

# 利用 IKONOS 进行局部景观生态研究

阮仁宗<sup>①</sup>, Erle C. Ellis<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>南京大学城市与资源学系; <sup>②</sup>美国马里兰大学地理与环境系统系)

**摘要:**探索利用高分辨率的 IKONOS 进行局地微型景观研究。研究区为江苏省常州市雪堰镇的一块 400×1 000m<sup>2</sup> 的代表性的区域。与常规的景观分类方法不同的是,本研究中采用的分类方法为分层分类法,即将景观按照地形、土地利用、土地覆盖和地物的类属等层次逐层进行分类,形成属性最一致的景观单元。研究表明,高分辨率遥感影像在细微景观研究中具有得天独厚的优势。

**关键词:** IKONOS; 局部景观; 生态

**中图分类号:** P237.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2005)79-0014-04

从 1998 年开始,美国的几个商业公司陆续发射了几颗载有高空间分辨率传感器的商用卫星。这种载有高分辨率传感器的卫星统称为高分辨率遥感卫星。在这种卫星中,尤其以 Space Imaging Inc. 的 IKONOS 卫星突出。IKONOS 数据有一个全色段和 4 个多光谱段。它们光谱范围分别为:全色段(0.45~0.95μm)。多光谱段分别为蓝色波段(445~516nm)、绿色波段(506~595nm)、红色波段(632~698nm)、近红外波段(757~853nm)<sup>[1]</sup>。IKONOS 全色波段的空间分辨率为 1m,多光谱波段的空间分辨率为 4m。IKONOS 传感器具有远离天底点 60° 成像的能力<sup>[2]</sup>,可以提供立体像对,为高精度的 DEM 的制作提供了可能。另外,与 TM 和 SPOT 传感器相比,IKONOS 的回访时间为 1.5~2.5 天。虽然航空传感器也能提供高分辨率的遥感影像,但航空遥感成本高,覆盖周期长。

景观生态最早是由德国生物地理学家 Carl Troll<sup>[3]</sup> 提出。在本世纪 80 年代,这门科学在北美得到迅猛的发展<sup>[4]</sup>。景观按照尺度可以分为大、中、小和微型景观。微型景观为米级尺度的景观。景观生态是一个研究热点,然而利用高分辨率遥感进行局地微型景观研究,似乎还没有见到报道。本文探索利用 IKONOS 影像进行局地微型景观研究。

## 1 研究区概况

本文的研究区为江苏省常州市雪堰镇附近的 400×1 000m<sup>2</sup> 的范围(见彩色插页 3 图 1)。研究区内的海拔高度为 2.5~5m。该地区为典型的长江三角洲冲积平原,作物为稻麦产区,现在由于经济上的原因,该地区所种植的小麦已经很少。土壤以黄泥土为主,低山丘陵区有少量的其它土壤类型。

## 2 数据源和研究方法

本研究所用的数据为一景三波段的 IKONOS Geo 级影像数据。利用高精度的 GPS 采集控制点并利用上海基站的数据进行影像的几何纠正。在纠正好的影像上选取具有代表性的区域,利用 Arc GIS 将所研究地区的影像打印成 1:1 200 的遥感影像图,用于解译样本区的选择及解译后的景观分类的地面验证。在室内解译和野外验证相结合的基础上,根据 Erle C. Ellis 等<sup>[5]</sup>2000 年所提出的微景观分类系统,在本研究中采用分层分类法进行景观分类和编码,即将景观按照地形、土地利用、土地覆盖和地物的类属进行逐层分类,这些最一致的景观单元称为生态小区(ecotope)<sup>[6-7]</sup>。生态小区分类得到如下的分类结果(见彩色插页 3 图 2 和表 1)。研究区共有 312 个缀块,按照上述的分类系统,共分成了 30 个类。在景观分类完成后,选择了一些景观指数如面积、周长、分维度、形状指数、多样性指数、优势度和破碎度指数来刻画景观格局和景观异质性。研究中所选用的景观指数如下:

