

# 基于 GlobeLand 30 的哈密市 2000—2020 年 土地利用格局变化研究

伊木然江·阿卜来提<sup>1</sup>, 张永福<sup>1,2</sup>, 孜比布拉·司马义<sup>1,2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046;

2. 新疆大学 资源与环境科学学院 智慧城市与环境建模普通高校重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘要:** [目的] 研究新疆维吾尔自治区哈密市近 20 a 的土地利用变化, 为该地区土地利用规划及生态环境保护提供有力支撑。[方法] 基于 2000, 2010, 2020 年的 GlobeLand 30 数据集, 通过利用转移矩阵、坡度分布指数、标准差椭圆以及土地利用重心迁移, 分析哈密市 2000—2020 年土地利用的时空变化特征。[结果] ① 哈密市 2000—2020 年土地利用变化比较明显。2020 年各土地利用类型面积比例为: 未利用地 > 草地 > 耕地 > 林地 > 建设用地 > 水域。哈密市虽然面积大但能利用的绿洲面积较小。2020 年草地面积为 10 226.39 km<sup>2</sup>, 水域面积为 295.17 km<sup>2</sup>。2000—2020 年土地利用类型变化量中, 草地的减少量最大, 流失面积为 671.48 km<sup>2</sup>, 主要转换成未利用地、林地和少量耕地; 建设用地增量最大, 面积高达 405.60 km<sup>2</sup>。2000—2020 年其他土地利用类型中林地和耕地面积呈增长趋势; 未利用地和水域呈减少趋势, 其中水域面积的减少量很小, 基本保持稳定。② 2000—2020 年草地在 5 个坡度梯度上分布比较均匀; 而耕地和建设用地基本分布在 I 级和 II 级坡度梯度, 耕地在 I 级坡度梯度上显优势分布; 林地在 I 级坡度梯度上面积最大; 未利用地分布面积随着坡度梯度的增加而减少。③ 2010—2020 年土地利用变化与 2000—2010 时段的变化相比方向性较明显, 范围更广, 重心向西北方向迁移。[结论] 2000—2020 年哈密市的土地利用变化有着明显的时空特征, 坡度对各地类分布的影响较为明显。

**关键词:** 土地利用变化; GlobeLand30 数据集; 标准差椭圆; 分布指数; 哈密市

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2021)01-0182-08

**中图分类号:** F301.24

**文献参数:** 伊木然江·阿卜来提, 张永福, 孜比布拉·司马义. 基于 GlobeLand 30 的哈密市 2000—2020 年土地利用格局变化研究[J]. 水土保持通报, 2021, 41(1): 182-189. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.01.026; Yimuranjiang · Abulaiti, Zhang Yongfu, Zibibula · Simayi. A study on change of land use pattern in Hami City during 2000—2020 based on GlobeLand 30 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(1): 182-189.

## A Study on Change of Land Use Pattern in Hami City During 2000—2020 Based on GlobeLand 30

Yimuranjiang · Abulaiti<sup>1</sup>, Zhang Yongfu<sup>1,2</sup>, Zibibula · Simayi<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University,

Urumqi, Xinjiang 830046, China; 2. Key Laboratory of Smart City and Environment Modeling,

College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China)

**Abstract:** [Objective] The land use change in Hami City, Xinjiang Uygur Autonomous Region, over the past 20 years was studied to provide strong support for land use planning and ecological environment protection. [Methods] Based on the GlobeLand 30 datasets in 2000, 2010, and 2020, the spatial-temporal change characteristics of land use in Hami City from 2000 to 2020 were analyzed using a transfer matrix, a slope distribution index, a standard deviation ellipse, and the land use and use center-of-gravity migration. [Results] ① The land use change was obvious in Hami City from 2000 to 2020. The proportion of land use

收稿日期: 2020-10-17

修回日期: 2020-11-18

资助项目: 国家自然科学基金项目“新疆南疆城市犯罪的时空分布特征及影响机制”(41661036)

第一作者: 伊木然江·阿卜来提(1996—), 男(维吾尔族), 新疆维吾尔自治区皮山县人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源利用及评价等。  
Email: 1162841668@qq.com.

