

## 山东半岛典型流域果园与旱地景观结构分析\*

陈雅琳 常学礼 崔步礼

(鲁东大学地理与资源管理学院 烟台 264025)

**摘要** 以烟台市土地利用现状图和2002年9月9日的ETM影像为信息源,结合地面考察,在3S技术的支持下,选取景观百分比、斑块密度、周长-面积分维数和斑块凝聚度,对烟台市16个典型流域的果园与旱地景观结构进行了分析。结果表明,果园在各流域中的面积比重较小,旱地面积占绝对优势;但果园斑块数量多。对各种景观指数比较表明,旱地的平均景观百分比明显高于果园景观,果园景观的平均、最大及最小斑块密度均明显高于旱地景观,两种景观的周长-面积分维数相差不大但斑块凝聚度的差异显著。

**关键词** 果园景观 旱地景观 景观结构 山东半岛

**Analysis on landscape structure of orchard and non-irrigable cropland in the typical basins of Shandong Peninsula.**

CHEN Ya-Lin, CHANG Xue-Li, CUI Bu-Li (College of Geography and Resource Management, Ludong University, Yantai 264025, China), *GJEA*, 2007, 15(2): 173~177

**Abstract** Based on 3S techniques, the study compared the landscape structures of orchard and non-irrigable cropland of 16 typical basins in Yantai City by using the land-use map of Yantai City and the Landsat TM image in Sept. 9, 2002. The percentage of landscape, patch density, perimeter-area fractal dimension and patch cohesion index were calculated by using Fragstats 3.3. The results show that though Yantai City is famous for its vegetables and fruits, the proportion of orchard is not the largest in area. Non-irrigable cropland landscapes are dominant in area and orchard landscapes are dominant in patch number. The conclusion made through comparing different landscape indices is that the average percentage of non-irrigable cropland landscape is higher than that of orchard landscape. The average, the largest and the smallest patch densities of orchard landscape are higher than those of non-irrigable cropland landscape obviously. No significant difference between orchard landscape and non-irrigable cropland landscape in perimeter-area fractal dimension is observed, but there are great changes from orchard landscape to non-irrigable cropland landscape in patch cohesion index.

**Key words** Orchard landscape, Non-irrigable cropland landscape, Landscape structure, Shandong Peninsula

(Received March 5, 2006; revised May 31, 2006)

空间格局一直是景观生态学研究的重点<sup>[14~17]</sup>。景观格局是由自然或人为因素形成的一系列大小形状各异、排列不同的景观要素共同作用形成的,是各种复杂的物理、生物和社会因子相互作用的结果<sup>[18~21]</sup>。同时,景观格局也深深地影响并决定着各种生态过程<sup>[1]</sup>。许多学者利用空间自相关分析、分形分析、波谱分析和半变异矩分析等方法研究了湿地、森林和沙漠等不同对象的景观格局,并取得了系列成果<sup>[2~5]</sup>。与此同时,基于流域的景观生态学研究逐渐成为生态学研究的一个新领域<sup>[6]</sup>,该领域基于流域生态学和景观生态学的思想,以流域为研究尺度,分析流域内景观格局的动态变化,揭示流域景观格局变化机制<sup>[7~10]</sup>。但目前这方面的研究主要集中在一些生态环境敏感的河流三角洲(黄河、辽河)及全流域(塔里木河、黑河)等区域<sup>[7~9]</sup>。烟台市地形以低山丘陵为主,河流属半岛边沿水系,河床比降大,河流对地表的切割作用较强。由于新构造运动的影响,在胶东半岛形成了大量的源短流急、涨落急剧的小河流<sup>[10]</sup>,据统计,在烟台市境内共有大小河流4320多条。烟台市土地利用以农田、果园、林地等的交替分布为特征,是全国久负盛名的果品产区。无论从面积还是斑块数量上果园景观都有一定的优势度。本研究以流域为尺度对果园与旱地景观格局进行比较分析,为揭示流域空间尺度差异对土地利用的影响机制提供理论基础。

