

doi : 10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2020. 01. 016

# 1999–2017年西咸新区景观格局变化及驱动力研究\*

杨尊尊<sup>1,2</sup>, 段渊古<sup>2</sup>, 高天<sup>2</sup>, 肖波<sup>1</sup>, 付林江<sup>1</sup>, 余婷<sup>1</sup>

(1. 六盘水师范学院 建筑艺术学院, 贵州 六盘水 553000; 2. 西北农林科技大学 风景园林艺术学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 为明确现阶段西咸新区发展的土地利用状况及建设规划趋势, 以西咸新区(西安咸阳建成区之间)多时段遥感影像资料为研究材料, 利用地理信息系统技术, 分析1999–2017年西咸新区景观格局动态变化, 研究其在快速发展和建设过程中的景观变化特征、转变规律及发展重心的突显和迁移及其驱动力。结果表明: 在18年间, 西咸新区景观格局变化明显, 在斑块类型水平上, 各类型斑块的变化特征呈现多样化, 其中建设用地面积持续增加, 农业用地、林地和草地呈现逐渐减少的趋势; 农业用地斑块密度、最大斑块、形状、核心区面积变化幅度均最大, 受人为干扰程度不断增强, 其他类型斑块也呈现不同的变化趋势; 香农多样性和均匀度指数均表现出逐渐下降的变化趋势, 景观复杂性降低, 聚集度增大, 景观趋于单一化, 建设用地类型的景观优势日益明显。西咸新区景观格局的变化是由城市化进程中长期的社会经济发展综合作用的结果, 其中生产总值和人为活动是造成现有景观格局的主要驱动因子。

**关键词:** 景观格局; 动态变化; 土地利用; 驱动力; 西咸新区

**中图分类号:** P 901; TU 984 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672–8246 (2020) 01–0099–09

## Landscape Pattern Dynamics of Xixian New Area and Its Driving Forces

YANG Zun-zun<sup>1,2</sup>, DUAN Yuan-gu<sup>2</sup>, GAO Tian<sup>2</sup>, XIAO Bo<sup>1</sup>, FU Lin-jiang<sup>1</sup>, YU Ting<sup>1</sup>

(1. College of Architecture and Art, Liupanshui Normal University, Liupanshui Guizhou 553000, P. R. China;

2. College of Landscape Architecture and Art, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, P. R. China)

**Abstract:** By analyzing the changing characteristics of various landscape types in the process of Xixian New Area development and its driving forces, this study is aiming to identify the land use status and construction planning tendency. Based on remote sensing images, the dynamic changes of landscape pattern in Xixian New Area during 1999 to 2017 were analyzed using geographic information system technology, to identify the ecological process of landscape. The results showed that the landscape pattern of Xixian New Area has been changed significantly in the past 18 years. The urban construction land area presented a tendency of increase, while the cultivated land, forest land and grass land deceased from 1999 to 2017. The significant density change of each landscape patch was found in the Xixian New Area. The density, largest patch index, shape and total core area of cultivated land patch have been changed significantly. The change of cultivated land was constantly affected by human disturbance. The change feature of other patches showed a different trend during the past 18 years. The Shannon's diversity index and Shannon's evenness index presented a tendency of decrease. The landscape heterogeneity reduced, the aggregation degree increased and the landscape type tended to be simplified, while the landscape advantage of the construction land type was increasingly prominent. With the development of urbanization, the advantages of urban construction

\* 收稿日期: 2019–08–01

基金项目: 贵州省教育厅人文社会科学研究项目基金(2018ZC112)资助。

第一作者简介: 杨尊尊(1990–), 男, 讲师, 硕士, 主要从事风景园林规划设计, 景观生态等方面研究。E-mail: yangzz5@126.com

通讯作者简介: 段渊古(1960–), 男, 教授, 学士, 主要从事园林景观设计和水彩风景绘画创作研究。

E-mail: duanyg1014@163.com

land were becoming increasingly prominent. The change of landscape pattern of Xixian New Area was the consequence of the comprehensive effect of long-term socio-economic development in the process of urbanization, in which GDP and human activities were the main driving factors for the existing landscape pattern.

