

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2020.02.004

近 25 年来大西安地区土地利用时空格局变化和热区诊断分析

仇振宇^{1,2}, 朱记伟^{1,2}, 解建仓^{1,2,3}, 张永进^{1,2}, 马增辉³

(1. 西安理工大学 省部共建西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 陕西高校新型智库 生态水利与可持续发展研究中心, 陕西 西安 710048;

3. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司西北分公司, 陕西 榆林 719000)

摘要: 随着城镇化建设、“一带一路”建设和生态文明建设的逐步推进,大西安地区土地利用时空特征发生了明显变化。采用转移矩阵、标准差椭圆分析、热点分析、点密度分析等方法,研究 1990—2015 年大西安地区土地利用时空变化并进行热区诊断分析。结果表明:①耕地面积占比最大,但整体上呈减少趋势,建设用地面积大幅增加,林地、草地、水域面积均有所减少;②土地利用类型相互转换频繁,建设用地与耕地互为最主要转换对象,耕地、林地、草地之间存在相互转换关系;③耕地变化主要集中在研究区中部、渭河流域以及秦岭山区附近,生态用地变化主要集中在研究区中部和东南部,建设用地变化呈分散分布;④土地利用变化中心向西北偏移,以“东北—西南”为主轴发生倾斜,热点区域为研究区南部,集中情况呈现出“中部集中、四周扩散”的特征;⑤经济建设、社会发展、生态文明建设等是大西安地区土地利用变化的重要影响因素。

关键词: 土地利用; 时空格局变化; 热点分析; 大西安

中图分类号: F301

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2020)02-0159-11

Spatial-temporal changes of land use and hot zone diagnosis analysis in the past 25 years of the Great Xi'an area

ZHANG Zhenyu^{1,2}, ZHU Jiwei^{1,2}, XIE Jiancang^{1,2,3}, ZHANG Yongjin^{1,2}, MA Zenghui³

(1. State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region, Xi'an University of Technology,

Xi'an 710048, China; 2. Research Center of Eco-hydraulics and Sustainable Development,

The New Style Think Tank of Shaanxi Universities, Xi'an 710048, China; 3. Northwest Branch of Shaanxi Land Engineering Construction Group, Yulin 719000, China)

Abstract: With the development of urbanization and the construction of “The Belt and Road” and ecological civilization, the temporal and spatial characteristics of regional land use in the Great Xi'an have been changed significantly in the past 25 years. Based on transition matrix, standard deviation ellipse analysis, hotspot analysis, point density analysis and other methods, spatial-temporal changes of land use in the Great Xi'an from 1990 to 2015 are analyzed. The results show that: ①Cultivated land area accounted for the largest proportion, but overall showed a decreasing trend. The area of construction land increased significantly, and the area of forest land, grassland and water areas decreased. ② The land use types in the study area were frequently changed. Construction land and cultivated land were the main objects of mutual conversion. There was a mutual conversion relationship between cultivated land, forest land and grassland. ③The change of cultivated land was mainly concentrated in the middle of the study area, the

收稿日期: 2019-12-22; **网络出版日期:** 2020-04-21

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.N.20200421.1501.012.html>

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51479160);陕西省水利科技计划资助项目(2018SLKJ-19)

第一作者: 仇振宇,男,硕士生,研究方向为 GIS 技术与土地利用。E-mail: xautzhangzy@163.com

通信作者: 朱记伟,男,教授,博导,博士,研究方向为水土资源利用与可持续发展。E-mail: xautzhu@163.com

Weihe River Basin and the Qinling Mountains. The change of ecological land was mainly concentrated in the middle and southeast of the study area. The change of construction land was scattered. ④ The center of change shifted northwest and inclined along the “northeast-southwest” axis. The hot spots were located in the south of the study area. The concentration characteristic was “centralization in the middle and diffusion around”. ⑤Economic construction, social development, and ecological civilization construction are important factors influencing land use change in the Great Xi'an area.

Key words: land use; spatial-temporal changes; hotspot analysis; the Great Xi'an

土地作为承载自然变化和人类活动的重要载体,是社会发展进程中不可或缺的关键要素^[1]。土地利用变化是人类活动与自然环境进行物质、能量方面交互的重要表现形式,在一定程度上能够反映区域经济的发展状况,并对生态环境产生直接影响,日益成为研究全球环境变化和可持续发展的热点问题^[2-4]。研究土地利用时空变化格局及其热点区域,对于土地资源合理规划管控和社会经济科学健康发展具有重要的意义^[5]。

当前已有诸多学者对土地利用变化进行了相关研究。国外学者在获取空间硬性数据的基础上,采用矢量混合度指数(VMDI/WVMDI)、自组织映射(SOM)神经网络、普通最小二乘法(OLS)和地理加权回归(GWR)等方法^[6-7],对土地利用变化时空格局进行分析研究。国内有关土地利用方面的研究起步较晚,但学者们已从时空格局、驱动力、生态影响等不同角度开展了相关研究^[8-12]。胡莹洁^[13]、阮俊杰^[14]、童小容^[15]等以重点城市为研究对象,分别对北京市、上海市、重庆市土地利用变化特征进行研究分析;Guo^[16]构建 CLUE-S 模型研究环渤海地区土地利用时空格局变化;杨浩^[17]运用 WRF 模式模型定量研究京津冀城市群土地利用时空格局变化对区域热环境的影响;李永乐^[18]通过构建面板数据模型对城市化与土地利用结构关系进行了讨论。以城市或较大尺度区域为研究区的地区性土地利用时空变化研究逐渐成为该领域的研究趋势。

本研究以 GIS 为技术手段,以大西安地区为研究对象,通过对近 25 年研究区土地利用时空变化进行分析研究,反映土地利用变化规律,揭示土地利用时空特征变化,识别热点区域,分析变化原因,为西安建设国家中心城市及其国际化大都市发展过程中土地资源的科学规划利用以及经济建设和生态环境保护的协调发展提供重要参考。

1 数据资料

1.1 研究区概况

大西安地区气候类型属大陆性季风气候,处于

暖温带半湿润与半干旱气候过渡地带,雨热同季,地势呈现出“南高北低”的特点,地质地貌特点鲜明,地形较为复杂多变。2017 年 6 月,陕西省发改委等单位印发的《大西安立体综合交通发展战略规划》首次明确了大西安范围,主要包括西安(蓝色)、咸阳(黄色)、渭南(绿色)3 市 23 个县(市、区)及杨凌示范区(红色),总面积约 1.76 万 km²,如图 1 所示。