\* 鲁东大学校基金项目(20053201)、山东省教育厅项目(J01H03)和山东省自然科学基金项目(Z2003E01)资助

收稿日期:2006-03-05 改回日期:2006-05-31

# 1 研究区概况与研究方法

## 1.1 研究区概况

烟台市地处山东半岛东部,位于北纬 36°16′~38°23′,东经 119°34′~121°67′,属暖温带大陆性季风气候,与同纬度内陆地区相比具有雨水适中、空气湿润、气候温和的特点。全市年均降水量为 651.9mm,年均气温 11.8℃,年均相对湿度 68%,年均日照时数 2698.4h,年均太阳辐射总量 5224.4kJ/m<sup>2</sup>,年均风速内陆地区 3~4m/s,沿海地区 4~6m/s,全市平均无霜期 210d。烟台市地形为山地丘陵区,山区起伏和缓,沟壑纵横交错,山地占总面积的 36.62%,丘陵占 39.7%,平原占 20.78%,洼地占 2.9%。山区位于市域中部,海拔在 500m 以上,最高峰为昆嵛山,海拔 922.8m;丘陵区分布于低山区周围及其延伸部分,海拔 100~300m,起伏和缓,沟谷浅宽,谷内冲积物发育,土层较厚;平原分布于河谷两岸及滨海地带。

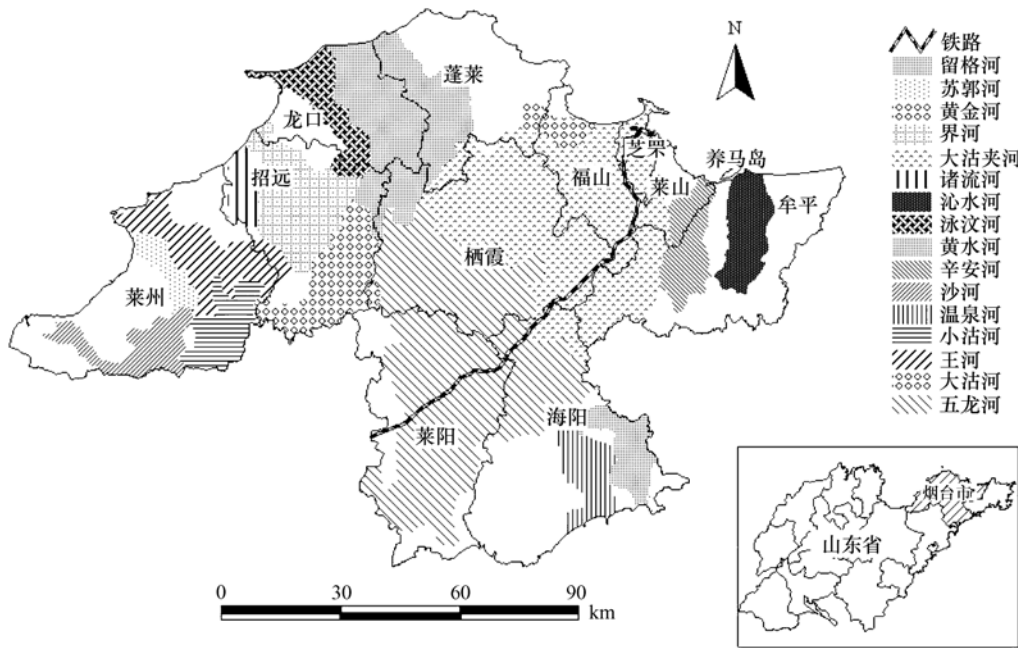


图 1 烟台市图

Fig.1 Map of Yantai City

## 1.2 研究方法

本研究以 2002 年 9 月 9 日 ETM 影像为信息源,以 1996 年烟台市土地利用现状图(比例尺 1:150000)的图斑分类和地面 GPS 点调查为斑块属性引导进行影像解译。图像的几何校正用 Erdas 8.6 完成,在 Arcview 3.3 中完成目视解译后,在 Arc Info 7.1 环境下将解译图进行拓扑,并根据地形图流域边界清绘出 16 个典型流域(图 1)。