**Key words:** landscape pattern; dynamic change; land use; driving force; Xixian New Area

景观格局指不同景观要素在空间上的分布和排列,是景观生态学研究的重要组成部分,其动态变化分析可以反映出景观在不同时期随时间推移的变化规律,在景观应用方面发挥着不可或缺的重要作用<sup>[1-2]</sup>。随着城市化过程的推进,人为活动对景观格局的干扰和促成作用日益明显,通过研究景观格局动态变化,可以明确景观格局在演变过程中的变化规律及驱动因子<sup>[3]</sup>,以及城市在发展过程中的生态效应变化<sup>[4]</sup>,在此基础上可以有助于人们深入了解土地资源的利用模式、转变过程及生态服务效应<sup>[5-6]</sup>,为后续的城市建设和发展提供有效的可行性指导。现代遥感技术的广泛应用可以有效地对土地利用和覆盖的变化进行识别和分析<sup>[2,7]</sup>,土地利用和覆被变化(LUCC)可以很好地反映人类活动对景观和生态服务的影响,常作为衡量环境变化的敏感指标。通常可以通过追踪轨迹法对研究区土地利用和覆被变化进行追溯,进而分析引起景观变化的驱动力。西咸新区是关中—天水经济区的核心地带,建设西咸新区,对于创新城市发展方式、深入实施西部大开发战略、引领和带动西部地区发展、扩大向西开放具有重要意义。之前的大部分对西咸新区的研究多集中在总体规划<sup>[8]</sup>、空间整合模式<sup>[9]</sup>及产业发展等方面<sup>[10]</sup>,涉及西咸新区快速建设过程中其景观格局动态变化及其驱动力的研究鲜见报道。

本研究以西咸新区1999–2017年景观格局动态变化为研究对象,分析西咸新区在建设和发展过程中各种景观类型的变化特征、转变规律及发展重心的变化和迁移及其驱动力,为西咸新区制定合理的土地利用及建设规划提供重要的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

西咸新区位于陕西省西安市和咸阳市建成区之间(34°9'15"–34°33'25"N, 108°31'20"–108°58'7"E),区域范围涉及西安、咸阳两市所辖7县(区)23个乡镇及街道办事处,450个行政村,规划总面积约900km<sup>2</sup>。西咸新区东与高陵县和西安市未央区相邻,北与三原、泾阳县相接,西临户县和兴平市,距西安市中心10km,距咸阳市中心3km,是西安实现国际化大都市未来的重点拓展区块。同时也是关中—天水经济区的核心区域,具有明显的区位优势和发展潜势。西咸新区处于关中平原腹地,整体地势表现为北高南低,海拔400–700m,属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季冷暖干湿分明,全年日照时数为2100h,年降水量530–720mm,多集中在7–9月,年平均气温13℃,无霜期213d。西咸新区内各产业发展极不均衡,大部分地区为农业用地,具有明显的城市郊区及城乡结合部特征。

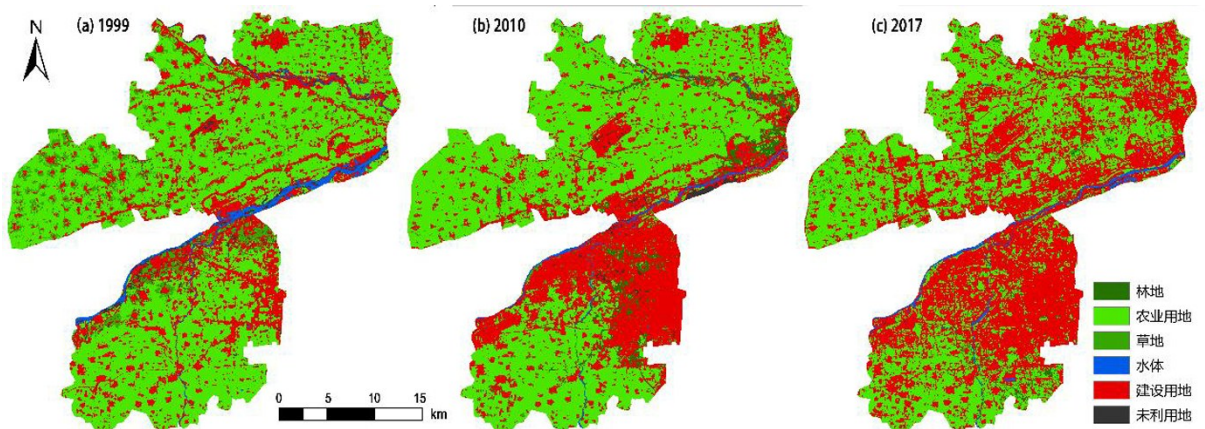


图1 1999、2010、2017年西咸新区景观类型分布格局

Fig. 1 Spatial patterns of landscape in Xixian New Area in 1999, 2010 and 2017

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 数据来源及处理

本研究采用 1999 年 5 月 18 日、2010 年 4 月 30 日和 2017 年 5 月 1 日无云覆盖的研究区的 3 期 Landsat TM 遥感影像，影像分辨率均为 30m×30m。利用遥感影像处理软件 ENVI 5.1，通过 Flaash 模型进行大气校正。以研究区 1 : 5 万地形图作为参照对 3 期遥感原始影像进行几何校正，误差控制在 1 个像元以内，并统一坐标系统。