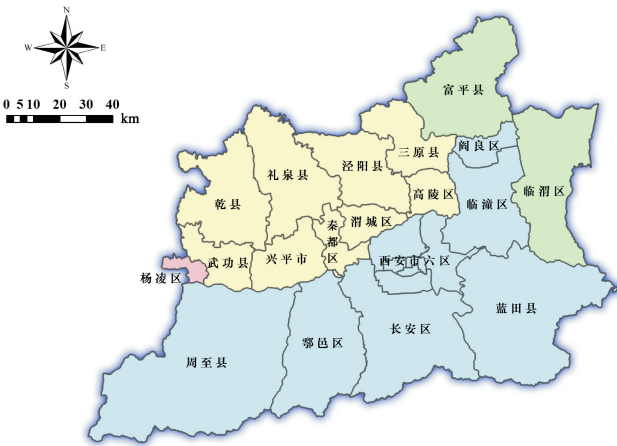


图 1 大西安地区规划范围
Fig. 1 Area of the Great Xi'an

1.2 数据来源与处理

本次研究所用数据为从地理国情监测云平台获取的陕西省 1990—2015 年 6 个时期的 30 m 栅格土地利用数据,包括耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地 6 个一级土地利用类型以及水田、有林地、高覆盖度草地、河渠、城镇用地、沙地等 25 个二级土地利用类型。结合陕西省各市区、县的行政边界区划图,在 ArcGIS 软件的支持下,绘制出大西安地区的边界范围,统计土地利用数据,为研究做好基础数据支撑。

2 研究方法

2.1 土地利用变化参数分析

1) 土地利用变化幅度

通过对土地利用变化幅度进行研究分析,得出某一土地利用类型在所研究时间区段中的变化趋势:

$$K_t = \frac{U_t - U_{t-1}}{U_{t-1}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: K_t 表示在研究时间区段内某一土地利用类型面积的变化幅度; U_t 、 U_{t-1} 分别表示在 t 时间点和 $t-1$ 时间点某一土地利用类型的面积。

2) 土地利用变化速度

假设在某一时间段内,土地利用类型变化为简单的线性变化,则土地利用变化速度可用土地利用变化率表示:

$$K = \frac{U_t - U_{t-1}}{U_{t-1}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K 表示在研究时间区段内某一土地利用类型变化率; T 表示研究时间区段的长度。

3) 土地利用程度变化

土地利用程度综合指数的大小可以反映出某一地区同一时期土地利用程度的高低。樊玉山等^[19]将土地利用程度分为 4 级并分级赋予指数,其土地利用程度综合指数为:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (3)$$

式中: L_a 表示土地利用程度综合指数,范围为[100, 400]; A_i 表示第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 表示第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n 表示土地利用程度分级数。

2.2 标准差椭圆分析

椭圆的大小反映空间格局总体要素的集中程度,偏角(长半轴)反映格局的主导方向。长短半轴的值差距越大(扁率越大),表示数据的方向性越明显。

1) 确定椭圆圆心

利用算术平均中心确定椭圆圆心^[20],椭圆的大小取决于方差大小,长半轴表示数据分布方向,短半轴表示数据分布范围,计算公式为:

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (4)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (5)$$

式中: x_i 和 y_i 是要素 i 的空间位置坐标; $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 是算术平均中心; SDE_x 和 SDE_y 为方差; n 为要素总数。

2) 确定椭圆方向

以 x 轴为准,正北方(12 点方向)为 0° ,顺时针旋转。公式为:

$$\tan\theta = \frac{A+B}{C} \quad (6)$$

$$A = \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i \quad (7)$$

$$B = \sqrt{4\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 \tilde{y}_i^2\right) + \left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2\right)^2} \quad (8)$$

$$C = 2\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 \tilde{y}_i^2\right) \quad (9)$$

式中: $\tilde{x}_i$ 、 $\tilde{y}_i$ 分别为 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 与 x_i 、 y_i 的对应之差; $\tan\theta$ 为椭圆方向的正切值。

3) 确定 x 、 y 轴标准差

确定椭圆圆心、椭圆方向之后,只需再确定 x 、 y 轴标准差,即可获得椭圆曲线。 x 、 y 轴标准差为:

$$\sigma_x = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \cos\theta - \tilde{y}_i \sin\theta)^2}{n}} \quad (10)$$

$$\sigma_y = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \sin\theta + \tilde{y}_i \cos\theta)^2}{n}} \quad (11)$$

2.3 热点分析

热点分析可以对每一个要素进行 Getis-Ord G_i^* 统计^[21],热点要素应具有高值,且被其他具有高值的要素所包围,冷点与之相反。其公式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X}' \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j}\right)^2}{n-1}}} \quad (12)$$

式中: x_j 是要素 j 的属性值; $w_{i,j}$ 是要素 i 和 j 之间的空间权重; n 为要素总数; $\bar{X}'$ 为指标得分均值; S 为指标得分标准差; G_i^* 为输出统计 Z 得分。

2.4 点密度分析

将每次土地利用变化均表示为一个点,每个栅格像元中心的周围都定义了一个邻域,将邻域内点的数量相加,然后除以邻域面积,即得到土地利用变化的点密度。

3 结果分析

3.1 土地利用数量结构变化分析

3.1.1 数量结构时间变化分析

大西安地区土地利用数量结构变化较为剧烈,如表 1 和表 2 所示。由表 1 可知,耕地面积占比最大,6 个时期均大于 50%,但其所占比例整体上呈现出逐期减少的现象,耕地面积总共减少 917.30 km²,占总面积的 5.23%;林地面积占比同样较大,各期均保持在 30%左右;草地面积所占比重较小且变化不大,所占比例在 1.35%~3.23%内波动;水域面

积所占比例较小,整体变化趋势为先减少后增加再减少;建设用地面积显著增加,增加量为 949.84 km²,占总面积的 5.42%,增加比例在 6 种土地利用类型中

最多。6 个时期的土地利用程度综合指数总体上呈现出稳步增长的趋势,说明大西安地区土地利用正处于蓬勃发展时期。

表 1 1990—2015 年大西安地区土地利用类型结构及程度变化

Tab. 1 Structure and degree change of land use types in the Great Xi'an area from 1990 to 2015

