

# 山东半岛流域面积对果园分布格局的影响

陈雅琳, 常学礼, 崔步礼

(鲁东大学地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

**摘 要:**以烟台市 1996 年土地利用现状图图斑分类和地面调查为斑块属性引导, 在 3S 技术的支持下, 对 2002 年 9 月 9 日的 ETM 影像进行解译分析, 选取果园总面积、斑块数、形状指数和斑块凝聚度等景观指标, 对烟台市 14 个典型流域的果园分布格局进行了分析, 揭示了各流域的果园景观的总体特征。结果表明: 果园总面积(CA)、斑块数量(NP)和景观形状指数(LSI)与流域面积和流域形状指数的关联程度极为显著(在 0.01 水平上), 关联系数分别为 0.960 和 0.694。果园景观斑块凝聚度(COHESION)与流域面积的关联程度较显著(在 0.05 水平上), 关联系数为 0.608; 果园斑块数量(NP)与流域形状指数的关联程度较显著(在 0.05 水平上), 关联系数为 0.549。各因子与流域面积及流域形状均呈正相关的线性回归关系。

**关键词:**流域面积; 流域形状; 果园分布格局; 关联分析; 山东半岛

中图分类号: S66.33

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)02-0263-05

## The Impacts of River Basin Area on Orchard Landscape Structure in Shandong Peninsula

CHEN Ya-lin, CHANG Xue-li, CUI Bu-li

(College of Geography and Resource Management, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

**Abstract:** Based on 3S techniques and combined with the ground review, this study analyzed the orchard landscape structure of 12 typical basins in Yantai City by using the classified principle in the land use map of 1996 to interpret the Landsat TM image of Sep. 9, 2002. The orchard total area, number of patch, landscape shape index and patch cohesion index were calculated by using Fragstats3.3. Association and regression analysis had been employed to describe the relations mentioned indices. The results showed that: there was significant correlation (at 0.01 level) between the orchard total area, number of orchard landscape patch and orchard landscape shape index and the river basin area, and association coefficients were more than 0.960. There were also significant correlations between the river shape index and the orchard total area, orchard landscape shape index and orchard landscape cohesion index (at 0.01 level), and association coefficients were more than 0.694. There was significant correlations between orchard landscape cohesion index and river basin area (at 0.05 level), also was the number of orchard landscape patch and river shape index. The association coefficients were 0.608 and 0.549. There were positive relations between the river basin area, river shape index and the four factors.

**Key words:** basin area; river shape; orchard landscape structure; association analysis; Shandong Peninsula

景观是一个具有特定结构、功能和动态特征的宏观生态系统<sup>[1]</sup>, 是由不同单元镶嵌而成的地理实体<sup>[2]</sup>, 各种复杂的物理、生物和社会因子的相互作用便形成了景观格局。景观空间格局的研究是揭示区域生态状况及空间变异特征的有效手段<sup>[3-6, 12]</sup>。景观生态学的研究热点之一就是数量化方法评价景观空间格局特征, 揭示景观空间格局的变异规律<sup>[8-10]</sup>。目前, 从景观生态学的角度对区域生物多样性、水土流失、森林景观格局、农业景观格局等方面研究较多, 并取得了系列成果<sup>[11-15]</sup>。近年来基于流域的景观生态学研究越来越被生态学家所关注<sup>[16]</sup>, 流域景观生态学是以流域为研究尺度, 分析流域内景观格局变化, 揭示流域生态环境变化机制, 为流域的治理和景观空间格局的调控提供理论支撑<sup>[17-20]</sup>。有人对一些生态环境敏感的区域(黄河、辽河)、河流三角洲地区和内陆河流域(塔里木河、黑河等)的水文状况、生态环境变化以及生态脆弱性评价等方面进行了探讨<sup>[21-23]</sup>。虽然景观生态学在

日益发展与壮大, 但对于果园的研究, 主要集中于果树的施肥、灌溉、病虫害的防治等微观方面<sup>[24-26]</sup>, 利用景观生态学原理对流域大小对果园分布格局的研究尚未见报道。