### 1.2.2 土地利用类型斑块划分及识别

参照 1984 年 9 月颁布的《土地利用现状调查技术规程》及《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2017) 的标准，结合行政区划图及充分考虑城镇景观与乡村景观的异同等，将西咸新区划分成林地、农业用地、绿化用地、水体、建设用地和未利用地 6 种类型<sup>[11]</sup>。

采用监督分类的方法对 3 期影像进行斑块类型

分类，并结合当年资料及实际情况对分类结果进行校正，利用 Kappa 系数对分类结果进行准确性衡量，3 期分类图的精度都高于最低允许精度要求以确保分类的可靠性，再在 ArcGIS 10.2 中结合西咸新区边界进行裁剪最终生成西咸新区 1999–2017 年 3 期的景观类型分布图 (图 1)，同时，将矢量数据栅格化，最后采用 Fragsatas 4.2 景观统计软件将栅格数据进行景观格局指数计算。

### 1.2.3 景观格局分析

参考吕一河等方法<sup>[12]</sup>，本研究分别选取斑块类型尺度上斑块类型面积 (CA)、景观类型百分比 (PLAND)、斑块密度 (PD)、最大斑块指数 (LPI)、景观形状指数 (LSI)、核心区面积 (TCA)、周长面积分维数 (PAFRAC) 及扩张度 (EI) 和景观尺度上的香农多样性指数 (SHDI)、香农均匀度指数 (SHEI)、蔓延度指数 (CONTAG) 及分离度指数 (DIVISION)。其各指数说明见表 1。

表 1 评价景观格局的指标<sup>[15-18]</sup>

Tab. 1 Evaluation indices for landscape pattern

景观指数	公式
斑块类型面积 (CA)	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij}$
景观类型百分比 (PLAND)	$PLAND = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{A} \times 100$
斑块密度 (PD)	$PD = \frac{n}{A}$
最大斑块指数 (LPI)	$LPI = \frac{\max a_{ij}}{A} \times 100$
景观形状指数 (LSI)	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$
核心区面积 (TCA)	$TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c$
周长面积分维数 (PAFRAC)	$PAFRAC = \frac{2}{\frac{[n_i \sum_{j=1}^n (\ln P_{ij} \ln a_{ij})] - [(\sum_{j=1}^n \ln P_{ij})(\sum_{j=1}^n \ln a_{ij})]}{(n_i \sum_{j=1}^n \ln P_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n \ln P_{ij})^2}}$
扩张度 (EI)	$EI = \frac{A_{0+t} - A_0}{A_0}$
香农多样性指数 (SHDI)	$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$
香农均匀度指数 (SHEI)	$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m}$
蔓延度指数 (CONTAG)	$CONTAG = [1 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{R_i P_{ij} \ln(P_{ij})}{2 \ln(N)}] \times 100$
分离度指数 (DIVISION)	$DIVISION = 1 - \sum_{j=1}^n (\frac{a_{ij}}{A})^2$

注：式中： $a_i$  和  $a_j$  表示某个斑块的面积， $A$  为景观的总面积， $n$  为斑块数量， $E$  为斑块边缘总长度， $a_{ij}^c$  代表指定边缘深度斑块类型  $ij$  的核心区面积， $A_{0+t}$  和  $A_0$  分别表示  $t+1$  和  $t$  年某一景观斑块类型的总面积， $P_i$  为斑块  $i$  在景观中出现的概率， $m$  为景观类型  $i$  的斑块数， $R_i$  为景观类型  $i$  所占景观面积的比例， $P_{ij}$  为随机选择的两个相邻栅格单元属于类型  $i$  和  $j$  的概率， $N$  为景观中所有斑块数量。

### 1.2.4 转移矩阵

利用转移矩阵定量分析西咸新区各景观斑块类型的面积变化及斑块类型间的转化情况。本研究采用刘森<sup>[13]</sup>和朱君君<sup>[14]</sup>等在系统分析过程中对系统状态转移的相关分析,通过 ArcGIS 10.2 中的空间分析工具,将西咸新区 3 期的景观类型进行叠加,再导出各个景观斑块类型的变化像元数据,最后计算得到西咸新区 3 期的景观类型转化矩阵。

### 1.2.5 驱动力因子

兼顾数据的可获得性,选用了 DMSP 与 VIIRS 夜间灯光数据 (<https://www.ngdc.noaa.gov/eog>)、GDP 数据 (<http://www.resdc.cn>) 和人口密度数据。通过 ArcGIS 在研究区内创建最小临近距离为 500 m 随机点 691 个,用这 691 点同时提取 3 期土地利用类型、夜间灯光数据、GDP 和人口密度数据,并参考 1999–2017 年西咸新区社会经济统计年鉴,作为驱动力定量分析的数据集,驱动力分析的统计原理与操作过程如下。