通讯作者: 张永福(1965—), 男(汉族), 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人, 副教授, 主要从事土地资源评价及土地利用规划、土地生态等方面研究。  
Email: 870587570@qq.com.

types in 2020 was in the order of unused land > grassland > cultivated land > forest > construction land > water area. Although Hami occupied a large area, the usable oasis area was small. In 2020, the grassland area was 10 226.39 km<sup>2</sup>, and the water area had the smallest proportion, with an area of 295.17 km<sup>2</sup>. In terms of land use type change from 2000 to 2020, grassland had the largest reduction, and the loss area was 671.48 km<sup>2</sup>. It was mainly converted into unused land, forest, and a small amount of cultivated land. The increase in construction land was the largest, with an area of 405.60 km<sup>2</sup>. From 2000 to 2020, the area of forest and cultivated land showed an increasing trend, while the unused land and water areas showed a decreasing trend. The reduction of water area was very small, and the area remained stable. ② From 2000 to 2020, grassland was evenly distributed on the five slope gradients. The cultivated and construction land were distributed in grade I and grade II slope gradients, and cultivated land was dominant in grade I slope gradient. The area of forest was the largest on grade I gradient. The distribution area of unused land decreased with the increase in the slope gradient. ③ Compared with 2000—2010, the land use change in 2010—2020 had a more obvious directionality and wider range, and the center of gravity shifted to the northwest. [Conclusion] From 2000 to 2020, the land use change of Hami City had obvious space-time characteristics, and the influence of the slope on the distribution of various types is significant.

**Keywords:** land use; GlobeLand 30 dataset; standard ellipse; distribution index; Hami City

哈密市是典型的干旱区资源开发型城市,该区域降水量少,生态系统非常脆弱,同时该区有着大量的煤炭资源、风能资源、太阳能资源等<sup>[1]</sup>。人地关系比较复杂,生态环境问题和社会经济发展之间的矛盾较为突出。随着干旱区绿洲盆地的社会经济迅速发展以及人类和自然因素的共同影响下,哈密市土地利用类型发上了巨大变化<sup>[2]</sup>。

土地利用/覆盖变化(LUCC)是当代科学界最热门的研究之一,土地利用的变化对社会经济的可持续发展具有重大的作用,且对生态环境产生很大的影响,是人文和自然活动共同产物<sup>[3-5]</sup>。很多学者对于土地利用的变化特征、驱动力因素分析、对于生态环境的影响以及发展趋势等方面已经做了大量研究。其中,肖东洋等<sup>[6]</sup>以黄河河流的河南段为研究区,利用土地利用变化指数和重心迁移模型探讨了该区域的 LUCC 时空格局演变;贾启建等<sup>[7]</sup>借助 GIS 技术,利用重心迁移模型对滨海土地分布及变化进行了研究;罗桥顺<sup>[8]</sup>利用遥感影像解译数据,以及利用转移矩阵分析了 1975—2005 年的哈密地区土地利用变化和生态经济可持续发展;阿卜来海提·达吾提等<sup>[9]</sup>利用耕地的相对变化率和动态度分析了 1978—2010 年的哈密地区耕地面积变化规律;杜浩阳等<sup>[10]</sup>利用 WRF 模式耦合 2000,2015 两期土地利用数据,对比分析了土地利用变化对区域环境的影响;Yang 等<sup>[11]</sup>利用遥感影像数据获取的建成区数据,对于成空间变化的对比,分析哈密市城镇空间的紧凑程度和发展趋势;韩海青等<sup>[12]</sup>利用土地利用程度、动态度、转移矩阵等方法对中亚 5 国 LUCC 变化特征进行了分析,