土地利用类型	面积占比/%					
	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
耕地	59.02	59.26	57.80	57.37	55.09	53.79
林地	30.42	30.20	29.54	30.32	30.12	30.40
草地	1.74	1.35	3.23	1.52	2.32	1.66
水域	1.47	1.38	1.10	1.53	1.46	1.35
建设用地	7.16	7.73	8.26	9.20	10.92	12.58
未利用土地	0.20	0.08	0.07	0.05	0.08	0.21
土地利用程度综合指数	273.14	274.65	274.24	275.73	276.84	278.73

表 2 1990—2015 年大西安地区土地利用类型面积变化量、变化幅度、变化速度

Tab. 2 Quantity, range and speed of each land use type area change in the Great Xi'an from 1990 to 2015

研究时段	耕地			林地		
	变化量/km ²	变化幅度/%	变化速度/(%·a ⁻¹)	变化量/km ²	变化幅度/%	变化速度/(%·a ⁻¹)
1990—1995 年	42.77	0.41	0.08	—37.57	—0.70	—0.14
1995—2000 年	—257.14	—2.47	—0.49	—116.80	—2.21	—0.44
2000—2005 年	—73.71	—0.73	—0.15	137.32	2.65	0.53
2005—2010 年	—400.31	—3.98	—0.80	—34.47	—0.65	—0.13
2010—2015 年	—228.91	—2.37	—0.47	49.03	0.93	0.19
1990—2015 年	—917.30	—8.87	—0.35	—2.49	—0.05	0.00

研究时段	草地			水域		
	变化量/km ²	变化幅度/%	变化速度/(%·a ⁻¹)	变化量/km ²	变化幅度/%	变化速度/(%·a ⁻¹)
1990—1995 年	—66.99	—22.01	—4.40	—15.67	—6.10	—1.22
1995—2000 年	329.25	138.75	27.75	—47.95	—19.86	—3.97
2000—2005 年	—300.14	—52.98	—10.60	75.20	38.87	7.77
2005—2010 年	140.22	52.63	10.53	—11.99	—4.46	—0.89
2010—2015 年	—114.85	—28.24	—5.65	—19.29	—7.52	—1.50
1990—2015 年	—12.51	—4.11	—0.16	—19.71	—7.67	—0.31

研究时段	建设用地			未利用土地		
	变化量/km ²	变化幅度/%	变化速度/(%·a ⁻¹)	变化量/km ²	变化幅度/%	变化速度/(%·a ⁻¹)
1990—1995 年	100.21	7.98	1.60	—22.05	—62.60	—12.52
1995—2000 年	92.63	6.83	1.37	—0.67	—5.10	—1.02
2000—2005 年	165.60	11.44	2.29	—3.57	—28.58	—5.72
2005—2010 年	300.28	18.61	3.72	5.56	62.25	12.45
2010—2015 年	291.12	15.21	3.04	22.90	158.07	31.61
1990—2015 年	949.84	75.68	3.03	2.16	6.13	0.25

由表 2 可以看出,耕地面积自 1995 年后逐期减少,2005—2010 年其变化量、变化幅度、变化速度均达到峰值,1990—2015 年,耕地面积的变化速度由正转负,负向变化速度整体上呈现出先增加后减少的趋势;林地 2000—2005 年的变化量、变化幅度以及变化速度均达到峰值;草地的三项参数变化情况基本与林地相反,且 1995—2000 年其变化幅度达到 138.75%,变化速度达到 27.75%/年;2000—2005 年,水域面积显著增加,变化量与变化速度达到峰值;1990—2015 年,建设用地面积的变化量为949.84 km²,变化幅度为 75.68%,变化速度为 3.03%/年,三项参数在 6 种土地利用类型中均为最大,2010—2015

年的变化速度与变化幅度较 2005—2010 年有所放缓。由以上数据分析可知,大西安地区的土地利用数量结构时间变化规律可以概述为“耕地逐步减少,建设用地稳步增加,林地、草地波动变化”。

3.1.2 数量结构空间变化分析

为了在数量结构时间变化分析的基础上进一步探索上述 6 种土地利用类型之间的相互转换关系,本次研究运用 ArcGIS 软件,通过空间分析、格式转换、矩阵运算以及统计分析等方法,整理得到 1990—2015 年各研究区段内大西安地区土地利用转移矩阵,如表 3~表 8 所示(单位:km²)。

表 3 1990—1995 年大西安地区土地利用转移矩阵

Tab. 3 Transition matrix of land use types in the Great Xi'an area from 1990 to 1995

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	1990 年总计
耕地	9 788.06	203.48	78.70	44.67	267.63	7.09	10 389.63
林地	127.55	5 093.31	33.90	17.27	3.78	19.15	5 294.97
草地	45.97	14.40	173.73	2.03	0.89	0.00	237.02
水域	42.75	3.04	6.65	187.90	0.91	0.10	241.35
建设用地	341.11	18.13	18.13	2.05	981.40	1.35	1 362.17
未利用土地	1.77	0.23	0.00	3.14	0.50	7.52	13.17
1995 年总计	10 347.20	5 332.58	311.11	257.07	1 255.12	35.22	17 538.30

表 4 1995—2000 年大西安地区土地利用转移矩阵

Tab. 4 Transition matrix of land use types in the Great Xi'an area from 1995 to 2000

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	1995 年总计
耕地	9 595.91	234.05	165.21	30.25	357.56	6.62	10 389.61
林地	174.23	4 909.42	201.29	3.02	6.33	0.61	5 294.89
草地	48.27	11.29	175.09	0.79	1.84	0.00	237.28
水域	55.57	12.90	19.93	151.43	1.35	0.15	241.33
建设用地	256.38	9.89	5.02	2.26	1 080.42	1.34	1 355.32
未利用土地	2.29	0.96	0.00	5.69	0.46	3.78	13.17
2000 年总计	10 132.65	5 178.51	566.54	193.44	1 447.97	12.50	17 531.61

表 5 2000—2005 年大西安地区土地利用转移矩阵

Tab. 5 Transition matrix of land use types in the Great Xi'an area from 2000 to 2005