采用 Logistic 模型对研究区景观类型变化离散变量的驱动因子进行分析。以景观类型 (6 类) 的变化情况作为因变量,发生类型变化赋值“1”,未发生变化的赋值“0”,在 SAS 8.02 中,分别以相应时期驱动因子的变化量作自变量,利用 Logistic 模型进行驱动因子的回归分析。计算公式如下: Logit ( $p$ )

$$= \ln \left( \frac{p}{1-p} \right) = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i; p = \frac{\exp \left( \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \right)}{1 + \exp \left( \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \right)}。式$$

中,  $P$  为事件发生概率,  $x$  为影响概率分布的因素,  $\alpha$  为常数,  $\beta$  为回归系数。

此外,结合国家和地方政府对西咸新区的政策及其建设进程,参照《西安统计年鉴 (1999–

2018)》、《咸阳统计年鉴 (1999–2018)》和《陕西统计年鉴 (1999–2018)》定性分析引起西咸新区景观格局变化的其他因素。

## 2 结果与分析

### 2.1 斑块类型构成特点与变化

通过对西咸新区影像的分析 (图 1) 及对 3 个时期斑块类型构成的统计 (表 2),发现在各种景观类型中,农业用地在各时期均保持在新区总面积的 47% 以上,具有绝对的优势,其次为建设用地的面积,最少为未利用地,分别占总面积的 2.07%、0.79% 和 0.13%。

随着城市的发展和建设,各个景观类型呈现出一定的变化趋势。其中,农业用地和建设用地的变化趋势最大,在 18 年间农业用地从 1999 年的 61 734.6  $\text{hm}^2$  减少至 2017 年的 45 361.89  $\text{hm}^2$ ,其中 2010–2017 年期间减少幅度最大,为 20.85%;建设用地从 1999 年的 21 898.08  $\text{hm}^2$  增加到 2017 年的 45 206.64  $\text{hm}^2$ ,其中,1999–2010 年增幅为 37.59%,2010–2017 年为 50.04%;草地从 1999 年 4 426.2  $\text{hm}^2$  减少到 2017 年的 2 214.99  $\text{hm}^2$ ;而未利用地从 1999 年的 1 966.41  $\text{hm}^2$  急剧减少至 2017 年的 121.5  $\text{hm}^2$ ,减幅为 93.82%;林地和水体呈现相反的变化趋势,林地先由 1999 年的 2 937.33  $\text{hm}^2$  小幅增加到 2010 年的 3 198.33  $\text{hm}^2$ ,到 2017 年急剧减少至 933.03  $\text{hm}^2$ ,而水体的面积则从 1999 年的 2 051.73  $\text{hm}^2$  先减少至 2010 年的 917.55  $\text{hm}^2$ ,到 2017 年又增加至 1 176.3  $\text{hm}^2$ ,但总体仍表现为减少的趋势,所占总面积比例从 2.16% 下降到 1.24%。

表 2 1999–2017 年西咸新区景观总体构成情况

Tab. 2 Landscape composition of Xixian New Area from 1999 to 2017

景观类型	类型面积 (CA) / $\text{hm}^2$			景观类型百分比 (PLAND) / %		
	1999 年	2010 年	2017 年	1999 年	2010 年	2017 年
林地	2 937.33	3 198.33	933.03	3.091 4	3.366 2	0.982 1
农业用地	61 734.60	57 309.66	45 361.89	64.974	60.316 8	47.742 1
草地	4 426.20	2 712.06	2 214.99	4.658 5	2.854 4	2.331 2
水体	2 051.73	917.55	1 176.30	2.159 4	0.965 7	1.238 0
建设用地	21 898.08	30 130.20	45 206.64	23.047 1	31.711 2	47.578 7
未利用地	1 966.41	746.55	121.50	2.069 6	0.785 7	0.127 9

## 2.2 景观格局动态变化

### 2.2.1 斑块类型水平上的动态变化

西咸新区 18 年间的景观斑块类型变化特征较为多样化（图 2）。1999–2017 年间林地和未利用地的斑块密度减小最为明显，景观形状指数也呈现较为明显的减小趋势，而农业用地的斑块密度和景观形状指数均呈现增加的趋势。农业用地和建设用地的最大斑块指数呈现相反的变化趋势，前者不断减小，后者急剧增加，建设用地的景观形状指数同样也表现为不断增大的趋势。草地的斑块密度和景观形状指数均表现为先增大后减小的趋势，最大斑块指数相对稳定，水体的斑块密度和最大斑块指数均呈现缓慢减小的趋势，景观形状指数变化趋势不明显。

