

引用格式:朱杰, 龚健, 李靖业. 青藏高原东部生态敏感区生境质量时空演变特征: 以青海省河湟谷地为例[J]. 资源科学, 2020, 42(5): 991-1003. [Zhu J, Gong J, Li J Y. Spatiotemporal change of habitat quality in ecologically sensitive areas of eastern Qinghai-Tibet Plateau: A case study of the Hehuang Valley, Qinghai Province[J]. Resources Science, 2020, 42(5): 991-1003.] DOI: 10.18402/resci.2020.05.16

# 青藏高原东部生态敏感区生境质量时空演变特征

## ——以青海省河湟谷地为例

朱杰<sup>1</sup>, 龚健<sup>1,2</sup>, 李靖业<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074;

2. 自然资源部法治研究重点实验室, 武汉 430074)

**摘要:** 河湟谷地位于高原过渡地带, 是青海省的经济文化中心, 脆弱的生态环境与剧烈的人类活动存在冲突, 因此评估其景观格局变化作用下的生境质量具有典型意义。本文通过改良的Flow转移矩阵表征了不同景观类型间的转化过程; 运用InVEST模型评估了1995—2015年河湟谷地的生境质量并分析其时空演变规律与冷热分布特征; 借助灰色关联度分析3个时期的生境质量与景观格局要素异质性。结果表明: ①1995—2015年, 河湟谷地草地、建设用地、水域景观面积持续增加, 景观类型呈现破碎化、复杂化、异质化特征; ②“贵德—乐都”连线是河湟谷地生境质量的分界线, 总体呈“南优北劣”“南热北冷”的分布态势; ③生境质量与香农多样性指数、香农均匀性指数、景观分离指数、蔓延度、最大斑块指数等景观指数以及草地、林地景观规模关联度较高, 与建设用地面积关联度较低, 表明在生态保护政策作用下, 建设用地以侵占林地、草地等高生境类型以外的景观为主。研究结果可揭示城市化背景下的生态系统与景观联动关系, 指导青藏高原东部区域生态保护与修复工作。

**关键词:** 生境质量; InVEST模型; Flow转移矩阵; 景观格局指数; 灰色关联度; 河湟谷地; 青藏高原

DOI: 10.18402/resci.2020.05.16

## 1 引言

生态系统是重要的自然资源与自然资产, 是人类生存与发展的基础<sup>[1]</sup>。生态系统服务是指生态系统及其生态过程为维持人类的生存、发展提供物品与服务的功能<sup>[2]</sup>。随着社会经济的快速发展以及人类活动范围的不断扩张, 景观格局的变化会影响区域生境的格局与功能<sup>[3]</sup>。基于景观格局变化的生态系统服务价值研究既能够梳理经济发展、生态环境与景观要素之间的关系, 丰富传统景观生态评价的理论与方法, 又能定量评估区域生境质量水平并实现空间表达, 提升生态价值评估的准确性与科学性, 为区域生态保护政策的制定提供科学指导。

传统生态系统服务研究的基础是土地利用/覆

盖变化(LUCC)<sup>[4-7]</sup>, 傅伯杰<sup>[8]</sup>基于格局与过程耦合的地理学综合研究方法, 将生态系统服务价值的理论引入到景观格局及生态过程的研究中, 提出景观格局、生态过程以及生态系统服务价值三者耦合的关系机理, 景观格局变化与生态服务价值的响应成为生态学研究的新思路<sup>[9-11]</sup>。同时, 生态系统服务的评价方法也趋向多元化, 除了Costanza等<sup>[12]</sup>提出、谢高地等<sup>[13]</sup>修正的单位面积因子法, 基于生态经济过程的综合评估模型是目前生态系统服务评价的有效工具<sup>[14]</sup>。景观格局变化对区域生境分布和功能的影响成为了研究热点, 常见的评估模型主要有MAXENT模型<sup>[15,16]</sup>、SolVES模型<sup>[17,18]</sup>以及InVEST<sup>[19,20]</sup>模型, 其中InVEST模型的使用最为频繁, 方法也最

收稿日期: 2019-09-06 修订日期: 2020-01-28

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(CUGL170408)。

作者简介: 朱杰, 男, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用变化及模拟。E-mail: zhuj\_cug@outlook.com

通讯作者: 龚健, 男, 湖南常德人, 教授, 研究方向为土地评价、土地利用规划和土地信息系统。E-mail: gongjian@cug.edu.cn

成熟。Bhagabati等<sup>[21]</sup>运用InVEST模型评估了印度尼西亚 Sumatra Island 中部的虎类栖息地生境质量,指明了符合虎类保护要求的情景模式;吴健生等<sup>[22]</sup>通过InVEST模型评估了京津冀地区土地利用背景下的生境质量,探索了生境质量与土地利用的生态学联动机制。总体上,国内外关于生境质量的研究主要分为对单个物种以及对区域整体两个范畴。针对单个物种开展的生境质量评价需要明确生物的生境需求及其与自然要素的适配性,以此为基础构建指标体系进行评价<sup>[23]</sup>;而区域生境质量评价聚焦于流域、海岸带、城市等区域,评估土地利用变化对生境质量的影响<sup>[24,25]</sup>,本文属于区域生境质量评价。

河湟谷地位于青藏高原与黄土高原的过渡地带,是亚洲乃至整个北半球气候变化的“敏感区”,生态环境脆弱<sup>[26]</sup>,而目前关于该区域生态学的文献较少,多为青藏高原全域或青海省域范围的研究。同时,已有的生境质量评估研究大多基于土地利用覆被数据开展,在区域景观要素特征及其与生境质量的关联性分析层面有所欠缺。在新型城镇化综合试点工作深入推进的背景下,青海省将建立西宁—海东都市圈,以西宁市、海东市为代表的河湟谷地地区将会迎来新一轮的高速发展时期,成为引领青海甚至西北地区发展的核心增长极,巨大的发展潜力带来较大的生态风险<sup>[27]</sup>。基于上述研究现状与区域背景,本文拟开展以下研究:①借助Flow转移矩阵、景观格局分析法及InVEST模型定量评估河湟谷地景观类型、景观格局与生境质量的时空演变规律;②基于灰色关联分析法探讨景观格局要素与生境质量水平的耦合关系。通过上述研究,最终确定河湟谷地1995—2015年的生境质量时空变化特征及其与景观格局的相关性,为青藏高原东部地区的生物多样性保护与区域生态发展提供科学参考,为土地利用、生态红线划定和经济社会的协调可持续发展提供决策支持,同时也为生态敏感区域的生境质量评估提供新的思路。

## 2 研究区概况

河湟谷地地理位置35°01'N—38°N,100°51'E—103°04'E(图1),区域总面积约35273.77 km<sup>2</sup>,覆盖西宁市、海东市、黄南藏族自治州、海南藏族自治州