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	2000 年总计
耕地	9 670.06	129.95	31.42	53.30	247.57	0.44	10 132.74
林地	140.35	4 999.00	5.94	17.18	15.24	0.89	5 178.60
草地	136.41	179.52	228.44	20.41	1.78	0.00	566.56
水域	11.42	2.28	0.21	176.46	0.78	2.29	193.45
建设用地	93.70	4.17	0.38	1.17	1 348.17	0.37	1 447.97
未利用土地	6.93	0.57	0.00	0.05	0.02	4.93	12.50
2005 年总计	10 058.87	5 315.50	266.39	268.57	1 613.55	8.92	17 531.81

表 6 2005—2010 年大西安地区土地利用转移矩阵

Tab.6 Transition matrix of land use types in the Great Xi'an area from 2005 to 2010

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	2005 年总计
耕地	9 461.05	117.65	108.45	18.44	348.89	4.45	10 058.93
林地	66.14	5 148.18	69.00	14.23	12.45	5.67	5 315.65
草地	34.16	5.64	223.05	1.34	2.17	0.04	266.41
水域	39.65	4.47	4.35	219.26	0.89	0.00	268.60
建设用地	58.05	4.08	1.55	0.83	1 549.06	0.00	1 613.57
未利用土地	0.19	1.23	0.23	2.56	0.38	4.32	8.92
2010 年总计	9 659.24	5 281.23	406.63	256.66	1 913.84	14.48	17 532.08

表 7 2010—2015 年大西安地区土地利用转移矩阵

Tab.7 Transition matrix of land use types in the Great Xi'an area from 2010 to 2015

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	2010 年总计
耕地	9 325.47	21.18	0.26	13.25	294.62	4.48	9 659.28
林地	42.70	5 216.63	0.01	0.79	11.85	9.41	5 281.41
草地	43.29	69.52	290.29	1.34	1.77	0.41	406.63
水域	4.05	15.92	1.23	221.62	0.48	13.35	256.66
建设用地	14.38	2.81	0.01	0.38	1 896.27	0.00	1 913.85
未利用土地	0.01	4.75	0.00	0.00	0.00	9.72	14.48
2015 年总计	9 429.91	5 330.82	291.81	237.39	2 204.99	37.39	17 532.31

表 8 1990—2015 年大西安地区土地利用转移矩阵

Tab.8 Transition matrix of land use types in the Great Xi'an area from 1990 to 2015

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地	1990 年总计
耕地	9 069.99	181.64	60.44	51.85	980.46	2.87	10 347.25
林地	160.61	5 074.56	28.23	7.00	50.20	12.20	5 332.81
草地	62.92	27.58	199.18	6.41	7.59	0.59	304.27
水域	49.30	20.00	2.59	170.46	3.38	11.34	257.07
建设用地	83.80	5.97	1.33	1.11	1 162.88	0.02	1 255.12
未利用土地	3.16	20.69	0.00	0.53	0.47	10.36	35.21
2015 年总计	9 429.79	5 330.44	291.78	237.36	2 204.97	37.38	17 531.73

由表 8 可知,1990—2015 年耕地转为建设用地的总面积为 980.46 km²,占其转出量的 76.76%;耕地转为林地和草地的总面积分别为 181.64 km²、60.44 km²,占其转出量的 14.22%、4.73%。林地转为耕地、草地和建设用地的转出量分别为 160.61 km²、28.23 km²、50.20 km²,占其转出量的 62.19%、10.93%、19.44%。草地主要转为耕地和林地,转出量分别为 62.92 km²、27.58 km²,占其转出量的 59.87%、26.24%。

由表 3~表 7 可知,在 5 个研究时段内,耕地转换为建设用地的转出量百分比分别为 44.49%、45.05%、53.51%、58.36%、88.26%,呈现出递增趋

势;转为草地的转出量百分比分别为 13.08%、20.82%、6.79%、18.14%、0.08%,转出量及其所占百分比均呈现“增-减-增-减”趋势,波动较大;转为林地的转出量百分比分别为 33.83%、29.49%、28.09%、19.68%、6.35%,转换面积虽逐期递减,但转出量百分比基本呈现出先增后减的现象。而水域转出量从 2000—2005 年开始明显减少,当期仅为 16.99 km²。

对以上数据分析可得,大西安地区土地利用类型数量结构空间变化规律为“耕地与建设用地互为最主要转换对象,耕地、林地、草地之间存在相互转换关系”,而由于水域也属于生态用地(本次研究的

生态用地包括林地、草地、水域,下同),其变化特征与规律同样应引起广泛重视。

3.1.3 驱动力分析

随着大西安地区逐渐成为我国西北地区最重要的社会经济发展区域之一,人口数量和区域经济迅速增长,耕地面积减少量激增,减少速度明显加快。同时,陕西省城镇化建设持续推进,2000—2010 年大量房屋、路桥以及基础设施等建设项目全面开展,导致建设用地面积急剧增加。而在 2010—2015 年期间,耕地的减少幅度和建设用地的增加幅度均有所放缓,这与《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)》中要求的“至 2020 年中国耕地保有量要达到 18.05 亿亩”以及实行最严格土地管理制度密切相关。

在耕地转化为建设用地的大趋势下,期间二者内部之间也有相互转化,其中 1990—2010 年建设用地转为耕地的面积较大,通过对比分析相关文献,原因有二:①20 世纪 90 年代以来,陕西省积极开展农村废弃宅基地复垦与整治,大量废弃村庄、农村宅基地复垦为耕地;②大西安地区在建设生态城市的过程中,部分建设用地伴随城市拆迁用于发展城市绿

地,而 TM 图像空间分辨率精度有限,误将部分绿地识别为耕地。

2000—2015 年期间,由于《陕西省取水许可证制度实施细则》的修改、“八水绕长安”生态水系修复工程、最严格水资源管理制度、水生态文明城市建设试点的提出与实施,大西安地区的水域面积减少得到有效遏制,对保护水环境、修复水生态起到了积极的推动作用。

随着人类活动对自然环境改造的频繁发生,耕地、生态用地、建设用地三者之间的转换关系日益密切。“十一五”和“十二五”期间,城镇化进程的稳步推进同样加快了耕地与生态用地转为建设用地的步伐。2002 年,国务院西部开发办公室确定全面启动退耕还林工程,将部分耕地还原为林地、草地,调整了土地利用结构,加强了水土保持,改善了生态环境。