斑块周长面积分维数反映了斑块形状的复杂

性，受人为干扰程度越大值越接近 1，受人为干扰程度越小其值越接近 2。其中，林地和水体表现为 2010 年受人为干扰相比其它两个时期较强，草地、建设用地及未利用地呈现人为干扰逐渐减弱的趋势，而农业用地受人为干扰的程度随时间推移不断增强。农业用地和未利用地的斑块核心区面积均呈现出不断减少的趋势，而建设用地的核心区面积不断增加，林地、草地及水体核心区面积变化不明显，研究区逐渐由以农业用地为主的斑块类型向大面积的建设用地面积转变。扩张度反映了斑块类型扩张强度的变化，18 年间西咸新区建设用地呈现出剧烈的扩张趋势，除林地和水体分别在第一时间跨度（1999–2010 年）、第二时间跨度（2010–2017 年）间表现出较小的扩张度外，其他斑块类型均呈现出较强的景观萎缩趋势。

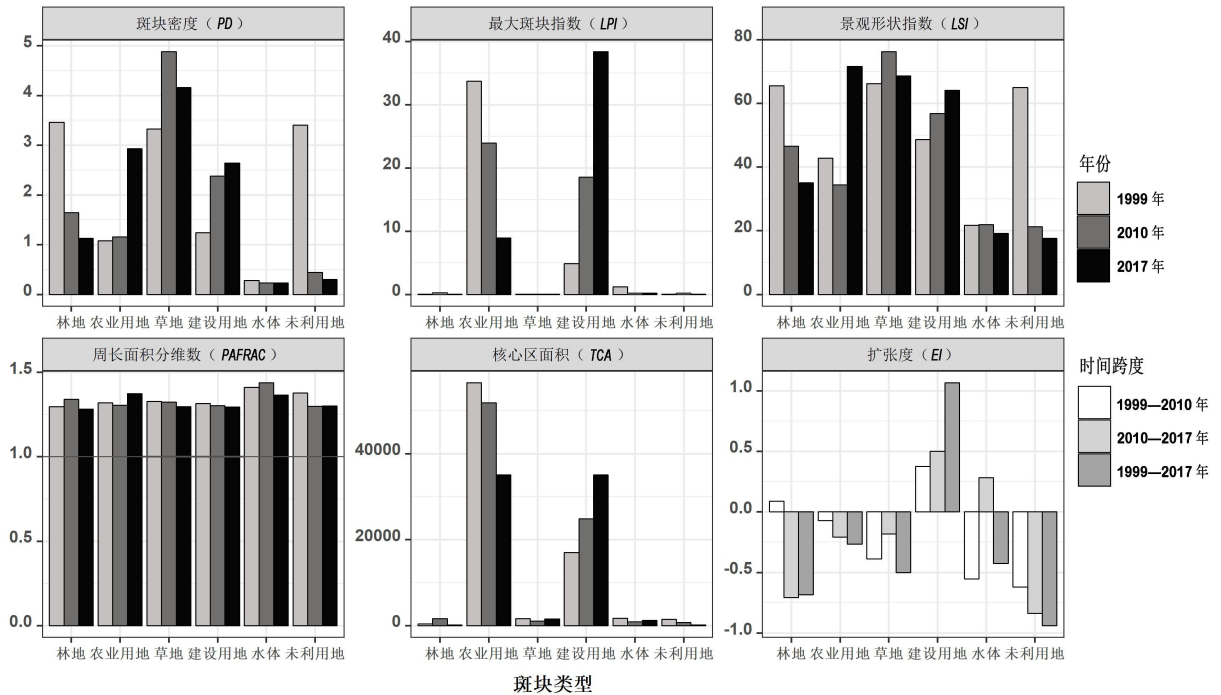


图 2 1999–2017 年西咸新区景观指数

Fig. 2 Landscape index of Xixian New Area from 1999 to 2017

### 2.2.2 景观水平上的动态变化

通过对西咸新区景观指数的计算，得到西咸新区景观指数随时间推移的变化趋势（图 3）。香农多样性和均匀度指数的变化分析有助于研究新区不同时期的景观异质性变化规律。1999–2017 年间香农多样性和均匀度指数均表现出相同的变化趋势，即第一阶段缓慢减小，第二阶段急剧下降，表明西咸新区景观各斑块类型面积的差别呈现出逐渐增大的趋势，且均匀度下降，景观异质性下降，单一景

观斑块类型的主导优势日益明显。

分离度指数可以反映景观斑块类型的复杂程度，景观斑块类型越复杂，其值越接近于 1。从图 3 可以看出，分离度指数呈现先下降再略微上升的趋势，表明西咸新区的景观斑块类型在 1999–2010 年经历了急速单一化的过程，而在 2010 年后随着城市建设的发展，人们开始注重城市景观的优化和配置，促使景观斑块类型多样化。

蔓延度指数可以呈现出不同斑块类型团聚程度

或延展的趋势，同时也可以提取出斑块之间相互邻接、混杂的相关信息。从图3可知，18年间蔓延度指数数值均保持在60%以上，且呈现持续上升的趋势，但第二阶段较第一阶段上升缓慢。由此可见，西咸新区建设过程中建设用地的急剧扩张及一些产业园区的形成，使得以建设用地为主的斑块类型团聚程度持续增加。