### 2.1 缀块面积(A)和周长(P)

缀块大小直接影响着景观的生物量、养分贮存和物种组成。缀块面积和周长是测度缀块大小的重要尺度。

### 2.2 分维度(Fractal Dimension)

分维度是用来测度缀块形状复杂程度的尺度<sup>[8]</sup>。分维几何中,周长 P 和面积 A 的关系如下:

$$P = K(A^{D/2})$$

对于正方形缀块, k 等于 4。于是,上式等于

$$P = 4(A^{D/2})$$

因此,  $D = 2 * \ln(0.25P) / \ln(A)$

式中 D 表示几何的分维度,其理论值在 1.0~2.0 之间,1.0 表示最简单的正方形,2.0 表示等面积最复杂的几何形状。

收稿日期:2004-09-15 修订日期:2004-12-16

基金项目:美国科学基金会资助项目(grant number: NSF BIO GRANT #0075617)

作者简介:阮仁宗(1965-),男,安徽合肥人,在读博士生,主要兴趣为遥感及其在景观生态学上的应用。E-mail: ruanrenzong@163.com

表1 研究区的景观分类表

地形	土地利用	土地覆盖	组	类	编码	描述
CA	F	W	wa	01	CAFWwa01	静水,没有用于养鱼
PA	F	W	wa	01	PAFWwa01	静水,没有用于养鱼
TE	C	E	ir	01	TECEir01	宽度大于2m、可渗漏的灌溉渠或者排水沟
TE	C	E	tr	01	TECEtr01	宽度大于2m的土路
TE	C	S	ho	01	TECSHo01	单独的单层房
TE	C	S	ho	04	TECSHo04	多层的独房
TE	C	S	ho	06	TECSHo06	多层但连片的房屋
TE	C	S	tr	02	TECStr02	宽度大于2m的铺就路
TE	D	E	db	01	TEDEdb01	宽度大于2m的线性裸露地面,没有建筑物和垃圾
TE	D	M	db	18	TEDMdb18	宽度大于30m、夹杂有木本和少量树的多年生用地,没有建筑物和垃圾
TE	F	A	av	03	TEFAav03	草地,大多数地方为一年生草,杂有少量的多年生草本植物
TE	F	P	dt	02	TEFPdt02	林地,树冠闭合,大多数树为阔叶树种
TE	F	P	en	02	TEFPen02	林地,树冠闭合,大多数树为针叶树种
TE	F	P	mt	02	TEFPmt02	针、阔叶混交林地
TE	F	P	tg	04	TEFPtg04	宽度大于2m的狭长竹林
TE	I	P	od	33	TEIPod33	宽度小于30m的成熟桃园
TE	M	E	ex	01	TEMEex01	宽度小于30m的采石坑或者土坑
TE	O	M	pp	06	TEOMpp06	小于30m的公共用地,上面为用于公共目的的树,并且疏于管理
TE	O	P	tg	05	TEOPtg05	小片竹林(小于30m)
TE	P	A	ri	01	TEPAri01	稻田但不用于育秧
TE	R	A	ac	01	TERAac01	规模小于30m的集约型菜地
TE	R	M	ew	30	TERMew30	规模小于30m的幼茶园
TE	R	M	oe	33	TERMoe33	规模小于30m的成熟桔园
TE	R	P	ew	33	TERPew33	规模小于30m的成熟茶园
TE	R	P	ew	34	TERPew34	规模大于30m的成熟茶园
TE	R	P	od	33	TERPod33	规模小于30m而且无灌溉的桃园
TE	R	P	od	34	TERPod34	规模大于30m而且无灌溉的桃园
TR	D	E	db	01	TRDEdb01	宽度大于2m的线性裸露地面,没有建筑物和垃圾,非平坦地势
TR	D	E	db	02	TRDEdb02	宽度小于30m的裸露土地,没有建筑物和垃圾
TR	D	A	db	08	TRDMdb08	宽度小于30m、生长着多年生草本植物土地

### 2.3 形状指数

形状指数反映景观组分级块的复杂程度<sup>[8]</sup>,本文利用平均形状指数 其计算公式为:

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( \frac{0.25P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{N}$$

式中,  $P_{ij}$  为级块的周长;  $a_{ij}$  为级块的面积; 当景观中的几何形状都是正方形时,  $MSI$  为 1; 当级块的形状偏离正方形时,  $MSI$  值增大。