各流域的景观分类采用土地利用三级分类体系,将斑块划分为疏林、成林、灌木林、果园、农村居民地、城镇、水浇地、旱地、水面及其他 10 种类型。同时,利用 Clip 命令切割出 16 个流域并获得流域面积(图 2、表 1)。选取面积比重较大、分布较广的果园与旱地景观进行对比研究,用景观结构分析软件 Fragstats 3.3 计算各流域的相关景观指数。

本研究分析的景观指数主要有景观百分比(Percentage of landscape)、斑块密度(Patch density)、周长-面积分维数(Perimeter-area fractal dimension)和斑块凝聚度(Patch cohesion index)。景观百分比是衡量景观中每个斑块类型比例的相对值,适合于衡量面积各异的景观的组成。计算公式为:

$$PL = P_i = \sum A_i / A \times 100 \tag{1}$$

式中,  $P_i$  为斑块类型  $i$  所占景观的百分数,  $A_i$  为斑块  $i$  的面积,  $A$  为景观总面积。  $0 < PL \leq 100$ , 当相关斑块类型面积非常小时  $PL$  接近于 0, 当整个景观仅有一个斑块组成时,  $PL$  为 100。 斑块密度计算公式为:

$$PD = N_i / A \times 10000 \times 100 \tag{2}$$

式中,  $PD$  为斑块密度,表示每 100hm<sup>2</sup> 的斑块数;选择 4 斑块相邻或 8 斑块相邻来描述斑块将影响这一指标,本文选取 8 斑块相邻;  $N_i$  为景观中斑块类型  $i$  的斑块数量;  $A$  为景观的总面积。 周长-面积分维数是通过空间尺度变化反映斑块形状复杂程度的指标,计算公式如下:

$$FD = \frac{2}{\frac{n_i \left[ \sum_{j=1}^n (\ln p_j \cdot \ln a_j) \right] - \left[ \left( \sum_{j=1}^n \ln p_j \right) \left( \sum_{j=1}^n \ln a_j \right) \right]}{\left[ n_i \sum_{j=1}^n \ln p_j^2 \right] - \left[ \sum_{j=1}^n \ln p_j \right]^2}} \tag{3}$$