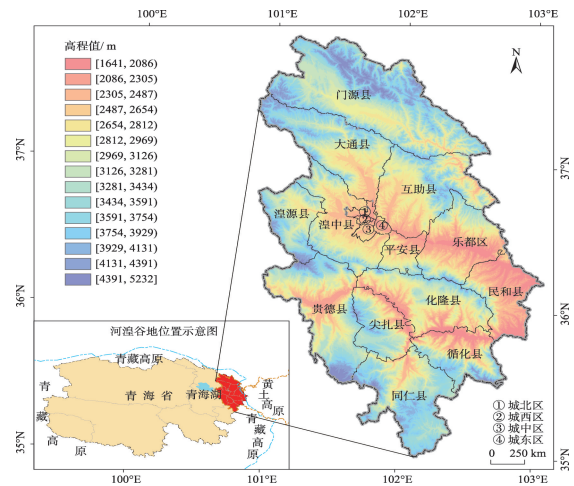


图1 河湟谷地地理位置及高程示意图

Figure 1 Geographical location and elevation of the Hehuang Valley

和海南藏族自治州,是青海省的政治、经济与文化集中区。河湟谷地地处黄河与湟水河流域的三角地带,是黄土高原与青藏高原的过渡区域,海拔1641~5232 m,自北向南分布有大通河、湟水河、黄河,祁连山地块的两条平行岭谷造就了独特的“三山夹两谷”地貌;地处青海省东部季风区的末端,是中国西北干旱区、东部季风区、青藏高原区三大自然区的交汇点,内部各区域年均气温2.2~9.0℃,年均降水251.0~523.3 mm,冬季漫长却不寒冷,夏季短促而凉爽;气候温和、水源充足、日照时间长,使得该区域的生物繁殖具备较好的自然条件,生长有祁连圆柏、羽叶三七、巴山冷杉等特色植物,繁衍有苏门羚、岩羊、高原山鹑等野生动物;降水集中,雨热同期,农业区位与资源优势明显,以青海省1/30的面积养育了3/4的人口,是青海省开发历史最悠久、开发强度最高的地区。

## 3 数据来源与研究方法

### 3.1 数据来源及处理

研究采用的数据为Landsat 5、7 TM/ETM以及Landsat 8 OLI\_TIRS 1995、2005和2015年的3期遥感影像,来源于美国地质调查局网站(<http://earthexplorer.usgs.gov>),影像质量较好,云量均低于5%。采用人机交互与目视解译相结合的方法,将河湟谷地土地利用类型分为草地、耕地、林地、建设用地、水域及未利用地6个一级类,空间分辨率为30 m。通过实地采样和辅助验证,1995、2005和2015年3

2020年5月

期分类数据 Kappa 系数分别为 0.792、0.802 以及 0.798, 满足精度要求。

其他数据有:①基础地理数据,主要有青海省各县市边界和国道、省道、高速公路、铁路4类道路的矢量数据,数据来源为全国地理信息资源目录服务系统(<http://www.webmap.cn>)提供的1:100万全国基础地理数据库;②数字高程模型(DEM)来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),空间分辨率为30 m;③青海省自然保护区、风景名胜区、地质公园、森林公园矢量图层,来源为青海省人民政府网(<http://www.qh.gov.cn>)公布的《青海省主体功能区规划》。

### 3.2 研究方法

#### 3.2.1 Flow 转移矩阵

2013年,学者Runfola等<sup>[28]</sup>提出了一种名为“流动矩阵”(Flow Matrix)的改良矩阵,针对土地变化量进行分析。该方法弥补了传统LUCC分析方法的不足,综合考虑了土地利用变化的时间持续性以及转换规模,较为合理地解释了生境质量变化的内在特征。Flow转移矩阵通过景观类型变化面积占总变化面积的比值反映区域景观变化的数量结构以及方向,该概念来源于离散时间间隔内信息、物质或能量的“存量和流动”模型,代表两个时间点所表征类别的转换大小。在景观类型变化研究中,“存量”为未发生变化的景观,“流动”为发生转移与转化的景观。

Flow矩阵是 $(J+1) \times (J+1)$ 矩阵, $J$ 表示景观类型的数量,第 $(J+1)$ 列和第 $(J+1)$ 行分别表示不同景观类型的总损失和总收益, $C_{ij}$ 表示景观 $i$ 转变成景观 $j$ 的面积。表1展示了Flow矩阵的特征,与常见的数

量转移矩阵不同的是:Flow矩阵不含对角线条目,即不表征“存量”,忽略对稳定景观类型的考量,而侧重于表征景观类型的变化过程。

#### 3.2.2 景观格局指数

根据河湟谷地区域的景观格局特点以及研究目的,本文选取了斑块数量( $NP$ )、斑块密度( $PD$ )、最大斑块指数( $LPI$ )、平均斑块面积( $AREA\_MN$ )、景观分离指数( $DIVISION$ )、景观边缘密度( $ED$ )、景观形状指数( $LSI$ )、蔓延度指数( $CONTAG$ )、香农多样性指数( $SHDI$ )、香农均匀度指数( $SHEI$ )这10个指标,借助Fragstats软件计算分析景观水平上的破碎化、形状复杂化以及多样化程度。具体指数及计算详见参考文献<sup>[29,30]</sup>的方法。

#### 3.2.3 InVEST 模型

InVEST(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs)模型由斯坦福大学、世界自然基金会以及大自然保护协会联合开发<sup>[31]</sup>,全称为生态系统服务和交易的综合评估模型,涵盖淡水、海洋与陆地三大生态系统。生境质量是指生态系统为生物个体和种群提供生存条件的能力,表现为生存资源的可获得性、生物繁殖与存在数量等<sup>[32]</sup>。InVEST模型生境质量模块将土地覆被情况与生物多样性威胁因子相结合,计算原理<sup>[33]</sup>如下:

$$Q_{xy} = H_j \left[ 1 - \left( \frac{D_{xy}^z}{D_{xy}^z + k^z} \right) \right] \quad (1)$$

式中: $Q_{xy}$ 为地类 $j$ 中栅格单元 $x$ 的生境质量指数; $H_j$ 为地类 $j$ 的生境适宜度; $D_{xy}$ 为地类 $j$ 中栅格单元 $x$ 的生境退化度; $z$ 为换算系数,按照InVEST模型指导手册的推荐值,本文设定为2.5; $k$ 为半饱和系数,其大小为栅格大小的一半,本文设定为15。威胁因

表1 Flow转移矩阵

Table 1 Flow transfer matrix

	景观类型 1	景观类型 2	景观类型 3	流出
景观类型 1		$\frac{C_{12}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\frac{C_{13}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\frac{C_{12} + C_{13}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$
景观类型 2	$\frac{C_{21}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$		$\frac{C_{23}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\frac{C_{21} + C_{23}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$
景观类型 3	$\frac{C_{31}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\frac{C_{32}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$		$\frac{C_{31} + C_{32}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$
流入	$\frac{C_{21} + C_{31}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\frac{C_{12} + C_{32}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\frac{C_{13} + C_{23}}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 C_{ij}}$	$\sum_{i=1}^3 \left[ \left( \sum_{j=1}^3 C_{ij} \right) - C_{ii} \right]$

子属性<sup>[34,35]</sup>及生境类型对威胁因子的敏感度<sup>[36,37]</sup>见表2、表3。

3.2.4 灰色关联分析法

灰色关联分析是将因素之间的同质或异质程度作为衡量各要素关联性的一种方法<sup>[38]</sup>,借助灰色关联度表征河湟谷地不同时期的生境质量与景观格局要素异质性。各要素之间的量纲差异会影响结果准确性,因此需要进行无量纲化处理。本文选用的是初值化去量纲法,即用每一序列的起始数据去除该序列的原始数据,计算公式如下:

在  $t=m$  时刻,系统参考数列与比较数列的关联系数表达式为:

$$\gamma_{oi}(m) = [\Delta(\min) + \rho\Delta(\max)] / [\Delta_{oi}(m) + \rho\Delta(\max)] \quad (2)$$