3.2 土地利用空间结构变化及热区诊断分析

3.2.1 土地利用空间分布变化

利用 ArcGIS 绘制大西安地区 1990—2015 年耕地、生态用地以及建设用地的空间结构变化图,如图 2 所示。

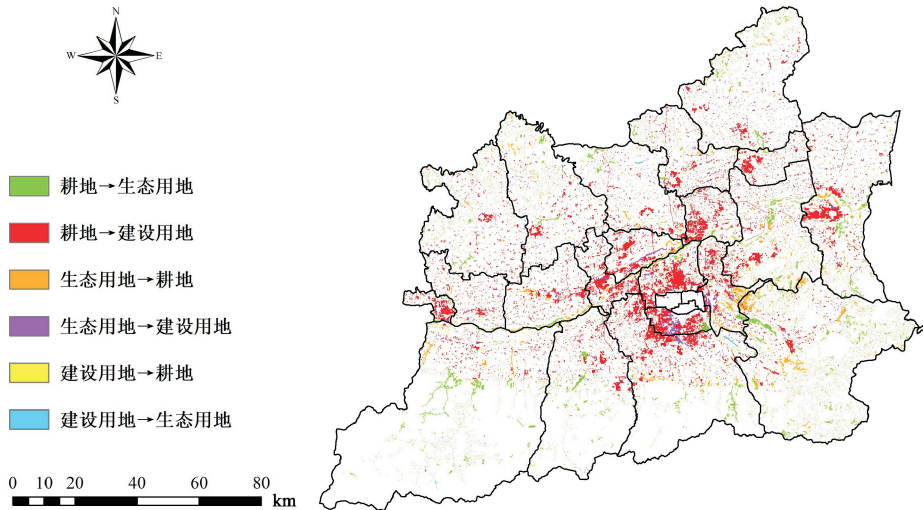


图 2 1990—2015 年大西安地区耕地、生态用地以及建设用地空间结构变化图

Fig. 2 Change in cultivated land, ecological land and construction land in the Great Xi'an from 1990 to 2015

1) 耕地空间分布变化

耕地向建设用地的转换主要集中在大西安地区的中部以及北部平原,而秦岭横贯于大西安地区的南部,居住人口较少,鲜有耕地转换为建设用地的现象,其空间分布变化规律为“以西安主城区为中心,逐渐向四周扩散”,尤以西安主城区的北部、西部以及南部最为突出;同时,渭南临渭区、阎良区以及杨凌示范区也出现了较为集中的耕地转换为建设用地的现象。耕地向生态用地的转换集中在秦岭地区以及渭河、泾河、灞河流域,其空间分布变化规律为“依

山而变,依水而变”,山区及水域附近的耕地转换为生态用地的现象较为突出。

2) 生态用地空间分布变化

生态用地转换为耕地的现象多发生在大西安地区西南部的蓝田县与西安市主城区交界处、临潼区和临渭区中南部以及渭河和泾河流域,其空间分布变化规律为“东南集中,分散变化,沿河多变”。生态用地转换为建设用地的现象多发生在西安市的雁塔区、灞桥区、长安区以及咸阳市的秦都区和渭城区,其空间分布变化规律为“西安市主城区为主,咸阳市市区为辅”。

3) 建设用地空间分布变化

建设用地主要转换为耕地,其空间分布变化规律为“大西安中北部分散分布”。由于耕地和生态用地向建设用地的转换具有一定程度的不可逆性,城镇中的建设用地转换为耕地和生态用地的情况极少出现。

3.2.2 土地利用热区诊断分析

大西安地区 5 个研究区段的土地利用变化标准差

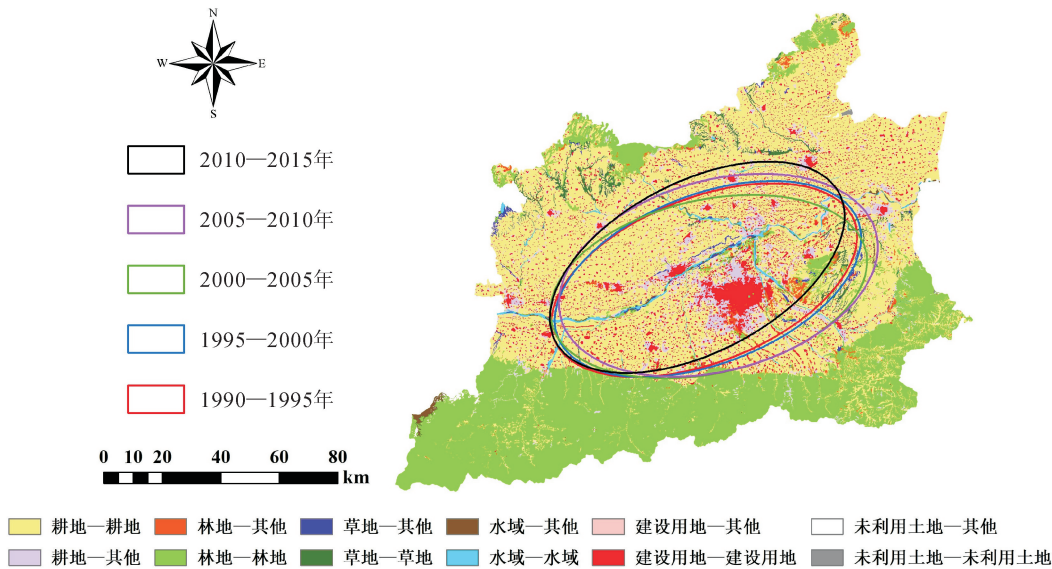


图 3 土地利用变化标准差椭圆

Fig. 3 Land use change standard deviation ellipse

表 9 各时期标准差椭圆参数

Tab. 9 Standard deviation ellipse parameters in each period

时期	<i>Shape_Length</i> /m	<i>Shape_Area</i> /m ²	<i>CenterX</i> /m	<i>CenterY</i> /m	<i>XStdDist</i> /m	<i>YStdDist</i> /m	<i>Rotation</i> /(°)
1990—1995 年	270 717.56	4 879 420 155.12	345 581.64	3 662 938.47	27 714.40	56 047.23	67.48
1995—2000 年	269 408.60	4 882 579 959.74	347 654.35	3 663 197.23	28 023.77	55 464.22	66.39
2000—2005 年	273 510.36	5 149 060 540.02	347 368.55	3 659 938.75	29 506.68	55 551.39	75.95
2005—2010 年	288 283.07	5 776 680 651.52	349 371.67	3 664 000.23	31 606.34	58 182.21	73.38
2010—2015 年	278 229.58	5 279 808 811.82	343 320.66	3 667 290.53	29 576.84	56 827.01	63.76