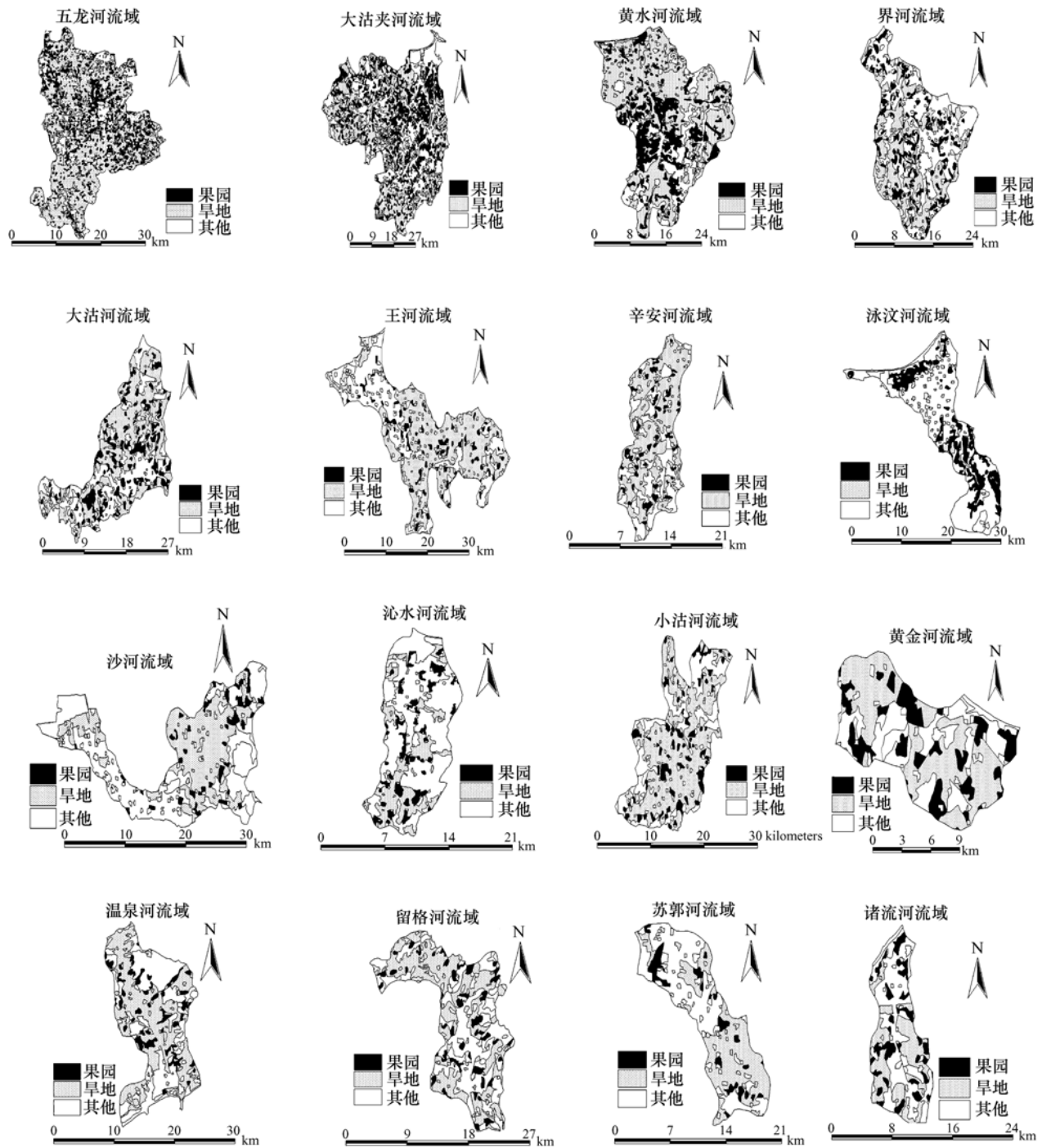


图 2 烟台市各流域果园与旱地分布图

Fig.2 Distribution maps of orchard and non-irrigated cropland in different river basins

表 1 烟台市各河流流域面积与流经区域

Tab.1 Basin areas and locations of rivers in Yantai City

河流名称	五龙河	大沽夹河	大沽河	王 河	黄水河	辛安河	小沽河	留格河
Name of rivers	Wulong	Dagujia	Dagu	Wang	Huangshui	Xin'an	Xiaogu	Liuge
	River	River	River	River	River	River	River	River
流域面积/km <sup>2</sup>	2659.6	2296.0	476.7	473.7	1057.5	295.4	272.2	231.7
河流名称	温泉河	界 河	黄金河	泳汶河	沁水河	苏郭河	沙 河	诸流河
Name of rivers	Wenquan	Jie River	Huangjin	Yongwen	Qinshui	Suguo	Sha	Zhu Liu
	River		River	River	River	River	River	River
流域面积/km <sup>2</sup>	250.4	557.9	260.9	293.5	289.7	132.7	276.3	114.5