式中:  $\gamma_{oi}(m)$  为  $m$  时刻参考数列与比较数列间的关联系数;  $\Delta(\min)$  与  $\Delta(\max)$  分别为所有比较数列各时刻的最小绝对差与最大绝对差;  $\Delta_{oi}(m)$  为  $m$  时刻参考数列与比较数列的绝对差;  $\rho$  为分辨系数,可以弱化  $\Delta(\max)$  过大引起的关联系数失真,取值范围为  $(0, 1)$  且分布于  $[0.5000, 0.5463]$  范围内分辨效果较好,  $\gamma_{oi}(m)$  分布区间相对适宜,因此设定  $\rho$  为 0.5。

每个比较数列与参考数列之间都存在  $n$  个关联系数,信息分散,缺乏整体性,因此需要对这些关联系数进行求平均处理,实现信息的集中。这就是两

个时间序列间的灰色关联度,表达式为:

$$\gamma_{oi} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \gamma_{oi}(m) \quad (3)$$

式中:  $\gamma_{oi}$  为参考数列  $\{X_0(t)\}$  与比较数列  $\{X_i(t)\}$  之间的关联度;  $n$  为时间序列长度。

4 结果与分析

4.1 景观类型面积变化及转化

4.1.1 景观总体特征

河湟谷地区域景观类型多样,结构复杂。3期景观类型分布图显示(图2),研究区景观类型以林地、草地、耕地为主,其中林地、草地都占研究区总面积的32%以上,耕地面积次之,占区域总面积的20%左右。总体来看,林地、草地、耕地3种景观类型面积达到了研究区总面积的90%,对整体景观的影响较大,而建设用地、水域以及未利用地所占比例较小,占研究区总面积的10%左右。

4.1.2 景观类型转化

在分析河湟谷地整体景观分布的基础上,采用Flow转移矩阵对景观类型的相互转化进行量化表达。需要说明的是,Flow转移矩阵侧重于对景观“流动”情况的说明,能够较好地反映景观的净流入与净流出,这与以往研究中采用数量转移矩阵或Markov转移矩阵量算景观要素的转移是有区别的。

景观类型Flow转移矩阵如表4所示。1995—2015年景观类型转化量为6907.98 km<sup>2</sup>,转化率达19.58%,变化显著。规模较大的景观转移模式为耕地转为草地(2.35%)、林地转为草地(3.96%)以及草地转为林地(2.78%)。统计不同景观的流入、流出情况,草地流入规模最大,流动占比7.75%;其次为林地,占比4.94%。草地、耕地与林地的流出量较大,分别占比5.82%、5.82%与5.13%。

用流入与流出的差值表示景观净流动情况,草

表2 威胁因子表  
Table 2 Threat factors

威胁因子	最大影响距离/km	权重	衰退类型
建设用地	8.00	1.00	exponential
国道	6.00	1.00	linear
省道	4.00	0.85	linear
高速公路	2.00	0.80	linear
铁路	2.00	0.80	linear
耕地	4.00	0.70	exponential

表3 生境类型对威胁因子的敏感度

Table 3 Sensitivity of habitat types to each threat factor

地类名称	生境适宜度	建设用地	国道	省道	高速公路	铁路	耕地
林地	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.75	0.70
草地	1.00	0.75	0.80	0.80	0.80	0.75	0.70
水域	0.80	0.70	0.65	0.65	0.65	0.60	0.65
耕地	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.25
未利用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2020年5月

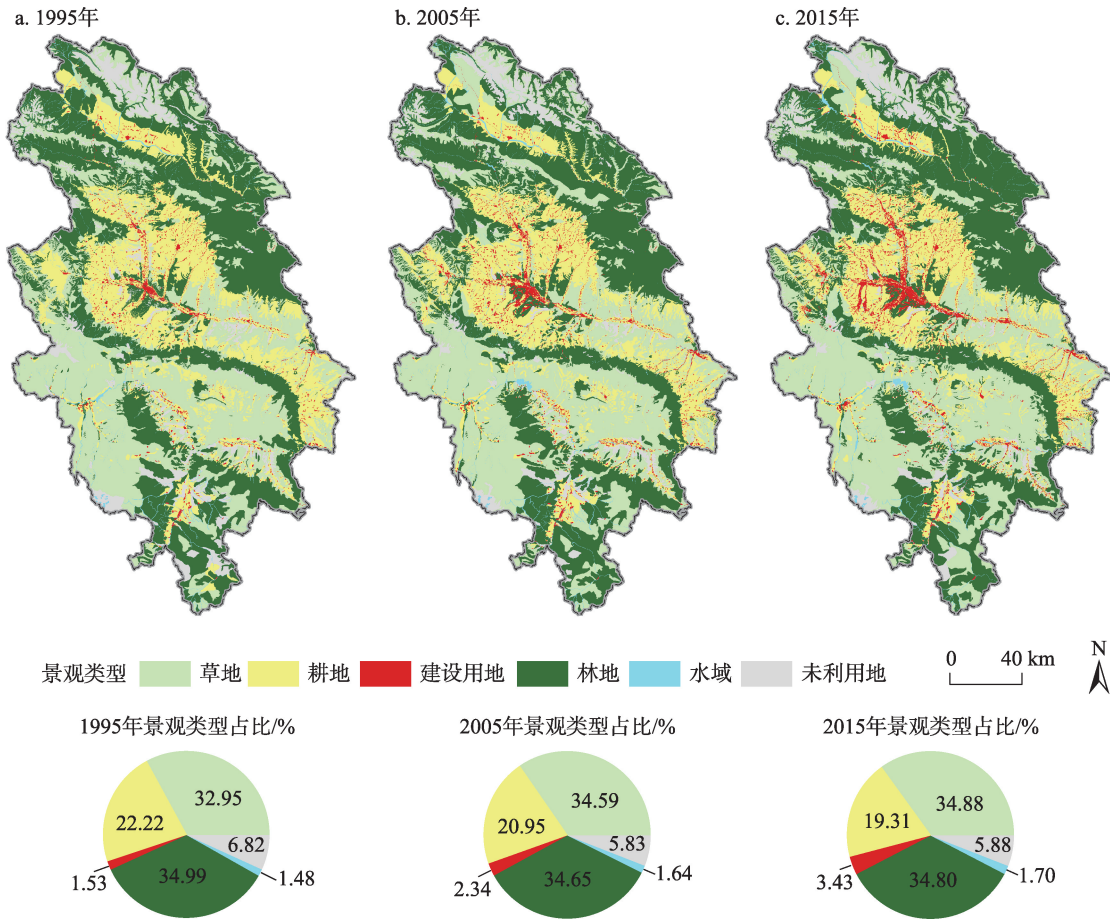


图2 研究区景观类型分布图

Figure 2 Landscape type distribution of the study area

表4 1995—2015年景观类型Flow转移矩阵

Table 4 Flow matrix of landscape type transformation, 1995-2015

(%)

1995年景观类型	2015年景观类型						流出
	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	
草地		1.88	0.20	2.78	0.08	0.87	5.82
耕地	2.35		1.65	1.54	0.18	0.10	5.82
建设用地	0.03	0.18		0.02	0.02	0.01	0.26
林地	3.96	0.47	0.21		0.20	0.29	5.13
水域	0.05	0.09	0.02	0.12		0.03	0.31
未利用地	1.36	0.29	0.07	0.48	0.05		2.24
流入	7.75	2.91	2.16	4.94	0.53	1.30	19.58