由图 3 可知,5 个时期的土地利用变化中心均位于西安主城区附近,以“东北—西南”为主轴发生倾斜,但倾斜程度较小,扁率较大,土地利用变化方向性明显,椭圆的短半轴相对较短,数据呈现的向心力明显。2000—2005 年土地利用变化中心移动至西安主城区。自 2000 年开始,土地利用变化标准差椭圆中心有较为明显的向西北方向移动的趋势,且主轴倾斜程度逐期增大。椭圆的大小反映空间格局总体要素的集中程度,大西安地区土地利用变化在研究时段内呈现出“先放缓,后加剧”的现象。

大西安地区 1990—2015 年土地利用变化热点图如图 4 所示。整体而言,研究区西北部土地利用变化发生概率较小,南部为土地利用变化主要热点区域,其中西安主城区、长安区、蓝田县以及周至县

椭圆如图 3 所示,各时期标准差椭圆参数如表 9 所示。*CenterX* 和 *CenterY* 为椭圆的中心点,*Shape_Length* 和 *Shape_Area* 分别表示椭圆的周长和面积,*XStdDist* 和 *YStdDist* 分别表示 *X* 轴和 *Y* 轴的长度,*Rotation* 表示椭圆的方向角度。

的土地利用变化最为显著。耕地转换的热点区域集中于长安区,冷点区域集中于西安市的碑林区和新城区;生态用地(林地、草地、水域)转换的热点区域集中于蓝田县,冷点区域集中于秦都区、渭城区、高陵区;建设用地转换的热点区域主要集中于周至县、长安区、临潼区,未有明显的冷点区域。

大西安地区 1990—2015 年土地利用变化点密度分析结果如图 5 所示。大西安地区的土地利用变化呈现出“中部集中、四周扩散”的特点。耕地、生态用地、建设用地集中变化的区域较为相似,均以大西安中部的西安市主城区为中心,集中程度较高的区域为秦都区南部、高陵区南部、长安区北部、阎良区西部、临渭区中部以及杨凌示范区等。