2.3 景观斑块转移矩阵

西咸新区18年间景观斑块之间的转移矩阵(表3)，可以进一步明确景观斑块类型之间的转化关系及土地利用发展动态。1999-2010年，农业用地大面积减少，净减少面积为4 424.94hm<sup>2</sup>，其中主要转化为建设用地，为10 218.59hm<sup>2</sup>，占转出面积的86.48%。草地、水体及未利用地的净减少面积分别为1 714.14hm<sup>2</sup>、1 134.18hm<sup>2</sup>和1 219.86hm<sup>2</sup>。建设用地的面积转入最多，净增加面积为8 232.12hm<sup>2</sup>，主要由农业用地转入，占有所有斑块转入面积的67.86%，其它贡献斑块类型依次为草地、未利用地和水体，所占比例分别为9.66%、8.54%和7.34%，贡献最少的是林地，为993.4hm<sup>2</sup>。此外，林地也有少量转入面积，净增加面积为261hm<sup>2</sup>。

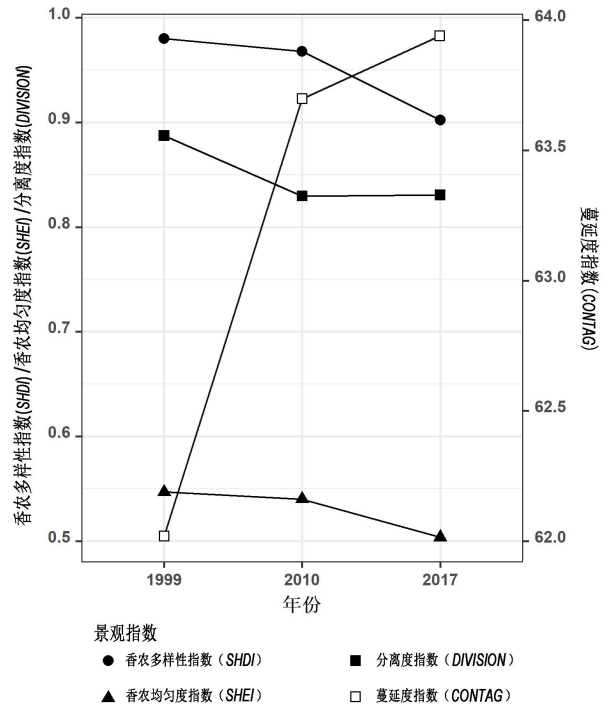


图3 1999-2017年西咸新区景观水平上景观格局指数变化

Fig. 3 Landscape index of Xixian New Area in landscape level from 1999 to 2017

表3 1999-2017年西咸新区景观类型的转移面积矩阵

Tab. 3 Transition matrix of patch class in Xixian New Area from 1999 to 2017

年份	景观类型	林地	农业用地	草地	水体	建设用地	未利用地	转出面积
1999-2010	林地	1 753.20	58.54	132.10	0.09	993.40	0	1 184.13
	农业用地	321.03	49 917.89	889.64	75.60	10 218.59	311.85	11 816.71
	草地	45.54	2 543.97	329.61	24.66	1 453.89	28.53	4 096.59
	水体	58.41	132.48	92.07	546.66	1 105.74	116.37	1 505.07
	建设用地	935.91	4 320.27	1 174.86	146.25	15 072.75	248.04	6 825.33
	未利用地	84.24	336.51	93.78	124.29	1 285.83	41.76	1 924.65
	转入面积	1 445.13	7 391.77	2 382.45	370.89	15 057.45	704.79	
2010-2017	林地	161.73	1 184.13	53.64	32.67	1 765.62	0.54	3 036.60
	农业用地	556.20	39 458.97	1 746.81	89.55	15 426.63	31.50	17 850.69
	草地	24.75	880.56	88.83	46.08	1 669.05	2.79	2 623.23
	水体	15.84	46.71	5.85	492.03	351.63	5.49	425.52
	建设用地	171.81	3 704.58	296.19	454.23	25 434.45	68.94	4 695.75
	未利用地	2.70	86.94	23.67	61.74	559.26	12.24	734.31
	转入面积	771.30	5 902.92	2 126.16	684.27	19 772.19	109.26	

注：表中景观类型变化为横列景观类型转化为竖列景观类型，数值为变化面积。

2010-2017年，西咸新区水体和未利用地面积变化较小，同第一时间跨度一样，转出斑块类型仍然以农业用地为主，净减少面积为11 947.77hm<sup>2</sup>，约为1999-2010年间转出面积的2.7倍，其中有15 426.63hm<sup>2</sup>转化为建设用地，占转出面积的