由于新构造运动的影响, 胶东半岛形成了大量的源短流急、涨落急剧的小河流<sup>[27]</sup>。据统计, 烟台市境内河流长度超过 5 km 的就有 121 条, 这些特定的地理条件便于研究基于流域的土地利用景观格局。烟台是全国久负盛名的果品产区, 素有“果品之乡”的美誉。2003 年, 全市已有果园 23.3 万  $\text{hm}^2$ , 总产量达 300 多万 t。全市有 60% 的乡镇和 50% 的农户主要从事果业生产。烟台果品贮藏加工业发达, 年果品加工能力达 70 多万 t。全市果品贮藏保鲜能力达到 50 万 t, 同时拥有上百家具有出口创汇能力的外向型加工贸易企业, 果品出口 30 多个国家和地区, 年出口量 20 余万 t, 可保证水果的常年供应。果蔬业在烟台的国民经济中占有举足轻重的地位。因此, 本文以流域为研究尺度, 对烟台市果园景观

\* 收稿日期: 2006-09-11

基金项目: 鲁东大学基金项目(20053201); 山东省教育厅项目(J01H03); 山东省自然科学基金项目(Z2003E01); 鲁东大学研究生创新基金(YCX0607)资助

作者简介: 陈雅琳(1981-), 女, 山东省莱阳市人, 硕士研究生, 研究方向: 景观生态学。

格局进行定量分析和研究,探讨流域空间尺度的差异对果园景观分布格局的影响。

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′处,濒临黄海和渤海属于暖温带大陆性季风气候,全市年平均降水量为 651.9 mm,年平均气温 11.8℃,年平均相对湿度 68%,年平均日照时数 2 698.4 h,太阳辐射总量年平均值为 5 224.4 kJ/m<sup>2</sup>,年平均风速内陆地区 3~4 m/s,沿海地区 4~6 m/s,全市平均无霜期 210 d,与同纬度内陆地区相比具有雨水适中,空气湿润,光照充足,昼夜温差大的特点,极利于果实糖分的有效积累,且土壤为中性偏碱的沙壤土质,含有较丰富的磷、钾、钙、镁等元素,非常有利于苹果的生长。这种独特的自然气候使烟台市成为国内各种落叶果树的最佳栽培区之一。90 年代以来,烟台苹果的大量出口与销售,使该区域的农业产业结构发生了重大变化,果园的景观格局也出现了“斑块小,数量多”的特点,对该区域的土地利用带来了极大的影响。

2 研究方法

2.1 研究区域选择

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 1:150 000)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 erdas8.6 完成,图像目视解译在 Arcview 3.3 中完成,然后在 Arc Info7.1 环境下将解译图进行拓扑,

清绘出 14 个典型流域(图 1)。然后利用 Clip 命令截出 14 个流域,以五龙河和大沽夹河为例(图 2,图 3,其余图略)并获得流域面积(表 1)。

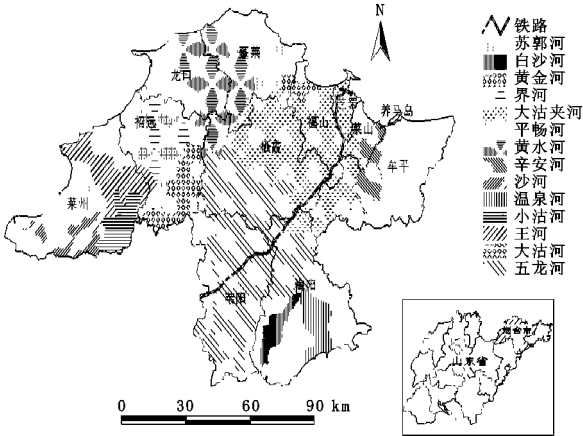


图 1 研究流域位置图

2.2 景观指数

2.2.1 果园景观总面积(Total Class Area),利用公式(1)计算

CA = \sum\_{i=1}^n P\_i (1/10000) \tag{1}

在公式(1)中,  $P_i$  为斑块  $i$  的面积,  $CA$  为果园景观的总面积,是衡量景观组成的一个指标,除了其直接说明的值外,类型的面积还被用在许多类型和景观尺度的计算中。