式中,  $FD$  为周长-面积分维数,  $a_j$  为斑块  $j$  的面积,  $p_j$  为斑块  $j$  的周长,  $n_i$  为景观中斑块类型  $i$  的斑块数量。 $FD$  满足  $1 \leq FD \leq 2$ 。当  $FD=1$  时, 斑块形状为简单的欧几里德正方形; 当  $FD=2$  时, 斑块的形状及其复杂。斑块凝聚度可以衡量相关斑块类型的物理连接性, 用来描述景观中生境的破碎程度。计算公式如下:

$$PCI = \left[ 1 - \frac{\sum p}{\sum p \sqrt{a}} \right] \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{N}} \right]^{-1} \times 100 \quad (4)$$

$$a = A / s^2 \quad (5)$$

$$p = P / s \quad (6)$$

式中,  $PCI$  为斑块凝聚度, 且  $0 \leq PCI < 100$ ; 当斑块类型越聚集,  $PCI$  越大, 即相关斑块类型的物理连接性越强;  $A$ 、 $P$  分别为斑块的面积和周长;  $N$  为景观中栅格数;  $s$  为栅格边长。

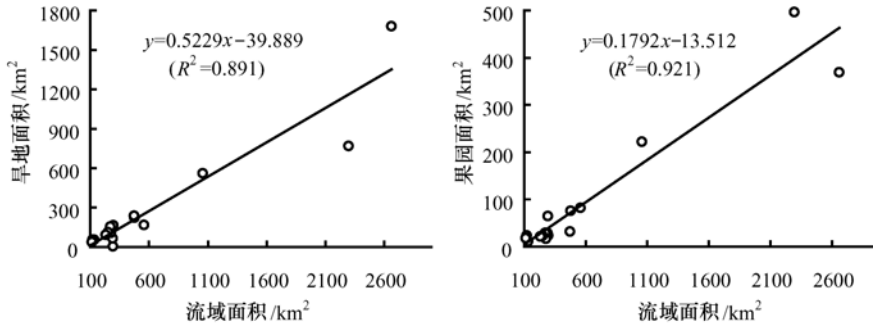


图 3 流域面积与旱地面积和果园面积的相关分析

Fig.3 Relationships between the basin area and non-irrigable cropland area, orchard area

正相关关系, 且相关系数达到 0.94 以上。各流域不同斑块特征分析(表 2)表明, 各流域旱地所占流域总面积的比重最大, 为 45.77%, 而果园景观仅占流域总面积比重的 15.71%; 旱地的总面积和流域间平均面积也明显高于果园, 分别为 44.85 万  $hm^2$  和 28031.39 $hm^2$ , 而果园仅为 14.40 万  $hm^2$  和 9622.02 $hm^2$ 。

从表 2 还可以看出, 各流域中旱地与果园的斑块数量相差悬殊, 果园的斑块数量为 1001 个, 占流域总斑块数的 18.61%, 而旱地斑块数量为 423 个, 仅占流域总斑块数的 7.86%。从各流域旱地与果园的对比分析中可以看出, 烟台市旱作农业面积占有较高的比例, 各流域斑块数量都以果园占绝对优势。说明山东半岛各流域中旱地连通性高, 大面积成片出现, 而果园分布却呈“地块多、面积小”的分布格局。

### 2.2 基于流域的旱地与果园景观指数分析

景观指数方法在景观结构的描述、比较和动态研究中应用越来越广泛<sup>[11,12]</sup>。景观指数是指能够高度概括景观格局信息, 反映其结构组成和空间配置特征的简单定量指标, 已成为定量研究景观格局和动态变化的主要指标之一<sup>[12,13]</sup>。对反映研究区的果园与旱地景观格局特征的几种景观指数分析结果见表 3 和表 4。

表 3 烟台市果园景观指数特征

Tab.3 Index characters of orchard in Yantai City

项目	景观百分比	斑块密度	周长-面积分维数	斑块凝聚度
Items	PL	PD	FD	PCI
最大值	22.763	0.153	1.041	83.798
最小值	6.628	0.051	1.006	23.822
平均值	13.382	0.109	1.023	35.856