### 2.4 多样性指数(H)

多样性指数反映景观要素或者生态系统在结构、功能及随时间变化方面的多样性,它描述景观的复杂性<sup>[9]</sup>。本研究采用了信息论中的 Shannon 多样性指数,其计算公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \log P_i)$$

式中,  $H$  是景观的多样性指数;  $P_i$  是景观类型  $i$  的面积占总面积的比重。多样性指数  $H$  越大,研究区景观就越复杂。

### 2.5 破碎度指数( $F_i$ )

$$F_i = \frac{P_i^{i-1}}{Q}$$

式中  $F_i$  为土地利用类型  $i$  破碎度指数;  $P_i$  是土地利用类型  $i$  的级块数;  $Q$  是研究区所有土地利用类型的平均面积。破碎度是指景观被分割的程度。景观破碎度指数越大,它所代表的景观就越破碎<sup>[8]</sup>。

### 2.6 优势度

优势度是用于测度景观中一种或者几种景观支配的程度。它的表达式为:

$$\text{优势度} = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \log P_i)$$

式中,  $H_{\max}$  是最大多样性指数,其值可由  $H_{\max} = \ln(m)$  求出,  $m$  是景观类型数。  $P_i$  是景观类型  $i$  的面积占总面积的比重。优势度大,则表明景观是以一种或者几种主要景观类型为主组成的,如果该值小,则表明景观是由多种景观按大致相当的比例组成的<sup>[8]</sup>。

## 3 结果分析

研究区景观单元数量最多的是 TERAac 01 这种景观,有 53 块。这种景观的土地利用方式为旱地。野外调查表明,TERAac 01 在当地主要为集约型经营的菜地,这种景观的平均面积为 1 595.87m<sup>2</sup>,约合 2 亩半左右。从面积统计的角度来看,面积最大的景观类型为 TEPAr101,总面积为

表2 研究区景观空间格局指数

景观类型	景观数	每类景观面积 (m <sup>2</sup> )	每类景观面积占总面积的%	平均景观面积	平均景观周长	平均景观分维数	平均景观形状指数	破碎度指数
CAFWwa01	1	4 070.24	1.02	4 070.24	452.29	1.14	1.77	0.00
PAFWwa01	11	2 161.94	0.54	196.54	59.85	1.07	1.20	0.50
TECEir01	8	885.83	0.22	110.73	119.93	1.42	2.76	0.35
TECEtr01	23	7 547.50	1.89	328.15	230.86	1.40	3.16	1.09
TECSho01	4	1 379.37	0.35	344.84	74.53	1.07	1.18	0.15
TECSHo04	1	1 611.66	0.40	1 611.66	159.70	1.00	1.00	0.00
TECSHo06	2	30 519.19	7.63	15 259.59	589.25	1.11	1.55	0.05
TECStr02	2	3 319.21	0.83	1 659.61	437.14	1.24	2.52	0.05
TEDEdb01	1	89.52	0.02	89.52	45.23	1.08	1.20	0.00
TEDMdb18	2	7 066.46	1.77	3 533.23	393.17	1.14	1.75	0.05
TEFAav03	2	3 674.32	0.92	1 837.16	284.38	1.23	1.98	0.05
TEFPdt02	7	16 637.85	4.16	2 376.84	285.14	1.10	1.52	0.30
TEFPen02	3	59 826.50	14.97	19 942.17	786.90	1.12	1.69	0.10
TEFPmt02	2	114.34	0.03	57.17	37.81	1.18	1.36	0.05
TEFPtg04	1	6 665.79	1.67	6 665.79	550.53	1.12	1.69	0.00
TEIPod33	1	2 460.82	0.62	2 460.82	224.58	1.03	1.13	0.00
TEMEex01	15	10 069.76	2.52	671.32	118.61	1.07	1.27	0.69
TEOMpp06	1	2 673.03	0.67	2 673.03	467.82	1.21	2.26	0.00
TEOPtg05	1	532.43	0.13	532.43	123.60	1.09	1.34	0.00
TEPAri01	19	85 962.28	21.50	4 524.33	302.39	1.05	1.25	0.89
TERAac01	53	84 580.97	21.16	1 595.87	193.33	1.07	1.31	2.58
TERMew30	1	1 495.51	0.37	1 495.51	210.18	1.08	1.36	0.00
TERMoe33	1	945.11	0.24	945.11	220.55	1.17	1.79	0.00
TERPew33	10	32 691.69	8.18	3 269.17	251.45	1.05	1.25	0.45
TERPew34	2	3 065.21	0.77	1 532.61	192.68	1.06	1.25	0.05
TERPod33	13	17 009.95	4.25	1 308.46	212.31	1.10	1.47	0.59
TERPod34	1	1 743.57	0.44	1 743.57	307.10	1.16	1.84	0.00
TRDEdb01	1	994.24	0.25	994.24	380.78	1.32	3.02	0.00
TRDEdb02	8	8 557.21	2.14	1 069.65	251.70	1.14	1.81	0.35
TRDMdb08	1	1 413.18	0.35	1 413.18	220.57	1.11	1.47	0.00