并针对耕地变化的驱动力进行了相关研究;郅红娟等<sup>[13]</sup>利用遥感解译数据结合贵州省地形梯度特征研究了该区域的土地利用时空变化特征;李京京等<sup>[14]</sup>,冯小燕等<sup>[15]</sup>利用地形分布指数、转移矩阵、变化图谱等方法,分析了一些流域的土地利用在地形梯度上的变化情况;李一琼等<sup>[16]</sup>利用转移矩阵、标准差椭圆、热点分析等方法对苏州近 20 a 的土地利用变化进行了分析;任君临等<sup>[17]</sup>利用重心转移及标准差椭圆等方法分析了长江中下游地区的耕地后备资源空间分布及影响因素研究;李路等<sup>[18]</sup>以 Landsat 影像为数据源,利用转移矩阵,空间趋势分析方法进行了喀什绿洲的土地利用变化及变化方向趋势的研究;刘纪元等<sup>[19]</sup>利用 Landsat 8 OLI 和 GF-2 遥感影像,分析了 2010—2015 年的中国土地利用变化特征。

纵观上述研究,对于土地利用变化的相关研究已经形成了比较成熟的方法和理论,而且选择的研究区、研究内容和数据源呈多样化特点。但以上研究方法多是关于较大尺度及一些流域的分析,较少涉及干旱区资源开发型城市,且针对哈密市的土地利用变化研究,相对来说稍显薄弱。虽然哈密市土地资源比较丰富,但是能用的绿洲范围十分的有限,水资源十分的缺少,导致全市范围之内戈壁滩面积比较大,而近时段内各地类之间具体是怎么变化的,各地类相互之间有什么样的转化特点等科学问题,还没得到一个较全面的表达。并且现存的关于哈密市的有关文献中,方法上普遍趋向于利用一些传统的分析方法;空间上缺少整体结构的演变,有关研究的时段距现在较远;哈密市地形地貌呈“四山夹三盆”特点,但该区域缺少不同坡度梯度上的土地利用结构变化的分析。如果

综合考虑各地类在坡度因子上的特征、各地类变化的重心迁移特征、土地利用结构转移特征,能够有效的探讨土地利用的时空变化特征及土地利用变化与坡度因子的关系。

综上所述,本文将把哈密市作为研究区,以国家地理信息中心开发的 2000,2010,2020 年的 GlobeLand 30 数据(DOI:10.117 69/www.globallandcover.com)为基础数据<sup>[20-21]</sup>,借助 ArcGIS 等软件,利用区域重心理论、土地利用转移矩阵、分布指数、标准差椭圆等方法分析哈密市土地利用变化特征,并利用 DEM 数据,分析不同坡度梯度特征下的土地利用变化情况。为哈密市未来的社会经济发展提供重要的支撑和借鉴。

## 1 研究区概况

哈密市位于新疆维吾尔自治区最东端,地处阿尔泰山余脉与天山山系东天山尾段之间,东天山横亘于哈密中北部。哈密市地理位置在  $91^{\circ}06'—96^{\circ}23'E$ ,  $40^{\circ}52'—45^{\circ}05'N$ ,是新疆通向中国内地的要道,自古以来就是丝绸之路的咽喉,有“新疆门户”之称。哈密市属于典型的温带大陆性干旱气候,气候干燥,降水量少,年平均气温  $9.8^{\circ}C$ ,年降水量为  $33.8\text{ mm}$ ,年蒸发量  $3\ 300\text{ mm}$ 。哈密市受气候、地形、地貌条件的影响,水资源主要靠天山冰川融雪水、大气降水和基岩裂隙水补给。哈密市矿产资源比较丰富,种类较多,大多位于交通路线沿线区域。2016 年国务院批复同意撤销哈密地区,设立地级市哈密市。哈密市辖区范围内有天山南部的伊州区和北部的伊吾县和巴里坤哈萨克自治县。根据 2019 年统计年鉴,哈密市 2018 年年末总人口为  $5.59 \times 10^5$  人,人口出生率为  $11.24\%$ ,死亡率为  $5.55\%$ ,自然增长率为  $5.69\%$ 。2018 年完成生产总值  $5.37 \times 10^{10}$  元,人均地区生产总值  $8.68 \times 10^4$  元;城镇居民人均可支配收入  $35\ 205$  元;农村居民人均可支配收入  $16\ 556$  元。哈密市区位上的优势比较显著,作为新疆重要的交通枢纽口,在发展社会经济提供重要的作用。