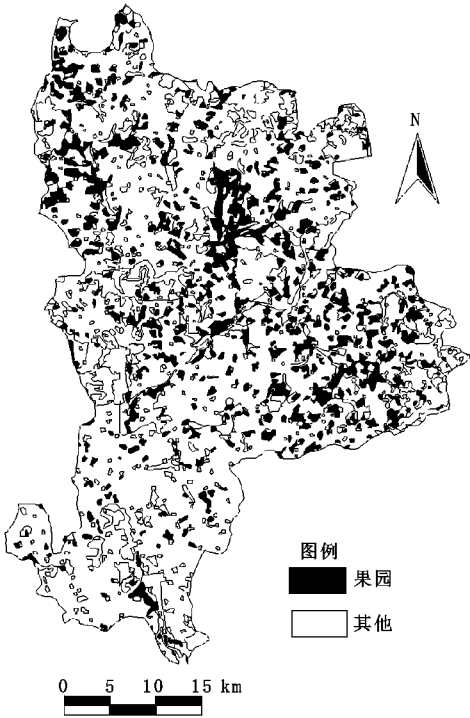


图 2 五龙河流域  
表 1 烟台市流域面积

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	平均
流域面积/km <sup>2</sup>	2659.6	2296.0	476.7	473.7	1057.5	295.4	272.2	
河流名称	温泉河	界河	黄金河	白沙河	平畅河	苏郭河	沙河	673.4
流域面积/km <sup>2</sup>	250.4	557.9	260.9	163.3	254.3	132.7	276.3	

2.2.2 斑块数量 (Number of Patch),利用公式(2)计算

NP = N \tag{2}

式中:  $N$ ——果园在景观中的斑块数量,  $NP \geq 1$ , 无上限值。

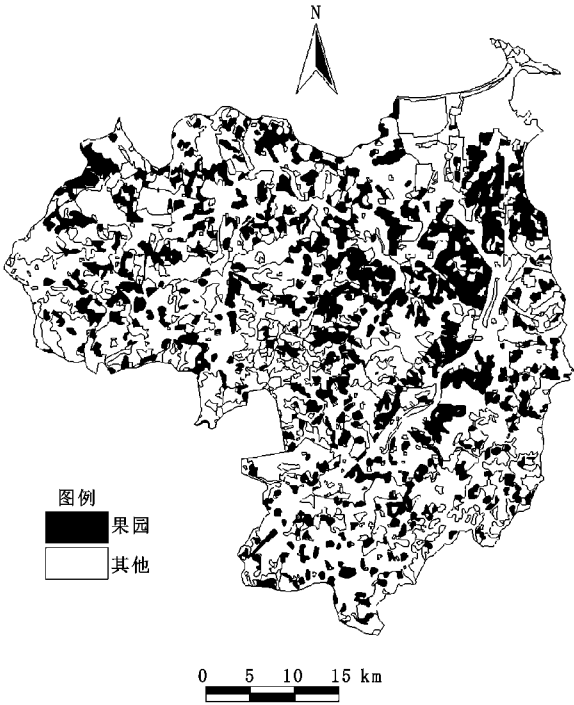


图 3 大沽夹河流域

当  $NP = 1$  时,景观中仅包含相应斑块类型的一个斑块。某一斑块类型中的斑块数量是这一类型的破碎化或再分程度的一个简单衡量指标。类型的斑块数对许多生态学过程都很重要,但需要注意的事,选择 4 个相邻斑块还是 8 个相邻斑块来描述斑块将对这一指标产生影响。本文选择 8 个相邻斑块来计算。

2.2.3 果园景观形状指数 (Landscape Shape Index),利用公式(3)计算

LSI = E / \min E \tag{3}

公式(3)中,  $E$ ——果园中所有单元表面边界的总长度(包括果园中所有的景观边界和背景边缘部分)。  $\min E$  为果园中所有单元边界的最小总长度。  $LSI$  为景观形状指数, 取值范围:  $LSI \geq 1$ , 无上限值。  $LSI=1$  时, 景观由一单独的正方形组成,  $LSI$  值随着斑块类型间的分散而增大。

2.2.2.4 斑块凝聚度(Patch Cohesion Index), 利用公式(4)计算

$$PCI = [1 - \sum p / \sum p \sqrt{a}] [1 - 1 / \sqrt{N}]^{-1} \cdot 100 \quad (5)$$
$$a = A / s^2$$
$$p = P / s$$