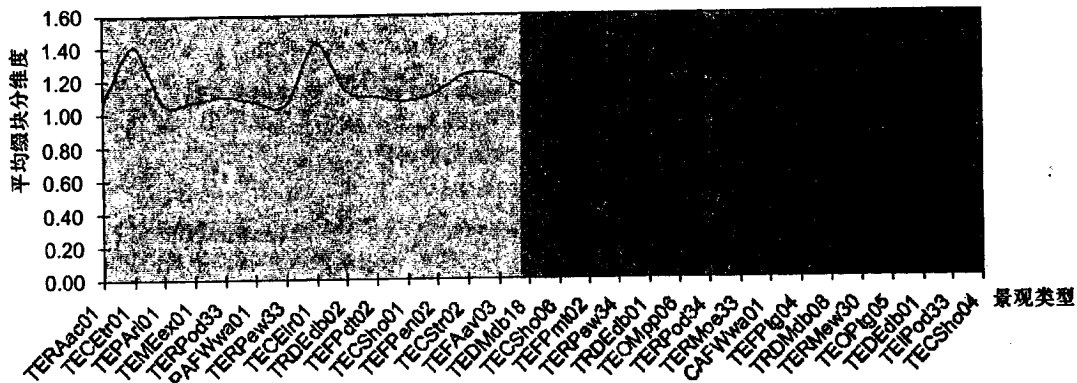


图1 不同类型景观与分维度示意图

85 962.28m<sup>2</sup>,占研究区总面积的 21.5%。这种景观单元的土地利用方式为稻田,并且不专门用于育秧。这种景观单元的土地覆盖在当地多为一季稻、一季油菜。以前,当水稻收获后,常常种植小麦,现在由于油菜籽的收购价格提高了,农民在收获水稻后,主要种植油菜。也有少量的水稻田在冬季是不种植作物的。

类型总面积第二大的景观类型为 TERAac 01,面积为 84 580.97m<sup>2</sup>,占研究区总面积的 20.16%。TERAac 01 尽管在总面积上与 TEPAri 01 相近,但是平均单元面积只有 TEPAri 01 的三分之一,而该类型的单元数量却为 TEPAri 01 的近三倍。可见 TERAac 01 这种景观较破碎,这也可以从破碎度指数上得到验证,TERAac 01 的破碎度指数为

2.58, 而 TEPAri 01 的破碎度指数为 0.89, 可见 TERAac 01 的破碎程度要比 TEPAri 01 的高得多。造成 TERAac 01 破碎的根本原因是因为在实行联产承包责任制后, 农民分配到旱地地块通常较小, 而且近些年, 旱地经营亦趋多样化, 有相当部分已经种植了茶树和其它经济林木, 这使得旱地的分维度最大的景观类型为 TECEir 01, 景观的分维度达 1.42。为灌溉用的水渠或者天然水沟, 它外形通常弯弯曲曲, 景观的分维度高, 说明它的形状比较复杂。分维度第二大的为未铺就的土路, 它的形状往往很复杂, 与水沟一样弯弯曲曲。分维度最小的景观类型是 TECSho 04, 分维度指数为 1.00, 这是房屋, 它具有规则的几何形状, 往往是矩形。