地、建设用地和水域呈净流入态势,净流入比例分别为1.93%、1.90%和0.22%;耕地、林地和未利用地呈净流出态势,净流出比例分别为2.91%、0.19%和0.94%。草地流入来源主要为林地与耕地,流入率分别为3.96%与2.35%,集中在化隆县、乐都区、民和

县、门源县、同仁县、湟中县、循化县以及贵德县等地;建设用地主要流入来源与流出方向均为耕地,其中耕地转为建设用地的比例为1.65%,建设用地转为耕地的比例为0.18%,湟中县建设用地流入尤为明显。耕地净流出规模最大,流出方向主要为草

地、建设用地和林地,流出比例分别为2.35%、1.65%和1.54%,化隆县、乐都区、民和县、湟中县以及门源县等地的耕地流出现象显著;其次为未利用地,主要流出方向为草地与林地,分别占流出总量的60.71%、21.43%,集中在贵德县、同仁县、大通县以及湟中县等区域。林地与水域流动规模较小,总体稳定。

在生态保护政策、农牧业生产以及城市化、工业化等因素的综合作用下,河湟谷地草地、耕地与建设用地的变化剧烈,各景观之间彼此流动。自2002年起,青海省全面实施退耕还林、退耕还草政策,再加上诸多自然保护区的建立,耕地呈净流出态势,表现为草地规模的扩大。同时,河湟谷地是青海省重要的经济发展轴,人类活动剧烈,城镇化、工业化程度较高,建设用地的需求量持续增加,主要来源就是耕地占用。

#### 4.2 景观格局特征分析

由表5可知,1995—2015年,河湟谷地区域斑块数量( $NP$ )由7137个增长为9597个,主要是耕地、建设用地、林地的斑块数目增加导致的,其中林地最具生态优势,影响最大。斑块密度( $PD$ )由20.23个/ $hm^2$ 增长为27.21个/ $hm^2$ ,平均斑块面积( $AREA\_MN$ )由494.2380  $hm^2$ 减少为367.5499  $hm^2$ ,景观分离指数( $DIVISION$ )均较高,接近于1。以上指数均说明研究区景观朝着破碎化方向发展,反映了人类活动干扰使得景观要素呈现破碎化分布态势;最大斑块指数( $LPI$ )相对较稳定,说明最大斑块得到一定的保护,保持相对完整的状态。

景观边缘密度( $ED$ )以及景观形状指数( $LSI$ )增

长,体现了人类活动使得景观形状趋于离散,分割严重,形状复杂;蔓延度指数( $CONTAG$ )在研究期内一直降低,表明研究区内整体景观的连通性减弱,这与斑块数量( $NP$ )增加、平均斑块面积( $AREA\_MN$ )减小是一致的,反映了景观类型的破碎化分布趋势(表5)。

香农多样性指数( $SHDI$ )持续增加,景观异质性增强;香农均匀度指数( $SHEI$ )呈不断增长状态,研究区优势景观类型对整体景观的控制力降低。这两个指数的变化主要是由于耕地、未利用地减少的同时草地、建设用地面积增加,使得这些景观类型间的面积差异减小导致的(表5)。

综上所述,1995—2015年河湟谷地景观类型朝着分布破碎化、形状复杂化、优势度弱化方向演变。结合张红月等<sup>[39]</sup>关于青海省景观与经济二维尺度分区的结果,西宁市辖区为青海省经济中心区,人类活动剧烈,开发程度高,因此景观结构复杂,多样性显著,呈破碎化分布;其他部分县域位于东北部欠开发区,开发程度相对较低,各景观类型分布均匀,稳定程度较高,进一步开发利用的潜力较大。随着近两年兰西城市群、西宁—海东都市圈等发展战略的实施,河湟谷地区域进入新一轮的高速发展时期,景观格局变化剧烈,生态破坏严重且向周边区域辐射的趋势较明显,因此动态分析该区域生境质量的时空演变特征、明确生态系统与景观联动关系具有重要的现实意义。

#### 4.3 河湟谷地生境质量时空格局分析

##### 4.3.1 时空格局变化分析

生境质量指数一方面能反映研究区的生境斑

表5 研究区整体景观格局指数

Table 5 Landscape metrics of the study area

年份	景观破碎化指数				
	$NP$ /个	$PD$ (个/ $hm^2$ )	$LPI$ %	$AREA\_MN$ / $hm^2$	$DIVISION$ %
1995	7137	20.23	10.6298	494.2380	97.25
2005	8058	22.84	10.2255	437.7484	97.58
2015	9597	27.21	10.7360	367.5499	97.59
年份	景观形状指数			景观多样性指数	
	$ED$ ( $m/hm^2$ )	$LSI$	$CONTAG$ %	$SHDI$	$SHEI$
1995	13.9863	68.0368	58.1295	1.3770	0.7685
2005	14.7630	71.6838	57.8227	1.3828	0.7717
2015	15.5796	75.5180	57.0628	1.4037	0.7834

2020年5月

块破碎度,另一方面也是生境斑块抵御人为活动带来的生境退化威胁能力的体现,其取值为0~1之间的连续值,越接近1,生境质量就越好,表明生物多样性得到了较好的维持<sup>[40]</sup>。为直观描述生境质量的优劣程度,本文利用ArcGIS 10.3软件平台的Reclassify工具将生境质量指数的栅格均值分为[0, 0.2)、[0.2, 0.4)、[0.4, 0.8)、[0.8, 1]4个取值范围,分别定义为差、中等、良好、优等4个生境质量等级,统计了不同等级栅格面积及其占比情况(表6)。

1995—2015年,河湟谷地全域生境质量指数稳定在0.8左右,略有提升。从时间尺度来看(表6),差等斑块面积波动变化,共计增加0.95%,原因:一方面,河湟谷地区域人类活动剧烈,建设用地占用耕地与林地,使得建设区及周围区域的生境受损;另一方面,研究期内景观斑块数量、分离度增

加,平均斑块面积与蔓延度指数降低,使得低等级生境斑块增加;中等、良好等级斑块面积占比分别降低1.57%与1.15%,优等生境斑块面积持续增加,共计增长1.76%,主要原因是2000年左右,青海省立足于生态大省的发展定位,先后开展退耕还林、退耕还草、自然保护区建设等一系列生态保护与修复工作,促使部分中等、良好等级生境斑块向高等级生境斑块转化。

从空间尺度来看(图3),林地、草地、水域集中区域生境质量较高,耕地、建设用地、未利用地生境质量较低,全域以优等生境斑块为主。西宁市城北区、城东区、城西区及城北区的生境质量与其他地区相比较低,这是由于西宁市中心区域人类活动日趋剧烈,生态状况不断恶化。在所有地区中,大通县、贵德县、互助县、门源县、循化县的生境质量指

表6 1995—2015年研究区生境质量指数分级表

Table 6 Classification of habitat quality index values of the study area, 1995-2015

等级	1995年		2005年		2015年	
	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%
差	2947.66	8.36	2880.00	8.16	3283.34	9.31
中等	4616.17	13.09	4295.91	12.18	4063.58	11.52
良好	3233.35	9.17	3158.92	8.96	2829.07	8.02
优等	24476.59	69.39	24938.93	70.70	25097.78	71.15