86.42%。其次为林地面积的转出，净转出面积为2 265.30hm<sup>2</sup>，主要转化为建设用地和农业用地，分别为1 765.62hm<sup>2</sup>和1 184.13hm<sup>2</sup>。草地和未利用地也有少量转出，净减少面积分别为497.07hm<sup>2</sup>和625.05hm<sup>2</sup>，分别有63.63%和76.16%转化

为建设用地。大量斑块类型转入建设用地类型，建设用地 7 年间净增加面积为 15 076.4hm<sup>2</sup>，其中农业用地贡献最大，占转入面积的 78.02%，依次为林地、草地、未利用地及水体，所占比例分别为 8.93%、8.44%、2.78% 和 1.78%。水体在此阶段也有 258.75hm<sup>2</sup>的净增加面积，贡献最大的为建设用地，占转入面积的 66.38%。

## 2.4 景观类型变化驱动力

结合景观斑块转移矩阵的结果，对西咸新区主要景观斑块转移进行驱动力分析。在进行筛选后，着重分析了农业用地和林地转换为建设用地相关的 3 种驱动因子 [夜间灯光、国内生产总值 (GDP) 及人口密度]。由卡方检验 ( $P>ChiSq$ ) 和 Wald 统

计量可知 (表 4、5)，农业用地转为建设用地在 1999–2010 年时段的重要解释变量为 GDP，2010–2017 年时段主要为夜间灯光；林地转为建设用地在 1999–2010 年时段的重要解释变量为 GDP，2010–2017 年时段依次为夜间灯光>GDP。表明，GDP 和商业开发带动的人们夜生活的拓展一直是造成西咸新区农业用地和林地面积逐渐减少的首要因素。由  $\beta$  系数可知，在 1999–2010 年间农业用地转为建设用地过程中人口密度呈现抑制现象，表明在该阶段以农业为经济主体的早期西咸新区发展过程中，大量人口仍需要一定的农业用地来作为社会生产和经济来源。

表 4 农业用地转为建设用地的 Logistic 回归模型拟合结果

Tab. 4 Results of Logistic regression of agricultural land to construction land

驱动因子	1999–2010 年			2010–2017 年		
	$\beta$ 系数	Wald 值	$P>ChiSq$	$\beta$ 系数	Wald 值	$P>ChiSq$
夜间灯光	0.981 0	3.172 3	0.074 9	0.013 6	1.859 0	0.017 3
GDP	0.000 4	22.360 1	<0.000 1	<0.000 1	0.157 8	0.691 4
人口密度	-0.000 4	2.585 1	0.107 9	0.004 7	1.570 3	0.050 2

表 5 林地转为建设用地的 Logistic 回归模型拟合结果

Tab. 5 Results of Logistic regression of forest land to construction land

驱动因子	1999–2010 年			2010–2017 年		
	$\beta$ 系数	Wald 值	$P>ChiSq$	$\beta$ 系数	Wald 值	$P>ChiSq$
夜间灯光	<0.000 1	0.015 3	0.897 1	0.718 8	0.855 4	0.035 5
GDP	0.000 4	0.547 6	0.001 8	<0.000 1	0.849 6	0.035 7
人口密度	0.006 7	0.000 6	0.683 2	-0.000 8	0.077 0	0.781 4

## 3 结论与讨论

### 3.1 讨论

1999–2017 年间，西咸新区建设用地大面积增多，已逐步发展成代替原来以农业用地为主的景观格局，景观复杂性降低，表现出明显的景观单一现象。农业用地和林地明显减少，草地面积在 1999–2010 年减少较多，水域面积先减小后增大。景观类型之间的转移呈现出明显且单调的转化关系，表现为其他斑块类型向建设用地转化的规律，这与其他地区城镇化过程中呈现的结果一致<sup>[19–20]</sup>。

在西咸新区建设过程中，农业用地受人为干扰程度随时间推移不断增强，景观破碎度不断增加，优势度逐渐下降，农业用地核心斑块面积逐渐消

逝。建设用地在利用和规划过程中也存在诸多不合理性和盲目性，前期过度快速的城市化进程使得建设用地面积不断增大，牺牲了许多原有的景观类型。可以看出，此研究阶段是西咸新区大力发展，向城市转化的时期，土地规划、资源配置和生态环境等是该阶段城市化进程中面临的主要问题<sup>[18,21–22]</sup>。此外，景观格局变化是政治、经济和自然因素共同作用的结果<sup>[23]</sup>，西咸新区在建设过程中具有明显的生态区划，根据各区域的生态环境、地理优势、经济发展等分为：空港新城、沣东新城、秦汉新城、沣西新城和泾河新城共 5 个组团，在其建设过程中会呈现出不同的景观格局。因此，理清各组团的区划优势，合理利用资源，突显各自特点，以形成特色鲜明的景观格局。