表 4 烟台市旱地景观指数特征

Tab.4 Index characters of non-irrigable cropland in Yantai City

项目	景观百分比	斑块密度	周长-面积分维数	斑块凝聚度
Items	PL	PD	FD	PCI
最大值	63.062	0.061	1.066	99.605
最小值	2.041	0.009	1.006	26.307
平均值	41.293	0.037	1.048	89.535

从研究区各流域的景观百分比分析可以发现, 各流域果园景观百分比平均值为 13.382, 最大值为 22.763, 出现在泳汶河流域, 最小值为 6.628, 出现在王河流域; 旱地景观的百分比平均值为 41.293, 最大值与最小值分别出现在五龙河流域和泳汶河流域, 为 63.062 和 2.041。由此可以看出, 泳汶河流域果园面积大于旱地面积, 与各流域总体特征不同, 说明该流域虽小但有发展果树业的特殊优势。旱地的景观百分比

## 2 结果与分析

### 2.1 基于流域的旱地与果园景观特征分析

流域面积分析表明(表 1), 所选 16 个流域的面积在 114.5~2659.6 $km^2$  之间。其中, 五龙河流域面积最大, 为 2659.6 $km^2$ ; 而诸流河流域面积最小, 仅为 114.5 $km^2$ 。从旱地、果园与流域面积的回归分析可以看出(图 3), 旱地、果园面积与流域面积均存在线形

表 2 烟台市不同流域主要斑块类型统计特征

Tab.2 Statistical characters of major patch typers of the river basins in Yantai City

土地利用类型	总面积/万 $hm^2$	占流域总面积比/%	流域间平均面积/ $hm^2$	总斑块数量	占总斑块比/%	平均斑块面积/ $hm^2$
Landuse types	Total area	Rate to total basin area	Average area among basins	Total patch numbers	Rate to total patch	Average patch area
果园	15.40	15.71	9622.02	1001	18.61	153.80
旱地	44.85	45.77	28031.39	423	7.86	1060.29

相差悬殊,其中最大值出现在五龙河,这与五龙河所处的位置有关,五龙河发源于栖霞市,主要流经莱阳和海阳(表1),莱阳与海阳属于丘陵区,地势较平坦,适合连片耕作,发展旱作农业。各流域的果园与旱地景观无论在最大斑块密度、最小斑块密度还是平均斑块密度都相差悬殊。果园景观斑块密度的各个指标均高于旱地景观,显示了果园景观单位面积的斑块数量明显高于旱地景观的景观特点。其中果园景观的最大斑块密度为0.1526,出现在辛安河流域;旱地景观的最大斑块密度为0.061,出现在沁水河流域。研究区各流域内的果园景观与旱地景观的周长-面积分维数相差不大,果园与旱地景观的最大周长-面积分维数与平均周长-面积分维数均仅相差0.025,而最小周长-面积分维数相同,这充分说明了研究区各流域内果园与旱地景观的斑块形状均比较简单,变化不明显,且这两种景观之间的形状相差不大。研究区各流域内果园景观斑块凝聚度变化在23.822~83.798之间,旱地景观斑块凝聚度变化在26.307~99.605之间,无论是果园还是旱地景观的凝聚度变化均非常显著,说明有的斑块物理连接性很好而有的斑块物理连接性却很差,这与自然环境、地形、人为干扰等因素有关。果园与旱地景观相比,其最大斑块凝聚度与最小斑块凝聚度相差不大,但其平均值却相差悬殊,反映出研究区各流域旱地的物理连接性明显高于果园的特点。