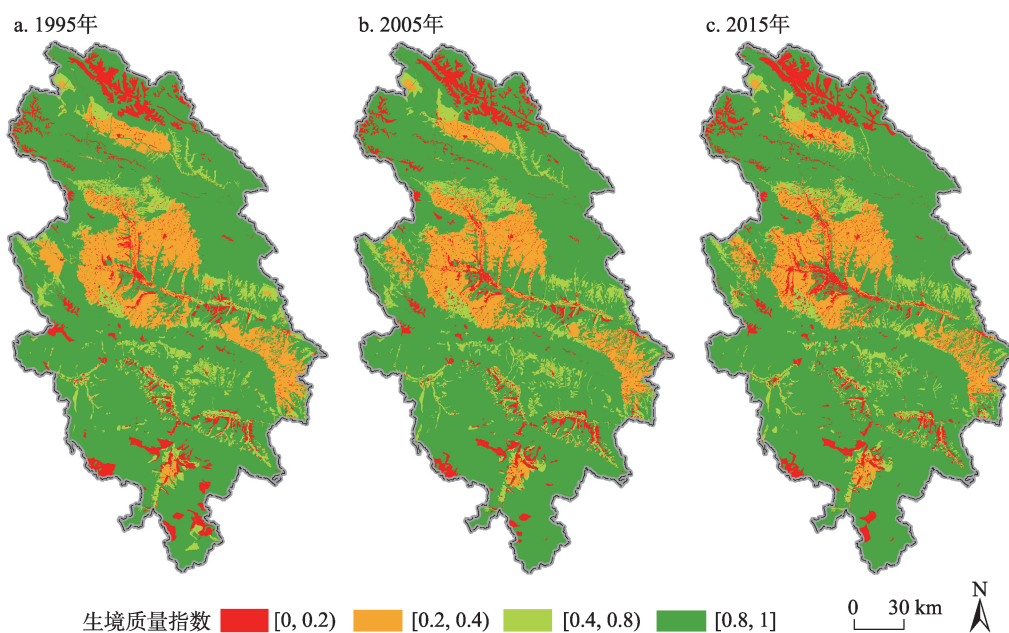


图3 1995—2015年河湟谷地生境质量分布

Figure 3 Distribution of habitat quality of the Hehuang Valley, 1995-2015

数均超过0.7,其中贵德县最高,维持在0.9水平;化隆县、尖扎县、平安县、民和县均呈现出不断增加的态势,其中化隆县最高,民和县相对较低;湟源县、湟中县受西宁市城区辐射严重,社会经济发展对生态环境的影响较大,应该引起关注,采取有效的生态保护措施,减小人类活动对生态环境的破坏。

为更直观地反映研究区生境质量的时空变化特征,利用ArcGIS 10.3 软件平台的 Raster Calcula-

tor 工具计算得到1995—2015年的生境质量变化结果(图4)。由图可知,1995—2015年河湟谷地生境质量变化呈现明显的地域差异性,“贵德—乐都”连线以南地区的生境质量指数总体有所提升,其中平安县、乐都区(图4c)、同仁县(图4d)提升幅度较大,主要得益于退耕还林、还草等生态保护政策的实施以及诸多自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园的建立,如孟达自然保护区、三江源自然保护

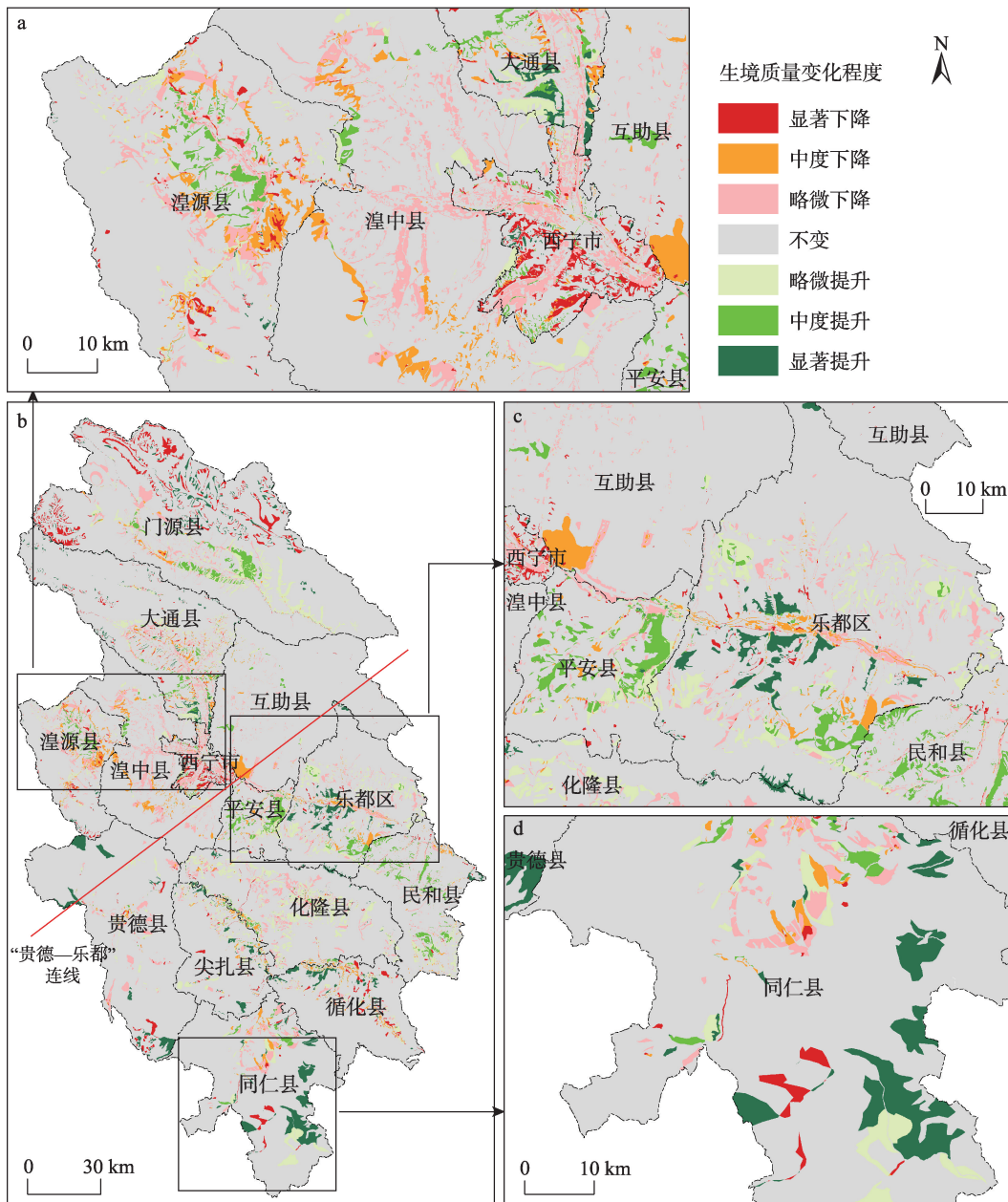


图4 不同地区生境质量指数变化

Figure 4 Habitat quality index changes in different regions



2020年5月

区、坎布拉国家森林公园、贵德国家地质公园等;连线以北地区生境质量普遍下降,其中西宁市主城区生境退化严重(图4a)。结合社会经济要素来看,西宁市1995—2015年的GDP年均增长率达107.11%,远高于青海省的67.02%。人口方面,西宁市常住人口在青海省所占比重由1995年的23.01%增长至2015年的39.27%。经济发展、人口聚集对景观结构的影响更加剧烈,加大了生境威胁度,使得西宁市生境质量明显低于其他区域并持续降低。