对西咸新区景观格局变化的主要驱动力分析发

现国内生产总值是造成 18 年间西咸新区农业用地和林地向建设用地转换的主要影响因素。国内生产总值可以衡量区域经济发展水平, 可以从侧面反映社会经济环境和土地利用间的相互作用<sup>[24-25]</sup>, 而西咸新区受国家政策导向较为明显, 在其建设过程中, 高收益产业的引进与聚集提升了西咸新区的 GDP, 对周边原有以农业、林业的经济基础产生了较大的转型引力, 社会经济发展对土地资源的需求不断地威胁着农业用地和林地, 近 20 年的发展使原有的土地利用结构正在逐渐发生巨大的变化。此外, 西咸新区处于西安和咸阳两大城市的交界区域, 区内以农村人口居多, 人口密度在研究期内并没有呈现较大幅度的变化, 因此, 人口因素在目前并未对西咸新区的土地利用类型转变产生显著影响, 但人为活动强度因素(夜间灯光)在西咸新区发展的第二个时期(2010-2017年)对西咸新区土地利用类型变化产生了显著的影响, 建设用地面积的逐渐增大表明西咸新区的经济活动较为活跃, 城镇化进程在不断推进, 这就促使西咸新区土地类型逐渐大面积地向建设用地转换。

### 3.2 结论

(1) 1999-2017 年西咸新区景观格局变化显著, 农业用地大面积转化为建设用地, 建设用地的不断扩张将逐步替代农业用地成为该地区的主要景观。

(2) 1999-2017 年西咸新区各景观类型特征趋于多样化。农业用地破碎化严重, 优势度逐渐下降。大面积建设用地的出现, 降低了该地区的景观异质性, 使得景观多样性下降。

(3) 西咸新区 18 年间景观类型之间的转化存在较明显的政策导向。景观复杂度下降, 其他景观类型大面积向建设用地转化, 景观结构趋于单一化。

(4) 18 年间影响西咸新区土地利用景观格局变化的驱动因素主要是社会经济发展, 而造成影响的主要指标为国内生产总值和人为活动, 因此, 经济产值和街区的繁华是西咸新区建设过程中土地利用景观格局变化的主要驱动因子。

### 参考文献:

[1] 傅伯杰. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[2] 张晓东, 刘湘南, 赵志鹏, 等. 基于 Landsat 影像的宁夏盐池县植被景观格局变化特征[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(6): 75-84.

[3] Tischendorf L. Can landscape indices predict ecological processes consistently? [J]. *Landscape Ecology*, 2001, 16(3): 235-254.

[4] 张新平, 张芳芳, 王得祥, 等. 基于遥感指标的 6 个世园公园热环境效应对比分析[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(6): 19-25.

[5] Geist H J, Lambin E F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation[J]. *BioScience*, 2002, 52(2): 143-150.

[6] Moser D, Zechmeister H G, Plutzer C, et al. Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes [J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17(7): 657-669.

[7] 李望军, 冯图, 周瑞伍, 等. 基于 Maxent 模型的贵州省天然黄杉林的潜在分布预测研究[J]. 西部林业科学, 2019, 48(3): 47-52.

[8] 田中磊. 基于西咸新区总体规划对“田园城市”理论的再思考[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.

[9] 张洁璐. 农业保护利用视角下的西咸新区空间整合模式研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.

[10] 邓利亚. 科技资源引领西咸新区产业发展研究[D]. 西安: 西北大学, 2015.

[11] 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, 2007.

[12] 吕一河, 陈利顶, 傅伯杰. 景观格局与生态过程的耦合途径分析[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(3): 1-10.

[13] 刘森, 胡远满, 布仁仓, 等. 河北省康保县景观变化研究[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(9): 1729-1734.

[14] 朱君君, 胡远满, 刘森, 等. 浑河太子河流域景观变化及其驱动力[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(1): 112-118.

[15] Yang J, Sun J, Ge Q S, et al. Assessing the impacts of urbanization-associated green space on urban land surface temperature: A case study of Dalian, China [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2017, 22: 1-10.

[16] Zhang X P, Wang D X, Hao H K, et al. Effects of land use/cover changes and urban forest configuration on urban heat islands in a Loess hilly region: Case study based on Yan'an City, China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(8): 840. doi: 10.3390/ijerph14080840

[17] 孙风云, 刘森, 胡远满, 等. 基于多种方法的景观格局动态变化综合分析—以辽宁省铁岭市为例[J]. *生态学报*, 2013, 32(8): 2163-2171.

[18] 吴未, 许雨萍, 张敏, 等. 不同斑块类型的景观指数粒度效应响应—以无锡市为例[J]. *生态学报*, 2016, 36(9): 2740-2749.