式中:  $A$ 、 $P$ ——斑块的面积和周长;  $N$ ——景观中的栅格数;  $s$ ——栅格边长;  $PCI$ ——斑块凝聚度, 描述景观中生境的破碎程度, 且满足  $0 \leq PCI < 100$ 。斑块凝聚度是衡量相关斑块类型的物理连接性的指标, 当斑块类型越聚集, 值越大, 即相关斑块类型的物理连接性越强。斑块聚集度对斑块的轮廓不敏感。

用景观结构分析软件 Fragstats3.3 计算各流域的相关景观指数。流域面积及流域形状对景观及斑块结构的影响分析采用单因子关联分析法, 计算过程用 Spss8.0 完成。

### 3 结果与分析

#### 3.1 流域果园景观的总体特征分析

在流域的衡量指标中, 流域的面积与形状是两个极其重要的指标<sup>[29]</sup>, 本文选取的 14 个流域(表 1)的面积变化在  $132.7 \sim 2\,659.6 \text{ km}^2$  之间, 平均流域面积为  $673.4 \text{ km}^2$ 。其中, 流域面积最大的为五龙河, 面积  $2\,659.6 \text{ km}^2$ ; 流域面积最小的为苏郭河, 面积仅  $132.7 \text{ km}^2$ 。而各流域的形状指数变化在  $1.028 \sim 1.290$  之间, 平均值为  $1.155$ 。

从选取流域的果园景观总体特征来看, 各流域果园类型组分的面积和周长极不均衡。从表 2 可以看出, 果园面积所占流域面积比分为最大的为大沽夹河和黄水河流域, 分别占全流域面积的  $21.73\%$  和  $21.34\%$ , 说明果园在这两流域中占有很高的优势度; 王河流域的果园面积占全流域面积的组分最小, 仅为  $6.57\%$ 。从斑块面积来看, 大沽夹河流域拥有各流域果园景观中面积最大和最小斑块, 其中最大斑块面积为  $4\,380.53 \text{ hm}^2$ , 而最小斑块面积仅为  $0.02 \text{ hm}^2$ , 说明大沽夹河流域果园分布非常广泛, 即使有的地区河流对地面的切割作用特别强烈也未影响果树业的扩展和分布。王河是烟台市流域面积较大的七大河之一, 但其流域内果园的最大斑块面积仅为  $155.74 \text{ hm}^2$ , 为各流域最大斑块面积中的最小值; 其最小斑块面积却为  $0.4 \text{ hm}^2$ , 是各流域最小斑块面积中的较大者之一。可见, 与其他流域相比, 王河对整个流域的切割作用较均匀, 斑块大小差异并无其它流域那么悬殊。

各流域果园斑块数量也相差悬殊, 果园斑块数量最多的为五龙河流域, 最少的为苏郭河流域, 二者的斑块数量相差 381 个, 说明山东半岛各流域中的果园分布大致呈“大流域地块多、小流域地块少”的分布特点。14 个流域内 1 424 个斑块的周长变异程度很大, 最大的斑块周长为  $119.091 \text{ km}$ , 出现在大沽夹河流域, 其次为  $118.406 \text{ km}$ , 出现在五龙河流域; 而最小的斑块周长也出现在五龙河流域, 仅为  $0.011 \text{ km}$ , 说明各流域间果园景观的变异性很大, 五龙河流域内果园斑块的变异程度更大, 景观破碎化也很严重。

#### 3.2 流域大小对区域果园景观结构的影响分析

##### 3.2.1 流域面积对果园景观结构的影响分析

不同的景观指数与流域面积的关联分析表明(表 3), 果园总面积(CA)、果园斑块数量(NP)和果园景观形状指数(LSI)与流域面积的关联程度极为显著(在  $0.01$  水平上), 关联系数  $> 0.960$ 。果园景观斑块凝聚度(COHESION)与流域面积的关联程度较显著(在  $0.05$  水平上), 关联系数为  $0.608$ 。而其余的景观指数 FRAC 和 ENN 与流域面积