#### 4.3.2 空间热点分析

空间尺度上,河湟谷地生境质量空间聚集性呈现“北部冷,南部热”的特点,大致沿“贵德—乐都”线两侧分布。冷点区域集中在西宁市,该区域是青海省的政治经济中心与耕地聚集区,剧烈的生产建设、农业活动对生态环境的干预使得该地区低生境集聚分布。互助县、平安县与西宁市区相邻,其中互助县的人口规模居海东市之首,人类活动剧烈,因此呈次冷点聚集分布;热点区域多集中于南部区域,主要分布在贵德、尖扎、化隆、循化等县域,这一区域海拔较低,地势平坦,光温水热条件较好,林地面积广阔,是青海省重要的生物多样性保护区以及土壤保持区(图5)。

时间尺度上,冷点分布由1995年的城中区、城东区不断扩张至西宁市大多数地区,反映了西宁市

的生境胁迫效应对周围地区生态的负向影响;热点区域总体上向东南偏移,即在远离西宁市的方向上聚集,反映了西宁市在整个河湟谷地区域生态系统中的重要影响(图5)。

#### 4.4 “景观—生境”灰色关联分析

InVEST生境质量评估模型的应用往往基于土地利用覆被数据且两者相互独立,本文从景观格局维度开展生境质量评估,借助灰色关联模型分析景观格局与生境质量评估结果的相关性,从景观格局保护层面提出保护、提升生境质量的合理建议。

研究基于河湟谷地生境质量指数与典型景观类型面积、景观格局指数的时间序列数据构建灰色关联度模型,定量分析了景观格局变化对生境质量的影响(图6)。在景观层面,河湟谷地生境质量水平与香农多样性、香农均匀性、景观分离指数、林地面积、蔓延度、最大斑块指数、草地面积关联度较高。

由于退耕还林、退耕还草、水土保持、水源涵养等人为手段的干预,香农多样性指数、香农均匀度指数、景观分离指数不断增加,蔓延度降低,景观呈多要素密集的分布状态,异质性增强,同时作为高生境景观类型的林地保持稳定、草地持续增加,1995—2015年河湟谷地的生境质量指数保持在优等水平。此外,尽管建设用地是生境质量变化的主要威胁源,但是河湟谷地建设用地不足4%,且超过

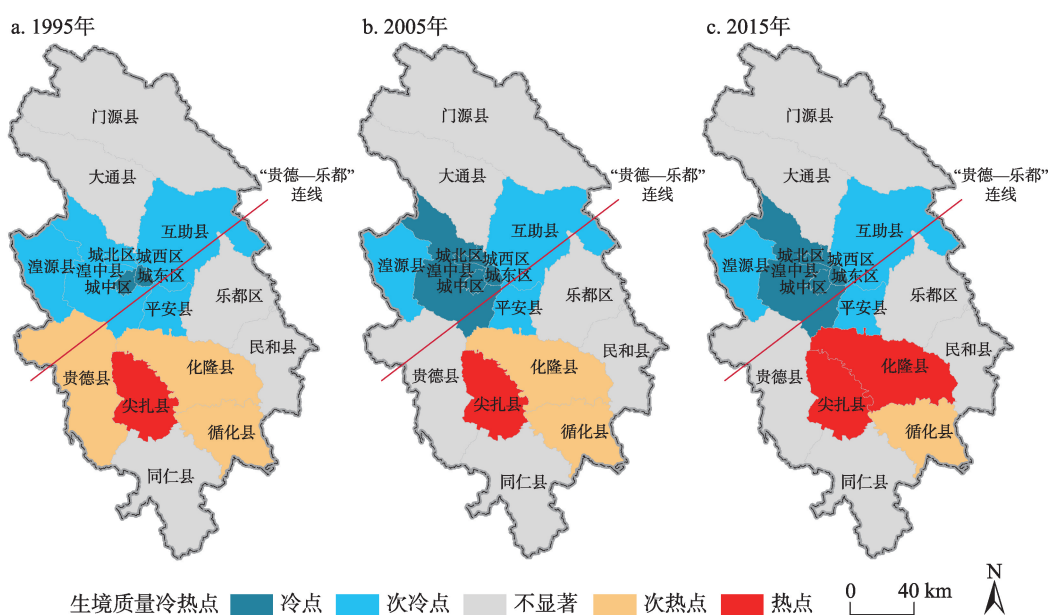


图5 河湟谷地生境质量冷热点

Figure 5 Hotspots and coldspots of habitat quality of the Hehuang Valley

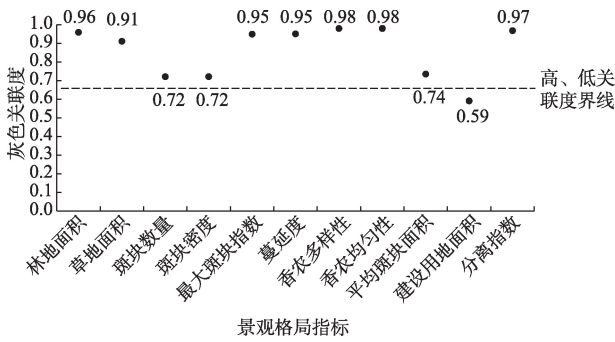


图6 河湟谷地景观格局与生境质量关联度

Figure 6 Correlation between landscape pattern and habitat quality of the Hehuang Valley

75%的建设用地增长来源为耕地占用,对林地、草地、水域等高生境景观的破坏程度较低。因此,生境质量与建设用地面积的关联度仅为0.59,这也体现了青藏高原东部林地、草地等生态用地得到了较好的保护。

需要注意的是,在某一生态系统中,生境多样性与物种多样性一般是呈正态分布的。当景观分布过度破碎化,生境类型激增,生境之间的连通性就会降低,残留的小生境斑块只能维持较低水平的物种多样性,使得斑块内部的物种向系统外部迁移,物种多样性随之降低<sup>[41]</sup>。在全面启动国家公园示范省建设工作的大背景下,青海省实施了严格的生态保护政策,对生态用地、生态物种的保护力度逐渐加大,通过构建国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充的自然保护地管理体系,遏制了河湟谷地区景观进一步破碎化发展趋势,增强景观斑块之间的连通性,生境质量得到有效保护与提升。

## 5 结论、政策建议与展望

### 5.1 结论

(1)1995—2015年,河湟谷地草地、建设用地、水域面积逐年上升,耕地面积不断减少,林地及未利用地波动变化,基本稳定。其中,建设用地的主要增长源为耕地占用,西宁市、海东市尤为明显;林地、草地、水域等高生境景观类型平稳增加,得益于退耕还林、退耕还草政策的实施以及各级自然保护区建立。

(2)河湟谷地人口集中,人类活动剧烈,对土地资源的利用程度大,生境斑块离散度、分割度较高,

不同景观类型间的连通性降低;同时,香农多样性指数与香农均匀度指数的增加说明了该区域优势景观对整体景观的控制力在降低,景观异质性增强。综上,1995—2015年河湟谷地景观格局总体朝着破碎化、复杂化与异质化方向演变。

(3)1995—2015年,河湟谷地生境质量指数稳定在0.8左右,略有提升。“贵德—乐都”两侧区域生境质量变化及冷热状态呈差异化分布,其中西宁市生境水平呈现质量低、不断减小且冷点聚集的特征,而大通县、贵德县、互助县、门源县、循化县的生境质量指数较高,生态保护压力相对较小。