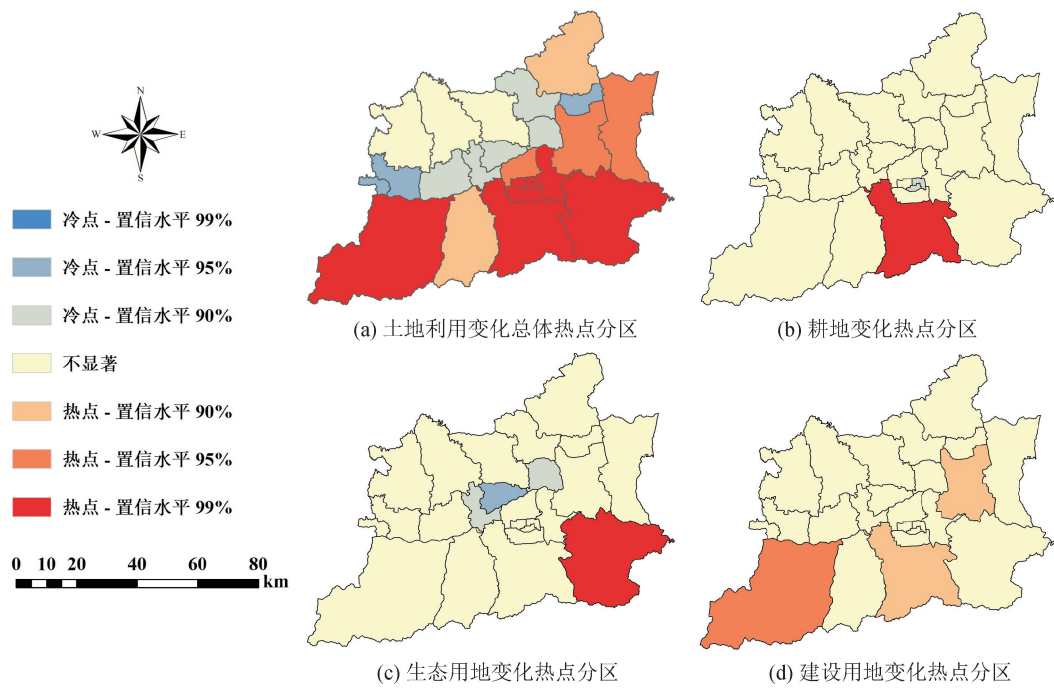


图 4 大西安地区 1990—2015 年土地利用变化热点图

Fig. 4 Hotspot map of land use change in the Great Xi'an from 1990 to 2015

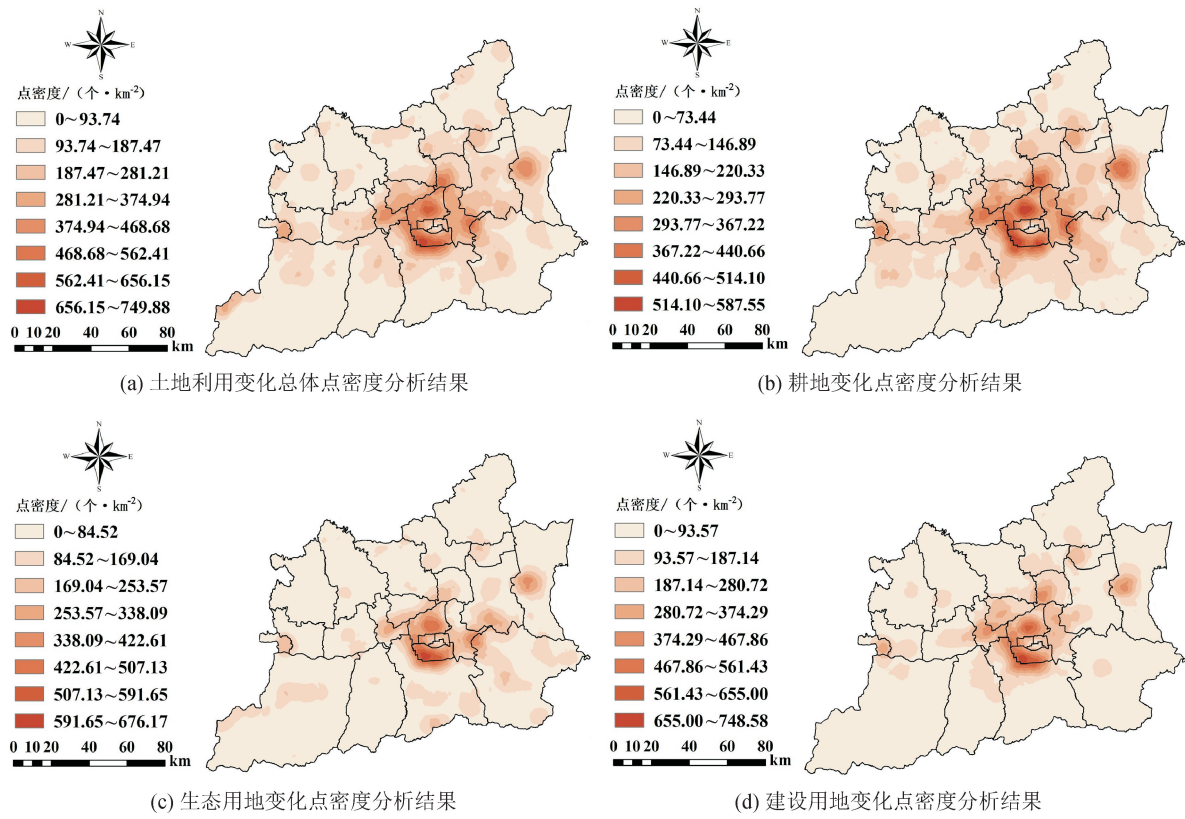


图 5 大西安地区 1990—2015 年土地利用变化点密度分析结果

Fig. 5 Results of land use change point density analysis from 1990 to 2015 in the Great Xi'an

3.2.3 驱动力分析

随着西咸新区的成立以及临潼区、阎良区和富平县的快速发展,原有的房屋住宅、商业用地以及基础设施和交通设施不能满足日益增长的建设需求,

大西安地区产业布局发生了一定变化,加剧了土地利用类型之间的相互转换,是土地利用变化中心位于西安主城区附近且向西北方向移动的主要原因。

西安作为“丝绸之路经济带”的关键支点,在“一

带一路”政策的指引下,加快“五位一体”建设的步伐,带动区域经济发展,推进生态文明建设,西安市主城区、西咸新区、高陵区、阎良区、蓝田县、长安区在享受政策红利的同时积极开展生产建设活动,逐步成为大西安地区建设热点。而临渭区、杨凌示范区地处关中—天水经济区的核心区域,在合理使用土地资源的基础上,积极寻求高质量发展,随着临渭区成为陕西省“一线两带”的核心地区以及“杨凌模式”的成功,土地利用变化较为剧烈。

十八大提出了“新型城镇化”以及“系统治水”理念,大西安地区做出积极响应,城镇建设与生态水利建设同步开展,通过富阎产业合作园区建设、河流水库综合治理、长安区大学城配套设施优化等一系列措施,塑造优势,扩大影响,优化资源配置,改善土地利用结构,使土地利用变化更为集中。

4 结 论

1) 1990—2015 年大西安地区土地利用数量结构变化显著,耕地、草地、水域面积大幅减少,建设用地面积大幅增加,建设用地增加速度最快;耕地与建设用地互为最主要的转换对象,草地、林地、耕地之间存在相互转换的现象,水域主要转换为耕地。转入量大于转出量的土地利用类型为建设用地以及未利用土地,而耕地、林地、草地、水域则是转出量大于转入量。

2) 1990—2015 年大西安地区土地利用空间结构变化显著,耕地变化主要集中在中部与北部地区,林地与草地的相互转换多发生在临潼区,水域转换主要发生在渭河、泾河、灞河、浐河流域,建设用地转换呈分散分布;土地利用变化较为剧烈,以西安主城区附近为中心,且逐渐向西北方向移动,以“东北—西南”为主要变化方向,主要热点区域为大西安地区南部,并在研究区内呈现出“中部集中、四周扩散”的聚类特点。

3) 经济建设、社会发展、生态文明建设等均对大西安地区的土地利用变化产生了深远影响。西安国际化大都市建设、“一带一路”政策的实施、“关天经济区”的成立等,加速了建设用地的增加;“八水绕长安”工程、渭河流域综合治理等项目的实施以及“系统治水”的提出,与水域和草地、林地、耕地之间的相互转换密切相关;“退耕还林(草)”政策的落实以及《陕西省森林管理条例》、《陕西省封山禁牧条例》等法律法规的出台,有效控制了草地和林地的过度转出,一定程度上促进了土地利用多样化发展。

4) 1990—2015 年期间,大西安地区社会经济发展水平迅速提高,产业结构与区域结构的合理性日趋完善,但在经济稳步增长的同时,耕地面积大幅减少,环境污染问题尚未得到根本解决,相关部门应在对土地利用变化进行深入研究的基础上,将经济、社会、生

态环境发展目标相结合,更加合理地利用土地资源。

5 讨 论

1) 本研究以陕西省 1990—2015 年 6 个时期的 30 m 栅格土地利用数据为数据基础,获取相应的大西安地区土地利用情况,计算土地利用变化幅度、变化速度以及土地利用程度综合指数,绘制土地利用转移矩阵,并通过标准差椭圆分析、热点分析、点密度分析等方法对研究区内土地利用数量结构以及空间结构变化进行分析。

2) 大多数学者以省、市、县等行政单位为研究单元,开展土地利用格局时空变化研究,将城市群或经济带作为研究对象的较少,而对西北地区城市群的相关研究更少。大西安(关中城市群核心区)作为丝绸之路经济带的战略支点,位于温带大陆性半干旱、半湿润气候区,生态环境较为脆弱,人口压力逐渐增大,人地矛盾日益凸显,亟需进行合理的土地资源配置及可持续发展规划。因此,本文对大西安地区的土地利用格局时空变化开展研究,选择区域较为典型。

3) 受研究重点所限,本文未对土地利用变化影响机制进行深入研究。基于更高精度的土地利用数据,开展城镇化进程和生态文明建设对大西安地区土地利用变化的定量分析研究,将是今后深入研究的方向。