联程度不显著。由此可见, 流域面积主要影响果园景观的面积、果园斑块数量和果园景观形状指数; 对果园斑块凝聚度的影响次之。

表 2 流域果园景观的总体特征

河流名称	斑块数量	最大斑块面积/ $\text{hm}^2$	最小斑块面积/ $\text{hm}^2$	斑块总周长/ $\text{km}$	最大斑块周长/ $\text{km}$	最小斑块周长/ $\text{km}$	果园所占流域的面积百分比/%
五龙河	400	3909.54	0.051	1806.25	118.406	0.011	13.89
大沽夹河	311	4380.53	0.02	2034.25	119.091	0.072	21.73
大沽河	101	633.06	0.025	398.16	15.839	0.102	15.17
王河	85	155.74	0.4	229.53	7.885	0.012	6.57
界河	109	364.81	0.038	478.95	18.015	0.109	14.44
黄水河	115	4358.94	0.066	793.17	86.873	0.015	21.34
平畅河	45	790.63	0.546	180.29	30.723	0.464	14.60
黄金河	24	414.09	0.8	106.08	12.17	0.541	9.40
小沽河	60	257.49	12.721	185.23	15.104	1.347	10.59
辛安河	51	187.28	0.557	152.57	9.654	0.380	8.11
温泉河	43	328.52	1.085	152.26	14.063	0.693	9.79
沙河	37	177.99	1.034	112.37	8.881	0.556	6.96
白沙河	24	206.79	1.069	81.26	8.58	0.595	8.97
苏郭河	19	412.97	0.018	64.10	16.041	0.075	8.62

表 3 流域面积与果园景观指数关联系数

	CA (果园面积)	NP (斑块数量)	LSI (果园形状指数)	COHESION (斑块凝聚度)
RA (流域面积)	0.960* *	0.967* *	0.973* *	0.608*

\* \* 双尾检查关联程度极显著(在  $0.01$  水平上); \* 双尾检查关联程度显著(在  $0.05$  水平上)。

对与流域面积关联程度显著的果园景观指数进行进一步的回归分析, 结果表明(图 4~7): 与流域面积关联程度显著的四个因子均与流域面积呈正相关线性回归关系, 相关系数在  $0.608 \sim 0.973$  之间变化, 相互之间有较高的置信度。以相关系数最低的果园景观斑块凝聚度与流域面积的关系为例(图 8):  $R=0.608 > 0.514 = \alpha_{0.01}(13)$ , 二者的关系显著。所以, 同理可以得出图 5~7 的回归分析结果同样具有显著的关系。

##### 3.2.2 流域形状对果园景观结构的影响分析

流域形状也是影响流域内土地利用类型的一个重要因素, 会直接影响到流域内土地类型的分布格局。不同的景观指数与流域形状指数的关联分析表明(表 4), 果园总面积(CA)、果园景观形状指数(LSI)和果园景观斑块凝聚度(COHESION)与流域形状指数的关联程度极为显著(在  $0.01$  水平上), 关联系数  $> 0.694$ 。果园斑块数量(NP)与流域形状指数的关联程度较显著(在  $0.05$  水平上), 关联系数为  $0.549$ 。由此可见, 流域形状对各种果园景观的各种指数均有影响, 但影响的程度不同, 对果园景观面积、果园景观形状指数和果园斑块凝聚度的影响较大, 而对果园景观的斑块数量影响次之。

表 4 流域形状指数与果园景观指数关联系数

	CA (果园面积)	NP (斑块数量)	LSI (果园形状指数)	COHESION (斑块凝聚度)
SI (流域形状指数)	0.717* *	0.549*	0.694* *	0.898* *

\* \* 双尾检查关联程度极显著(在  $0.01$  水平上); \* 双尾检查关联程度显著(在  $0.05$  水平上)。

对与流域形状指数关联程度显著的果园景观指数作进一步的回归分析, 结果表明(图 8~ 11): 与流域形状指数关联程度显著的四因子均与流域形状指数呈正相关线性回归关系, 相关系数在 0.550~ 0.898 之间变化, 相互之间有较高

的置信度。以相关系数最低的果园景观斑块数量与流域形状指数的关系为例(图 8):  $R = 0.550 > 0.514 = \alpha_{0.01}(13)$ , 二者的关系显著。所以, 同理可以得出图 5~ 7 的回归分析结果同样具有显著的关系。