(4)河湟谷地生境质量水平与香农多样性、香农均匀性、景观分离指数、林地面积、蔓延度、最大斑块指数、草地面积具有较高的关联性,在生态保护与修复工作中,应借助人为手段提高景观分布的密集程度,有效遏制生境斑块的破碎化分布趋势,提高景观的连通性。

### 5.2 政策建议

根据研究结论,本文提出以下政策建议:

(1)湟水流域是青海省的耕地集中区,需要不断优化农业生产方式,提高农业生产效率。同时,在国土综合整治与生态保护修复的工作背景下,应结合该区域的景观类型特征与现状生态问题,综合使用开发、整理、复垦、修复等手段,统筹推进农业生产与生态保护修复。

(2)相较于大通县、贵德县等地区,西宁市、海东市等区域生境质量提升空间较大,需要进一步推动规模化林场建设,加快实施中心城区、主要城镇、园区等重点区域绿化及城市湿地公园等生态建设工程,系统提升区域生境质量。

(3)破碎化、复杂化的景观分布不利于生态系统的保护与修复,因此在制定与实施相关措施时,需要坚持“山水林田湖草”综合治理的原则,减少单要素治理过程所引发的过度干预风险,维护好自然与半自然的景观。

### 5.3 展望

在设定模型参数时,本文主要参考了模型指导手册以及同类研究,存在一定的主观性。此外,本文研究的重点聚焦于自然生态要素,在青海省“生态立省”的大背景下,政策要素对于未来河湟谷地

2020年5月

生态学研究的影响将会加大。因此,后续研究应结合研究区的生态、社会经济、政策条件等要素开展耦合分析,深入探讨河湟谷地生境质量变化的综合过程机制,对参数进行实证研究,进一步修正模型,为敏感区生态保护与修复工作的开展提供有效的理论支撑。

### 参考文献(References):

- [1] 谢高地,鲁春霞,成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9. [Xie G D, Lu C X, Cheng S K. Progress in evaluating the global ecosystem services[J]. Resources Science, 2001, 23(6): 5-9.]
- [2] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington: Island Press, 1997.
- [3] 欧阳志云,郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 6183-6188. [Ouyang Z Y, Zheng H. Ecological mechanisms of ecosystem services[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 6183-6188.]
- [4] 魏慧,赵文武,张骁,等. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价:以山东省德州市为例[J]. 生态学报, 2017, 37(11): 3830-3839. [Wei H, Zhao W W, Zhang X, et al. Regional ecosystem service value evaluation based on land use changes: A case study in Dezhou, Shandong Province, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(11): 3830-3839.]
- [5] 韩增林,赵文祯,闫晓露,等. 基于生态系统服务价值损益的生态安全格局演变分析:以辽宁沿海瓦房店市为例[J]. 生态学报, 2019, 39(22): 8370-8382. [Han Z L, Zhao W Z, Yan X L, et al. The evolution of ecological security pattern based on the profit and loss analysis of ecosystem services: Taking Wafangdian County as a case[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(22): 8370-8382.]
- [6] 伍博炜,杨胜天,邵南方,等. 黄土高原生态脆弱区土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以汾河流域为例[J]. 水土保持研究, 2019, 26(5): 340-345. [Wu B W, Yang S T, Shao N F, et al. Effects of land use change on ecosystem service value in fragile ecological area of the Loess Plateau: A case study of Fenhe River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2019, 26(5): 340-345.]
- [7] 欧阳晓,贺清云,朱翔. 多情景下模拟城市群土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以长株潭城市群为例[J]. 经济地理, 2020, 40(1): 93-102. [Ouyang X, He Q Y, Zhu X. Simulation of impacts of urban agglomeration land use change on ecosystem services value under multi-scenarios: Case study in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration[J]. Economic Geography, 2020, 40(1): 93-102.]
- [8] 傅伯杰. 地理学综合研究的途径与方法:格局与过程耦合[J]. 地理学报, 2014, 69(8): 1052-1059. [Fu B J. The integrated studies of geography: Coupling of patterns and processes[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(8): 1052-1059.]
- [9] 陈希,王克林,祁向坤,等. 湘江流域景观格局变化及生态服务价值响应[J]. 经济地理, 2016, 36(5): 175-181. [Chen X, Wang K L, Qi X K, et al. Landscape pattern changes and evaluation of ecological service value of the Xiangjiang River Watershed[J]. Economic Geography, 2016, 36(5): 175-181.]
- [10] 邴振华,高峻. 景观服务:生态系统服务评估的新进展[J]. 生态经济, 2015, 31(11): 27-31. [Bing Z H, Gao J. Landscape service: New discovery in ecosystem service assessment[J]. Ecological Economy, 2015, 31(11): 27-31.]
- [11] 尹锴,赵千钧,文美平,等. 海岛型城市森林景观格局效应及其生态系统服务评估[J]. 国土资源遥感, 2014, 26(2): 128-133. [Yin K, Zhao Q J, Wen M P, et al. Assessment of landscape pattern effect and ecosystem services of island urban forest[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2014, 26(2): 128-133.]
- [12] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [13] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746. [Xie G D, Zhang C X, Zhang C S, et al. The value of ecosystem services in China[J]. Resources Science, 2015, 37(9): 1740-1746.]
- [14] 马凤娇,刘金铜, Eneji E A. 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述[J]. 生态学报, 2013, 33(19): 5963-5972. [Ma F J, Liu J T, Eneji E A. A review of ecosystem services and research perspectives[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 5963-5972.]
- [15] 刘超,霍宏亮,田路明,等. 基于MaxEnt模型不同气候变化情景下的豆梨潜在地理分布[J]. 应用生态学报, 2018, 29(11): 3696-3704. [Liu C, Huo H L, Tian L M, et al. Potential geographical distribution of *Pyrus calleryana* under different climate change scenarios based on the MaxEnt model[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(11): 3696-3704.]
- [16] 黄治昊,周鑫,张孝然,等. 我国大陆黄檗潜在分布区及分布适宜性评价[J]. 生态学报, 2018, 38(20): 7469-7476. [Huang Z H, Zhou X, Zhang X R, et al. Suitability assessments of potential distribution areas for *Amur corktree* in mainland China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(20): 7469-7476.]
- [17] 霍思高,黄璐,严力蛟. 基于SolVES模型的生态系统文化服务价值评估:以浙江省武义县南部生态公园为例[J]. 生态学报, 2018, 38(10): 3682-3691. [Huo S G, Huang L, Yan L J. Valuation of cultural ecosystem services based on SolVES: A case study of the South Ecological Park in Wuyi County, Zhejiang Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(10): 3682-3691.]
- [18] 王玉,傅碧天,吕永鹏,等. 基于SolVES模型的生态系统服务社会价值评估:以吴淞炮台湾湿地森林公园为例[J]. 应用生态学报, 2016, 27(6): 1767-1774. [Wang Y, Fu B T, Lv Y P, et al. Assessment of the social values of ecosystem services based on

