和均匀度表现出负相关,与伸长度和优势度为正相关;人口密度与分形指数、丰富度和破碎度的线性相关程度在0.741~0.967之间,其中与丰富度的相关性达到了显著水平,表明人类活动强度增加,增大了景观构型的复杂性,加剧了景观破碎化程度。另外,以人为活动形成的景观要素,其面积比例虽然较小,但是斑块数却多,比例也较大,分布在村级景观中,对景观的破碎化也有重要的影响。

4.3 关于村级景观的研究方法

村级景观属于小尺度空间,它具有与之较大尺度空间景观更为复杂而细腻的景观信息。利用高分辨率卫星图,采用 Erle C. Ellis 等提出的分类和景观制图方法和程序,更能够精确地反映村级景观格局实际。现有的景观格局研究一般是在一个层次上反映景观格局。本项研究以地形、土地覆被、土地利用和生态立地4个层次进行分类和景观制图,分别从这4个层次上探讨村级景观结构和异质性,其斑块数量、斑块平均面积、景观多样性指数、均匀度、分形指数和破碎度指数都表现出统计学上的显著性差异。这表明对于村级景观尺度上研究景观格局,仅就某一个分类层次的景观指标是不能够反映村级景观格局信息和特征的,应该以地形、土地利用、土地覆被和最小同质生态系统单元这些反映地表斑块特征信息的分类层综合研究。本研究采用4级复合命名村级景观生态单元,从地形、土地利用、土地覆被和最小类型上反映景观信息,对于研究人为活动影响具有积极意义^[12]。傅伯杰等^[14]认为,在考虑景观生态分类体系时,具体区域研究中,可以分2或3个层次。本研究符合这一基本观点。村级景观是一类经营景观,其景观格局研究的目的是精确量化人为活动影响下的景观类型、结构和功能,以便为村级景观规划和管理提供依据,考虑如前所述4个层次,显然能提高村级景观分辨力。运用高分辨率卫星遥感图正好为村级景观的全信息研究提供保证。这样的景观分类和景观制图,虽然繁琐,但更能反映小尺度上的

真实景观格局。

致谢 本文以美国国家科学基金项目(grant:DEB-0075617)研究工作为基础。在论文研究和写作中,得到了美国佛罗里达农工大学环境科学研究所王洪庆博士帮助和建议,特此致谢。

参考文献

- Adams JM. 1999. A suggestion for an improved vegetation scheme for local and global mapping and monitoring. *Environ Man*, **23**(1): 1~13
- Antonio DG, Louisa JMJ. 2000. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1~50
- Bao L(包亮), Xia M-X(夏明新). 2003. Change of land use and landscape structure in Handan area. *Res Agric Modern* (农业现代化研究), **24**(3): 230~233 (in Chinese)
- Baudry J, Bunce RGH, Burel F. 2000. Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *J Environ Man*, **60**: 7~22
- Bernd K. 2003. Theoretical investigation of the effects of field margin and hedges on crop yields. *Agric Ecosyst Environ*, **95**: 387~392
- Chen W-B(陈文波), Xiao D-N(肖笃宁), Li X-Z(李秀珍). 2002. The characteristics and contents of landscape spatial analysis. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **22**(7): 1135~1142 (in Chinese)
- Cheng X(程序), Zeng X-G(曾晓光), Wang E-D(王大). 1997. Introduction of Sustainable Agriculture. Beijing: China Agricultural Press. 172~175 (in Chinese)
- Dai W-Y(戴文远), Yu S(余珊). 2003. Analysis on the characteristics of the pattern of Changqiao Region Landscape. *J Fujian Normal Univ* (福建师范大学学报), **19**(3): 88~93 (in Chinese)
- Erle CE, Li R-G, Cheng X, et al. 2000. Long-term change in village scale ecosystems in China using landscape and statistical methods. *Ecol Appl*, **10**(4): 1057~1073
- Erle CE, Li RG, Cheng X, et al. 2000. Agroecosystem sustainability: Developing Practical Strategies. Boca Raton, FL: CRC Press. 95~104
- Erle CE, Wang SM. 1997. Sustainable traditional agriculture in the Tai lake region of China. *Agric Ecosyst Environ*, **61**(1997): 177~193
- Ellis CE. 2004. Long-term ecological changes in the densely populated rural landscapes of China. In: Asner GP, DeFries RS, Houghton RA, eds. Ecosystem Interactions with Land Use Change. Washington, DC: American Geophysical Union.
- Frans K, Helias A. 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its applications for ecological classification. *Landscape Ecol*, **9**(2): 89~104
- Fu B-J(傅伯杰), Chen L-D(陈利顶), Ma K-M(马克明), et al. 2001. Principles and Application of Landscape Ecology. Beijing: Science Press. 150~152 (in Chinese)
- Fu B-J(傅伯杰). 1995. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the Loess area. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **15**(2): 113~120 (in Chinese)
- Gan S(甘淑), He D-M(何大明), Dang C-L(党承林). 2003. Landscape structure analysis of lancang river in Yunnan Province. *Yunnan Geogr Environ Res* (云南地理环境研究), **15**(3): 33~39 (in Chinese)
- Gong L(贡璐), Shi Q-D(师庆东), Pan X-L(潘晓玲), et al. 2004. Analysis of characteristics of landscape structure in Akesu Oasis. *J Xinjiang Univ* (新疆大学学报), **21**(1): 34~37 (in Chinese)
- Han D(韩荡), Wang Y-L(王仰麟). 1999. Study on landscape ecology of regional sustainable agriculture. *Arid Land Geogr* (干旱区地理), **22**(3): 1~8 (in Chinese)
- He N-P(何念鹏), Zhou D-W(周道玮), Wu L(吴冷), et al. 2001. Impact of human disturbance on fragmentation of village-level landscape. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **12**(6): 897~899 (in Chinese)
- Liu Y-Q(刘彦群). 2002. Consideration and suggestions on exploiting spare cultivated land resources of hilly country in the Sichuan