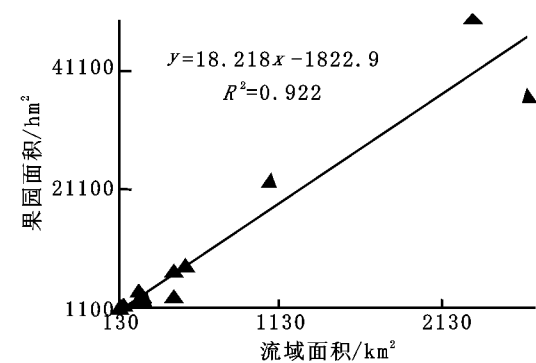


图 4 流域面积与果园面积的相关分析

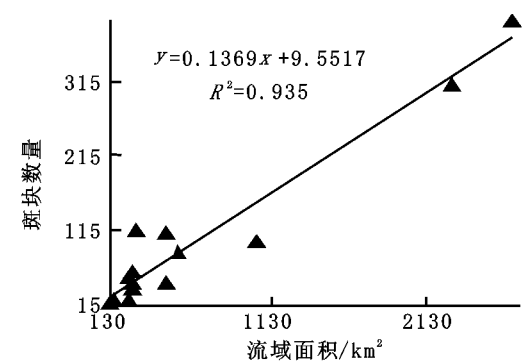


图 5 流域面积与果园斑块数量的相关分析

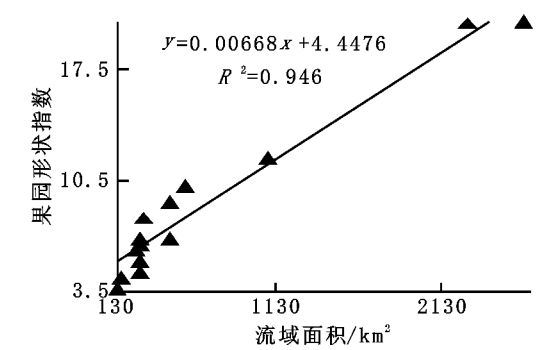


图 6 流域面积与果园景观形状指数的相关分析

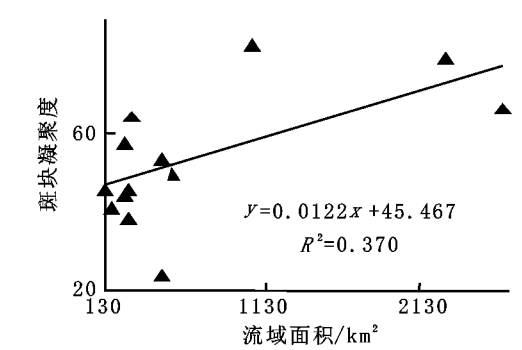


图 7 河网密度与斑块凝聚度的相关分析

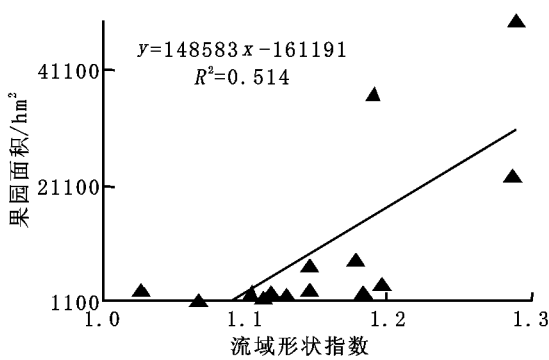


图 8 形状指数与果园面积的相关分析

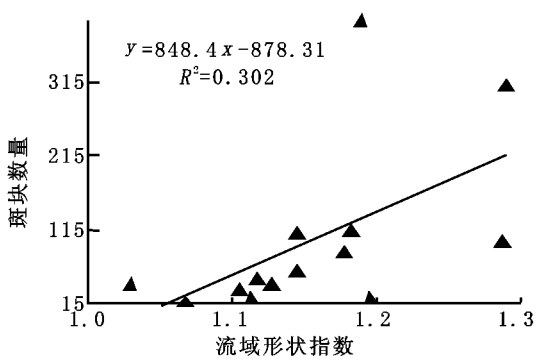


图 9 形状指数与斑块数量的相关分析

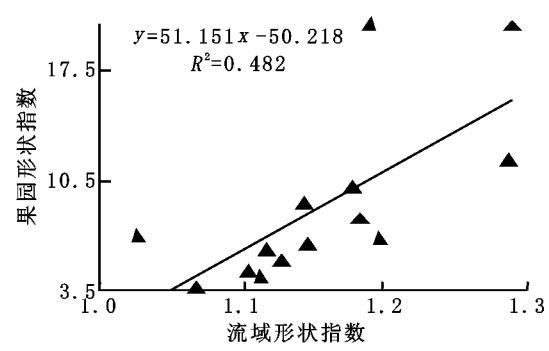


图 10 流域形状指数与果园景观形状指数的相关分析

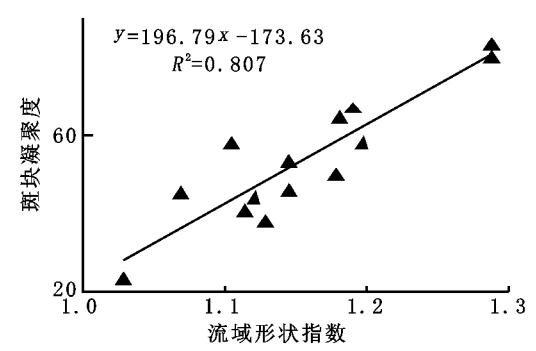


图 11 形状指数与斑块凝聚度的相关分析  
因此在流域生态系统的研究中, 景观生态分析方法得到了广泛的重视<sup>[29-31]</sup>。本文以不同流域内的果园类型定义景观的研究, 得出的结论与流域内社会经济的发展状况密不可分。