参考文献:

- [1] 陈磊,孙佳新,姜海,等.南京市土地利用结构时空格局及驱动因素[J].水土保持研究,2020,27(1):197-206.
CHEN Lei, SUN Jiaxin, JIANG Hai, et al. Spatiotemporal pattern and driving factors of land use structure in Nanjing City[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020, 27(1):197-206.
- [2] 杜金龙,朱记伟,解建仓,等.近 25a 关中地区土地利用及其景观格局变化[J].干旱区研究,2018,35(1):217-226.
DU Jinlong, ZHU Jiwei, XIE Jiancang, et al. Changes of land use and landscape pattern in the Guanzhong area in recent 25 years[J]. Arid Zone Research, 2018, 35(1):217-226.
- [3] 刘纪远,邵全琴,延晓冬,等.土地利用变化对全球气候影响的研究进展与方法初探[J].地球科学进展,2011,26(10):1015-1022.
LIU Jiyan, SHAO Quanqin, YAN Xiaodong, et al. An overview of the progress and research framework on the effects of land use change upon global climate[J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(10):1015-1022.
- [4] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等.20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J].地理学报,2014,69(1):3-14.
LIU Jiyan, KUANG Wenhui, ZHANG Zengxiang, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s[J]. Ac-

- ta Geographica Sinica, 2014, 69(1):3-14.
- [5] 刘纪远,宁佳,匡文慧,等. 2010-2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789-802.
LIU Jiyuan, NING Jia, KUANG Wenhui, et al. Spatio-temporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010-2015[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(5):789-802.
- [6] QI J C, LIU H P, LIU X P, et al. Spatiotemporal evolution analysis of time-series land use change using self-organizing map to examine the zoning and scale effects [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2019, 76:11-23.
- [7] DADASHPOOR H, AZIZI P, MOGHADASI M. Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area[J]. Science of the Total Environment, 2019, 655(10):707-719.
- [8] 严栋飞,姜仁贵,解建仓,等. 基于 Markov 模型的渭河干流陕西段土地利用动态变化研究[J]. 西安理工大学学报, 2019, 35(1):34-39.
YAN Dongfei, JIANG Rengui, XIE Jiancang, et al. Study on the dynamic change of land use in Shaanxi section of Weihe main stream based on Markov mode[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2019, 35 (1):34-39.
- [9] 张广朋,徐海量,杜清,等. 近 20a 叶尔羌河流域生态服务价值对土地利用/覆被变化的响应[J]. 干旱区研究, 2016, 33(6):1303-1310.
ZHANG Guangpeng, XU Hailiang, DU Qing, et al. Response of ecosystem service value to land use/cover change in the Yarkant River basin in recent 20 years[J]. Arid Zone Research, 2016, 33(6):1303-1310.
- [10] 刘郑伟,付梅臣,丁茜. 边境贸易地区土地利用变化驱动力演变研究[J]. 资源科学, 2018, 40(4):729-736.
LIU Zhengwei, FU Meichen, DING Qian. Driving force evolution of land use change in a border trade area of China [J]. Resources Science, 2018, 40 (4): 729-736.
- [11] 彭月月,魏妍冰,李启权,等. 气候和土地利用变化对成都市植被 NPP 时空分布的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(11):150-159.
PENG Yueyue, WEI Yanbing, LI Qiquan, et al. The effects of changes in climate and land use on the spatio-temporal distribution of vegetation NPP in Chengdu [J]. Journal of Southwest University(Natural Science Edition), 2018, 40(11):150-159.
- [12] 马晓哲,王铮. 土地利用变化对区域碳源汇的影响研究进展[J]. 生态学报, 2015, 35(17):5898-5907.
MA Xiaozhe, WANG Zheng. Progress in the study on the impact of land-use change on regional carbon sources and sinks[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35 (17):5898-5907.
- [13] 胡莹洁,孔祥斌,张宝东. 30 年来北京市土地利用时空变化特征[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(11):1-14.
HU Yingjie, KONG Xiangbin, ZHANG Baodong. Spatiotemporal features of land use change in Beijing in the past 30 years [J]. Journal of China Agricultural University, 2018, 23(11):1-14.
- [14] 阮俊杰,苏敬华,黄宇驰,等. 上海市青浦区土地利用时空格局模拟研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(3): 112-119.
RUAN Junjie, SU Jinghua, HUANG Yuchi, et al. Simulation study on land use spatio-temporal pattern in Qingpu district, Shanghai [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(3):112-119.
- [15] 童小容,杨庆媛,毕国华. 重庆市 2000~2015 年土地利用变化时空特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(11):2481-2495.
TONG Xiaorong, YANG Qingyuan, BI Guohua. Spatio-temporal characteristics of land use changes in Chongqing during 2000-2015[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(11):2481-2495.
- [16] GUO L Y, WANG D L, QIU J J, et al. Spatio-temporal patterns of land use change along the Bohai rim in China during 1985-2005 [J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19(5):568-576.
- [17] 杨浩,王子羿,王婧,等. 京津冀城市群土地利用变化对热环境的影响研究[J]. 自然资源学报, 2018, 33 (11):1912-1925.
YANG Hao, WANG Ziyi, WANG Jing, et al. Study on the influence of land use change on the thermal environment in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(11): 1912-1925.
- [18] 李永乐,吴群,舒帮荣. 城市化与城市土地利用结构的相关研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(4): 104-110.
LI Yongle, WU Qun, SHU Bangrong. Correlation study between urbanization and urban land use structure[J]. China Population, Resources and Environment, 2013, 23 (4): 104-110.
- [19] 樊玉山,刘纪远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [20] 李一琼,白俊武. 近 20 年苏州土地利用动态变化时空特征分析[J]. 测绘科学, 2018, 43(6):58-64.
LI Yiqiong, BAI Junwu. Analysis of temporal and spatial dynamic changes of land use of Suzhou in recent 20 years[J]. Science of Surveying and Mapping, 2018, 43(6):58-64.
- [21] 李丹,梅晓丹,张玉娟,等. 绥芬河市土地利用变化的时空格局研究[J]. 测绘科学, 2019, 44(3):78-85.
LI Dan, MEI Xiaodan, ZHANG Yujuan, et al. Research of spatiotemporal pattern of land use change in Suifenhe city[J]. Science of Surveying and Mapping, 2019, 44(3):78-85.