- SolVES model: A case study of Wusong Paotaiwan Wetland Forest Park, Shanghai, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(6): 1767-1774.]
- [19] Kim T, Song C, Lee W, et al. Habitat quality valuation using InVEST model in Jeju Island[J]. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 2015, 18(5): 1-11.
- [20] Terrado M, Sabater S, Chaplin-Kramer B, et al. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat[J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 540: 63-70.
- [21] Bhagabati N K, Ricketts T, Sulistyawan T B S, et al. Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans[J]. *Biological Conservation*, 2014, 169: 147-156.
- [22] 吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 等. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(11): 3457-3466. [Wu J S, Cao Q W, Shi S Q, et al. Spatio-temporal variability of habitat quality in Beijing-Tianjin-Hebei Area based on land use change[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015, 26(11): 3457-3466.]
- [23] Zhang J D, Hull V, Huang J Y, et al. Natural recovery and restoration in giant panda habitat after the Wenchuan earthquake[J]. *Forest Ecology & Management*, 2014, 319: 1-9.
- [24] Miguel M, Catarina F, Marta V, et al. Spatial assessment of habitat conservation status in a Macaronesian island based on the InVEST model: A case study of Pico Island (Azores, Portugal)[J]. *Land Use Policy*, 2018, 78: 637-649.
- [25] Satir O, Erdogan M A. Monitoring the land use/cover changes and habitat quality using Landsat dataset and landscape metrics under the immigration effect in subalpine eastern Turkey[J]. *Environment Earth Science*, 2016, DOI: 10.1007/s12665-016-5927-4.
- [26] Gong J, Li J Y, Yang J X, et al. Land use and land cover change in the Qinghai Lake region of the Tibetan Plateau and its impact on ecosystem services[J]. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 2017, DOI: 10.3390/ijerph14070818.
- [27] 赵丹阳, 曾永年. 青海高原东部河湟谷地生态风险评价: 以海东市为例[J]. *中国沙漠*, 2016, 36(4): 1190-1197. [Zhao D Y, Zeng Y N. Land use changes and ecological risk assessment in eastern Qinghai Plateau: A case study in Haidong, Qinghai, China[J]. *Journal of Desert Research*, 2016, 36(4): 1190-1197.]
- [28] Runfola D M, Pontius R G. Measuring the temporal instability of land change using the Flow matrix[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2013, 27(9): 1696-1716.
- [29] 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. [Chen W B, Xiao D N, Li X Z. Classification, application, and creation of landscape indices[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(1): 121-125.]
- [30] Wu J G. Landscape ecology: Concepts and theories[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(1): 42-45.
- [31] 吴哲, 陈歆, 刘贝贝, 等. InVEST模型及其应用的研究进展[J]. *热带农业科学*, 2013, 33(4): 58-62. [Wu Z, Chen X, Liu B B, et al. Research progress and application of InVEST model[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2013, 33(4): 58-62.]
- [32] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, et al. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 4-11.
- [33] Tallis H T, Ricketts T, Guerry A D, et al. InVEST 3.2.0 User's Guide[EB/OL]. (2017-10-24) [2019-02-19]. <http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/>.
- [34] 侯立文. InVEST栖息地质量模型参数赋值的探讨[J]. *环境与发展*, 2017, 29(9): 80-81. [Hou L W. InVEST habitat quality model parameter assignment discussion[J]. *Environment and Development*, 2017, 29(9): 80-81.]
- [35] 杜世勋, 荣月静. 基于InVEST模型山西省能土地利用变化的生物多样性功能研究[J]. *环境与可持续发展*, 2015, 40(6): 65-70. [Du S X, Rong Y J. The biodiversity assessment of land use in Shanxi Province based on InVEST model[J]. *Environment and Sustainable Development*, 2015, 40(6): 65-70.]
- [36] 谢余初, 巩杰, 张素欣, 等. 基于遥感和InVEST模型的白龙江流域景观生物多样性时空格局研究[J]. *地理科学*, 2018, 38(6): 979-986. [Xie Y C, Gong J, Zhang S X, et al. Spatiotemporal change of landscape biodiversity based on InVEST model and remote sensing technology in the Bailong River Watershed[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6): 979-986.]
- [37] 陈妍, 乔飞, 江磊. 基于InVEST模型的土地利用格局变化对区域尺度生境质量的影响研究: 以北京为例[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2016, 52(3): 553-562. [Chen Y, Qiao F, Jiang L. Effects of land use pattern change on regional scale habitat quality based on InVEST model: A case study in Beijing[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2016, 52(3): 553-562.]
- [38] 王蕾, 王鹏新, 李俐, 等. 河北省中部平原玉米长势遥感综合监测[J]. *资源科学*, 2018, 40(10): 2099-2109. [Wang L, Wang P X, Li L, et al. Integrated maize growth monitoring based on gray correlation analysis and remote sense data in the central plain of Hebei Province[J]. *Resources Science*, 2018, 40(10): 2099-2109.]
- [39] 张红月, 王亮, 赵荣, 等. 综合景观格局与经济指标进行土地利用二维尺度分区: 以青海省为例[J]. *测绘通报*, 2013, (3): 82-85. [Zhang H Y, Wang L, Zhao R, et al. Integrating landscape pattern with economic indices to conduct land use two-dimensional division: Taking Qinghai Province as an example[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2013, (3): 82-85.]
- [40] 余新晓, 周彬, 吕锡芝, 等. 基于InVEST模型的北京山区森林水源涵养功能评估[J]. *林业科学*, 2012, 48(10): 1-5. [Yu X X, Zhou B, Lv X Z, et al. Evaluation of water conservation function in mountain forest areas of Beijing based on InVEST model[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2012, 48(10): 1-5.]

[41] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义[J]. 地理学报, 1996, 51(5): 454-461. [Fu B J, Chen L D. Landscape diversity

types and their ecological significance[J]. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(5): 454-461.]

## Spatiotemporal change of habitat quality in ecologically sensitive areas of eastern Qinghai-Tibet Plateau:

### A case study of the Hehuang Valley, Qinghai Province

ZHU Jie<sup>1</sup>, GONG Jian<sup>1,2</sup>, LI Jingye<sup>1</sup>

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Key Laboratory of Rule of Law Research, Ministry of Natural Resources, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The Hehuang Valley is located in the transitional region between the Qinghai-Tibet Plateau and the Loess Plateau, and is the economic and cultural center of Qinghai Province. The fragile ecological environment in this region is in conflict with the intense human activities. For the assessment of habitat quality in ecologically sensitive areas under landscape pattern change, this study highlighted the transformation process among different landscape types by using the improved flow transfer matrix, and calculated the habitat quality of the Hehuang Valley from 1995 to 2015 with the Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs (InVEST) model, analyzing its spatiotemporal change and cold-hot spot distribution characteristics, along with characterizing the correlation between habitat quality and landscape pattern elements with gray relational degree. The results show that: (1) From 1995 to 2015, grassland, construction land, and water area kept increasing, and landscape types showed the characteristics of fragmentation, complexity, and heterogeneity. (2) Habitat quality of the Hehuang Valley was divided by the line connecting Guide County and Ledu County higher habitat quality and more concentrated hotspots were distributed to the south of this line. (3) Correlation between habitat quality and landscape pattern indices including Shannon's Diversity Index (SHDI), Shannon's Evenness Index (SHEI), Landscape Division Index (DIVISION), Contagion (CONTAG), Largest Patch Index (LPI) and the scale of forest land and grassland is higher, and is lower with construction land area, showing that under the influence of ecological protection policies, construction land increased by occupying landscape types other than high quality habitat types, such as forest land and grassland. The results can be used to guide the identification of ecologically sensitive areas and the demarcation of ecological red line in the Hehuang Valley.

**Key words:** habitat quality; InVEST model; Flow transfer matrix; landscape pattern index; grey relational degree; Hehuang Valley; Qinghai-Tibet Plateau