4 结论与讨论

流域是人类文明的起源、发展和活动强度较大的区域,

(1) 胶东半岛的河流源短流急、涨落急剧的特点使其在该地区形成了众多的小流域, 流域的大小和形状与果园景观的斑块数量和果园的面积均呈正相关(图4、5、8、9), 说明流域面积越大形状越复杂, 果园的分布面积越大, 对地形、地貌的切割作用也越强, 从而使流域内的果园景观斑块数量也越多, 景观破碎化程度越高<sup>[32]</sup>, 各流域中果园的面积占流域面积的平均比为12.16%(表2), 可见果园在各个流域的分布较为广泛, 显示了胶东半岛地区“果蔬业”的优势程度。

(2) 由于河流的自然切割, 加上道路等景观的人为分隔, 虽然果园在流域景观中有一定程度的优势度, 但果园的斑块破碎化严重, 对流域景观可持续性构成了威胁, 通过流域景观规划和设计, 可以提高果园斑块的生态连接度, 保持果园景观的可持续性和稳定性。

(3) 流域面积和流域形状对各流域果园景观的面积、斑块

数量、形状指数和斑块凝聚度的影响均较大, 且流域面积和流域形状与上述各景观指数均呈正相关线性回归关系。说明胶东半岛地区流域的面积与形状对果园景观的分布及格局有较大的制约性, 主要表现在流域面积越大、形状越复杂, 斑块类型间的分散程度越大, 同类斑块之间的邻接性也越好。