- basin. *J Sichuan Normal Univ* (四川师范大学学报), **25**(1):99 ~ 102 (in Chinese)
- 21 Ottaviana D, Li J, Pastore G. 2003. A multidimensional approach to understanding agro-ecosystems. A case study in Hubei Province, China. *Agric Syst*, **76**:207 ~ 225
- 22 Pickett STA, Gadenasso ML. 1995. Landscape ecology: Spatial heterogeneity in ecological systems. *Science*, **269**(21):331 ~ 334
- 23 Turner MG. 1998. Landscape Ecology: Living in A Mosaic. Oxford: Oxford University Press, Inc. 77 ~ 122
- 24 Verburg PH, Chen YQ. 2000. Multiscale characterization of land-use patterns in China. *Ecosystem*, **3**:369 ~ 385
- 25 Verburg PH, Veldkamp A, Fresco LO. 1999. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Appl Geogr*, **19**:211 ~ 233
- 26 Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, et al. 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, **277**(25):494 ~ 499
- 27 Wang HQ, Erle CE. 2004. Spatial accuracy of orthorectified IKONOS imagery and historical aerial photographs across five sites in China. *Int J Remote Sens*, **26**(9):1893 ~ 1911
- 28 Wang Y-L (王仰麟), Han D (韩 荡). 2000: Ecological planning and designing in agricultural landscapes. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(2):265 ~ 269 (in Chinese)
- 29 Wang Y-L (王仰麟), Han D (韩 荡). 1998. The progress of studies on agrolandscape pattern and progresses. *Adv Environ Sci* (环境科学进展), **6**(2):29 ~ 34 (in Chinese)
- 30 Wolfgane H. 1994. System ecological concepts for environmental planning. In: *Ecosystem Classification for Environmental Management*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 49 ~ 67
- 31 Wu HB, Guo ZT, Peng CH. 2003. Landuse induced change of organic carbon storage in soils of China. *Global Change Biol*, **9**:305 ~ 315
- 32 Xiao D-L (肖笃宁), Bu R-C (布仁仓). 1997. Spatial ecological theory and landscape heterogeneity. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **17**(5):453 ~ 461 (in Chinese)
- 33 Xiao D-L (肖笃宁), Gao J (高 峻). 2001. Programming of rural landscape and ecological construction. *Rural Ecol Environ* (农村生态环境), **17**(4):48 ~ 51 (in Chinese)
- 34 Xiao D-L (肖笃宁), Li X-Z (李秀珍). 2003. Forefronts and future strategies of landscape ecology. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **23**(8):1615 ~ 1621 (in Chinese)
- 35 Zhang H (张 慧), Miu X-B (缪旭波). 2001. Landscape ecology and its application in agricultural landscape ecology planning. *Rural Ecol Environ* (农村生态环境), **17**(1):29 ~ 32 (in Chinese)
- 36 Zhang S-R (张世榕), Gong G-S (龚国淑), Deng L-J (邓良基). 2003. Analysis of landscape spatial patterns in the hill region in the west of Sichuan basin. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **23**(2):380 ~ 386 (in Chinese)
- 37 Zhang Z-F (张兆福). 2000. Sustainable cultivated landuse in the middle hilly of Sichuan basin. *Territory Nat Resour Study* (国土与自然资源研究), **1**:4 ~ 6 (in Chinese)

作者简介 李首成,男,1958年生,副教授.从事生态学教学与科研工作,发表论文 13 篇. Tel: 0835-2882346; E-mail: Lsc5101@yahoo.com.cn

全国城市景观生态学学术研讨会通知

(第一轮)

会议背景

为促进广大城市生态环境科技工作者学术与创新思想交流,促进城市生态环境领域多学科交叉与融合,启迪创新思想,培育创新人才,为城市生态环境科技人才创新思想碰撞与展现才华提供舞台,国际景观生态协会中国分会、中国地理学会自然地理专业委员会和 IGBP 中国国家委员会 LUCC 工作组决定召开城市景观生态学学术研讨会,定于 2005 年 12 月 17 ~ 18 日(暂定)在深圳市举办。

会议主题

城市景观生态学:理论和实践

会议内容

1. 城市景观生态学研究进展:理论与方法;2. 城市景观格局演变与驱动机制;3. 遥感、地理信息系统与城市景观生态研究;4. 城市景观生态规划与建设;5. 城市区域自然与文化遗产保护;6. 景观生态学与土地利用/土地覆盖变化;7. 城市景观与城市环境的生态管理;8. 典型区域的城市景观生态研究。

报名与论文提交

会议面向全体会员、海内外景观生态学工作者及相关领域的科技工作者。欲参加者,请填写参会报名表,于 2005 年 11 月 1 日前通过电子邮件或航空邮件发送到会议联络处。

提交论文:请于 2005 年 11 月 1 日前发送到会议联络处。要求每篇论文(摘要)500 字以内,包括论文题目、作者姓名、作者工作(学习)单位、通讯地址、邮政编码和电子信箱。同时欢迎与会代表踊跃提交学术论文全文,经专家评审后将出版会议论文集。

大会联系方式

通讯地址:518055 深圳市南山区西丽镇丽水路大学城北大校区 E 栋 314,315 房间

北京大学深圳研究生院“城市景观生态学 2005 年学术年会组委会”

联系电话:(0755)26035508、(0755)26035300;图文传真:(0755)26035332

电子信箱:wujs@szpku.edu.cn, zhaoy@szpku.edu.cn

联系人:吴健生,赵苑

城市景观生态学 2005 年学术年会组委会