形状指数最大的景观类型是 TECEtr 01, 为 3.16; 这是未铺就的土路, 它不仅具有最大的形状指数, 而且分维度指数也是很大的, 其分维度指数高达 1.40, 仅次于 TECEir 01 的分维度指数。未铺就的土路蜿蜒曲折, 长宽比很大, 所以这种景观的形状指数高。形状指数第二大的为 TRDEdb 01, 为 3.02; 这是线性的裸露土地, 景观的周围没有建筑物或者垃圾。形状指数最小的是 TECSho 04, 形状指数为 1.00; 因为房屋多为规则的几何体, 所以它的形状指数小。

通过计算, 研究区的景观多样性指数为 2.42, 优势度为 0.98, 可见研究区的多样性指数不高, 优势度却很高, 说明研究区的景观类型并不多, 主要为几种优势景观类型所主

导, 这几种优势景观为 TEPAri 01、TERAac 01 和 TEF-Pen02, 这三种景观类型的面积占了研究区的 57.63%。

#### 4 结束语

本研究表明, 高分辨率遥感传感器不仅具有一般遥感传感器的优点, 即具有实时、高效的特性, 能节省景观调查中大量的人力、物力。高空间分辨率遥感影像在局地景观的研究中具有其他信息源所无法替代的优点。一般的遥感数据如 TM、SPOT 等由于分辨率的原因, 不足以捕捉局地的景观信息, 而这些信息对于小尺度的景观研究具有重要的意义。江南地区土地利用的集约程度高, 土地利用类型繁多, 地块单元小, 在 TM 等遥感图像上, 往往以混合像元存在。而利用 IKONOS 可以对研究区的景观类型进行更详细的区分, 为小尺度景观研究提供了技术和方法, 从而使小尺度研究摆脱了仅依靠人工地面调查和航空像片的窘境, 为小尺度景观研究开辟了新途径。

#### 致谢

在此感谢常州市农业局的领导在我们调查过程中所给予的大力支持。同时也非常感谢中国科学院南京土壤研究所杨林章研究员所给予的指导。

#### 参考文献

- 1 Wang J. and Zhang Q. Mapping urban land use from high resolution IKONOS imagery[C]. in Geoinformatics' 2002. 2002, Nanjing, China.
- 2 Toutin T. and Cheng P. Demystification of IKONOS[J]. Earth Observation Magazine, 2000, 9(7): 17~21.
- 3 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态的原则[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 217~221.
- 4 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- 5 Ellis E. C., et al. Long-term change in village-scale ecosystems in China using landscape and statistical methods[J]. Ecological Applications, 2000, 10(4): 1057~1073.
- 6 Klijn F. and Udo De Haes H. A. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification[J]. Landscape Ecology, 1994, 9(2): 89~104.
- 7 Ruan R Z, Ellis, E C. An illustrative study on local landscape and its long-term changes based on IKONOS and historical aerial photo[J]. Chinese Geographical Science, 2004, 14(2): 162~169.
- 8 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报, 1994, 15(2): 113~120.
- 9 田光进, 等. 基于遥感与 GIS 的北京市土地利用动态演化模式研究[J]. 遥感信息, 2003(1): 7~10.

## An Illustrative Study on Local Landscape Based on IKONOS

RUAN Ren-zong<sup>①</sup>, Erle C. ELLIS<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, P. R. China;

<sup>②</sup>Department of Geography and Environmental Systems, University of Maryland, Baltimore County (UMBC).)

**Abstract:** The paper is an exploration of research on the local fine landscape using IKONOS high-resolution remotely sensed data. The study area, which lies in Xueyan township in Changzhou, is typical of the Yangtze River middle and lower section floodplain, the extent of 400×1 000m<sup>2</sup>. Landscape is stratified into ecotypes at four levels. Then landscape indices was computed for the description of landscape characteristics and pattern. The study shows that high-resolution remotely sensed data is a great promise to the research of landscape.

**Key words:** IKONOS; local landscape; ecology