(4) 流域景观格局与流域生态过程之间的关系极为复杂, 景观异质性和格局既受自然资源异质性的控制, 又受生态演替过程的制约, 更受干扰状况的影响<sup>[33]</sup>。加强流域生态保护与建设, 重视流域生态规划, 必然要求对流域景观格局与生态过程之间的相互关系有比较全面和深入的理解<sup>[34]</sup>。烟台市是胶东半岛的重要组成部分, 基于流域的定量化研究其景观结构, 对今后进一步的研究提供基础依据, 对烟台市以至整个胶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[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 121–125.
- [2] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 320–326.
- [3] Huisshoff RM. Landscape indices describing a Dutch landscape[J]. Landscape Ecol, 1995, 10(2): 101–111.
- [4] Turner G, and Gardner R H. Quantitative Methods in Landscape Ecology[M]. New York: Springer, 1991.
- [5] 肖笃宁, 李秀珍. 当代景观生态学的进展与展望[J]. 地理科学, 1997, 7(4): 356–364.
- [6] 肖笃宁, 布仓仁, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 453–460.
- [7] Milne B T. Lessons from applying fractal models to landscape patterns[A]. In: Turner M G, Gardner R H (eds). Quantitative Methods in Landscape Ecology[M]. New York: Springer-Verlag, USA, 1991. 199–235.
- [8] 王兮之, Hege Bruehe de, Michael Runge, 等. 基于遥感数据的塔南策勒荒漠绿洲景观格局定量分析[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1491–1496.
- [9] Turner G, Gardner R H. Quantitative Methods in Landscape Ecology[M]. New York: Springer, 1991.
- [10] 李哈滨, 伍业钢. 景观生态学的数量研究方法[A]. 刘建国. 当代生态学博论[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 209–233.
- [11] 常学礼, 鲁春霞, 高玉葆. 科尔沁沙地农牧交错区景观持续性研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 67–74.
- [12] 张永民, 赵士洞. 生态保护背景下奈曼旗土地利用与景观格局变化[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 43–51.
- [13] 杨国靖, 肖笃宁, 赵成章. 基于GIS的祁连山森林景观格局分析[J]. 干旱区研究, 2004, 21(1): 27–32.
- [14] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 113–120.
- [15] 彭茹燕, 刘连友, 张宏. 人类活动对干旱区内陆河流域景观格局的影响分析——以新疆和田河中游地区为例[J]. 自然资源学报, 2003, 18(4): 92–98.
- [16] 尚宗波, 高琼. 流域生态学——生态学研究的一个新领域[J]. 生态学报, 2001, 21(3): 468–473.
- [17] 赵景柱. 景观生态空间格局动态度量指标体系[J]. 生态学报, 1990, 10(2): 182–186.
- [18] Robert T W, William D S. Managing land use and land-cover change: the new jersey pinelands biosphere reserve[J]. Annals of the Associations of American, 1999, 89(2): 220–237.
- [19] Verbrug P H, Koning G H J de, et al. A spatial explicit allocation procedure for modeling the pattern of land use change based upon actual land use[J]. Ecological Modeling, 1999, 116: 45–61.
- [20] 严登华. 东辽河流域景观格局及其动态变化研究[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 31–37.
- [21] 王根绪, 程国栋. 近50a来黑河流域水文及生态环境的变化[J]. 中国沙漠, 1998, 18(3): 233–238.
- [22] 王根绪, 马海燕, 王一博等. 黑河流域中游土地利用变化的环境影响[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 359–367.
- [23] 王让会, 樊自立. 干旱区内陆和流域生态脆弱性评价[J]. 生态学杂志, 2001, 20(3): 63–68.
- [24] 凌晓明, 董玉山, 黄鹏. 果园施肥技术总结[J]. 山西果树, 2005, (5): 32–34.
- [25] 韩大鹏, 杨立伟, 王彤. 果园节水灌溉技术的研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(3): 53–55.
- [26] 范吉兴, 李文武, 李晓萍. 烟台地区果园金龟子的发生与防治[J]. 北方果树, 2005(4): 34–35.
- [27] 杜国云. 胶东半岛新构造东西分异的水系特征统计分析[J]. 北京大学学报, 2001, 37(3): 407–412.
- [28] 张永民, 赵士洞. 生态保护背景下奈曼旗土地利用与景观格局变化[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 43–51.
- [29] 张明阳, 王克林, 何萍, 等. 白洋淀流域景观空间格局变化研究[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 134–140.
- [30] Alcaraz F, Rios S, Inocencio C, et al. Variation in the riparian landscape of the Segura river basin, SE Spain[J]. Journal of the Vegetation Science, 1997, 8: 579–600.
- [31] Andersson L, Sivertun A. A GIS-supported method for detecting the hydrological mosaic and the role of man as a hydrological factor[J]. Landscape Ecology, 1991, 5(2): 107–124.
- [32] 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[J]. 中国沙漠, 1999, 19(1): 12–17.
- [33] 白晋华, 朱宝才, 等. 关帝山林区文峪河流域植被景观空间格局研究[J]. 山西农业大学学报, 2004, 24(3): 229–248.
- [34] 郭晋平, 张芸香. 中国森林景观生态研究进展与展望[J]. 世界林业研究, 2003, 16(5): 46–49.