### 3 讨论

在流域生态系统的研究中,景观生态分析方法得到了广泛重视<sup>[7,22,23]</sup>。从景观斑块特征来看,山东半岛果园总面积在区域中并未占主导地位,而是以斑块数量高为主要特征,旱地却以总面积占绝对优势为主要特征。这与山东半岛的气候、地形有很大关系。在景观尺度上各景观指数的分析表明,泳汶河流域的果蔬业较发达,而五龙河流域的旱作农业占绝对优势,这与区域所处的地理位置、地形及历史原因有关。在斑块尺度上,辛安河果园景观的斑块密度最大,景观破碎化程度最高,而沁水河流域旱地景观破碎化程度最高;两种景观的周长-面积分维数相差不大,说明斑块形状均比较单一,因为农田受人为干扰较大,其边缘为形状简单的直线或近似直线。烟台市是山东半岛的重要组成部分,基于流域的景观结构研究,对于烟台市以至整个山东半岛地区生态环境评价、景观生态设计及土地资源的合理利用都有重要意义。

### 参 考 文 献

- 1 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究. 应用生态学报,2002,13(1):121~125
- 2 常学礼,张德干,杨 持. 农牧交错区沙地景观空间格局的间隙度分析. 中国沙漠,1999,19(增刊1):12~17
- 3 常学礼,邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析. 生态学报,1998,18(3):225~232
- 4 钱乐祥,李 爽,张晓伟. 伊洛河流域典型地段植被景观格局变化研究. 中国生态农业学报,2005,13(1):49~52
- 5 王 茜,任宪友,肖 飞,等. RS与GIS支持的洪湖湿地景观格局分析. 中国生态农业学报,2006,14(2):224~226
- 6 尚宗波,高 琼. 流域生态学——生态学研究的一个新领域. 生态学报,2001,21(3):468~473
- 7 王宪礼,肖笃宁,布仁仓,等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. 生态学报,1997,17(3):317~323
- 8 王根绪,程国栋. 近50a来黑河流域水文及生态环境的变化. 中国沙漠,1998,18(3):233~238
- 9 王渊高,王家骥,姚小红,等. 黑河流域生态承载力估测. 环境科学研究,2000,13(2):44~48
- 10 杜国云. 胶东半岛新构造东西分异的水系特征统计分析. 北京大学学报,2001,37(3):407~412
- 11 岳文泽,徐建华,颜耀文. 半干旱区城乡接合部景观镶嵌结构研究——以兰州市西固区为例. 干旱区研究,2002,19(1):63~68
- 12 钟来元,郝晋珉. 粤西低山丘陵区景观生态及景观优化研究——以高州市新垌镇为例. 中国生态农业学报,2006,14(2):227~229
- 13 闫淑君,洪 伟,吴承祯,等. 福建省森林景观时空动态特征研究. 中国生态农业学报,2005,13(3):162~164
- 14 Burrough P. A. Principles of Geographic Information Systems for Earth Resources Assessment. Oxford, UK:Clarendon Press, 1986. 193
- 15 Lam N. S. Description and measurement of landsat TM images using fractals. Photogr. Engin. Rem. Sen., 1990, 56:187~195
- 16 O'Neill R. V., Krummel J. R., Gardner R. H., et al. Indices of landscape pattern. Landsc. Ecol., 1988, 1(3):153~162
- 17 Turner M. G., Gardner R. H. Quantitative Methods in Landscape Ecology. New York, USA:Spring-Verlage, 1991
- 18 Hulshoff R. M. Landscape indices describing a Dutch landscape. Landscape Ecol., 1995, 10(2):101~111
- 19 Krummel J. R., Gardner R. H., Sugihara G., et al. Landscape patterns in a disturbed environment. Oikos, 1987, 48:321~324
- 20 Turner M. G., Ruscher C. L. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. Landscape Ecol., 1988, 1(4):241~251
- 21 Turner M. G. Landscape changes in nine rural counties of Georgia. Photogrammetric Eng. Remote Sensing, 1990, 56(3):379~386
- 22 Alcaraz F., Rios S., Inocencio C., et al. Variation in the riparian landscape of the Segura River Basin, SE Spain. Journal of the Vegetation Science, 1997, 8(4):597~600
- 23 Andersson L., Sivertun A. A. GIS-supported method for detecting the hydrological mosaic and the role of man as a hydrological factor. Landscape Ecology, 1991, 5(2):107~124