## 2 数据来源与方法

### 2.1 数据来源

本文采用由国家基础地理信息中心牵头研制出的,2000,2010,2020 年的  $30\text{ m}$  空间分辨率全球地表覆盖数据(GlobeLand 30),该数据利用  $30\text{ m}$  分辨率多光谱影像,采用基于像素分类—对象提取—知识检核的 POK 方法而成<sup>[22]</sup>,是国际上分辨率最高的全球地表覆盖数据集。该数据运用了庞大的样本数量进

行精度的验证,根据第三方验证<sup>[23]</sup>,2000,2010 年的 GlobeLand 30 数据产品验证时,从全球 853 幅数据中抽取 80 个图幅,布设超过  $1.50 \times 10^5$  个检验样本,2010 年的总体经度为  $83.50\%$ ,kappa 系数为  $0.78$ ;2020 年的数据的验证是基于景观形状指数抽样模型进行全套数据布点,共布设样本超过  $2.30 \times 10^5$  个。2020 年的总体经度为  $85.72\%$ ,kappa 系数为  $0.82$ 。GlobeLand 30 数据集具有区域时空变化对比分析中有着很大的帮助,提供了有效可靠地数据来源。GlobeLand 30 数据总共包括耕地(10)、森林(20)、草地(30)、灌木地(40)、湿地(50)、水体(60)、苔原(70)、人造地表(80)、裸地(90)、冰川和永久积雪(100)等 10 个一级地类。首先在 ArcGIS 平台中对原数据进行裁剪以及根据哈密市实际情况以及查阅相关文献<sup>[24]</sup>,将以上 10 个地类进行重分类。草地(30 草地)、林地(20 森林、40 灌木地)、耕地(10 耕地)、水域(50 湿地、60 水体、100 冰川和永久积雪)、未利用地(90 裸地、70 苔原)和建设用地(80 人造地表)等 6 大地类。哈密市  $30\text{ m}$  分辨率 DEM 数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>);社会经济数据来自于《哈密市统计年鉴》。

### 2.2 研究方法

本文主要从哈密市土地利用的空间结构变化、各地类在不同坡度梯度上的分布情况以及 2000—2020 年的地类变化的发展趋向等 3 个方面入手,分别运用土地利用转移矩阵、分布指数、标准差椭圆等分析方法,探讨土地利用的转移特征、分布特征及方向趋势特征。

(1) 土地利用变化转移矩阵。土地利用转移矩阵可反映各地类面积之间的转换关系之外还可以描述不同时间段的各地类在该时间段的变化特征。表达式为:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $S$  表示土地类型面积; $i, j (i, j = 1, 2, \cdots, n)$  分别表示研究时段初期和末期时的土地利用类型; $S_{ij}$  表示初期的土地利用类型  $i$  转移成末期土地利用类型  $j$  的面积。

(2) 地形梯度等级划分及分布特征分析。本文利用哈密市  $30\text{ m}$  分辨率的 DEM 数据,选取坡度因子来分析地形因子对土地利用变化的影响<sup>[25-26]</sup>。并且引入分布指数,该指数能够消除各类用地面积差异,使少面积地类得以体现。首先,利用哈密市 DEM

数据制作出坡度级别图,并根据研究区实际情况把把坡度分为 $\leq 5^{\circ}$ (Ⅰ级), $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ (Ⅱ级), $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ (Ⅲ级), $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ (Ⅳ级)、 $>25^{\circ}$ (Ⅴ级)等 5 个等级,得到哈密市坡度等级图。利用 ArcGIS 的空间分析工具,将三期的土地利用数据跟坡度等级图进行叠加,得出不同年份土地利用在不同梯度下的分布情况。最后将利用分布指数来分析土地利用类型的分布特征,其表达式为:

$$P=\left(\frac{S_{ie}}{S_i}\right)\div\left(\frac{S_e}{S}\right)\tag{2}$$

式中: $P$  为分布指数; $S_{ie}$  为  $e$  地形位区间上  $i$  地类的面积,单位为  $\text{km}^2$ ;  $S_i$  为哈密市  $i$  地类的总面积;  $S_e$  为哈密市  $e$  种地形位的总面积;  $S$  为哈密市的总面积。当  $P>1$  是,表示  $i$  种地类在  $e$  地形位区间上  $i$  地类的分布为优势分布。 $P$  值越高,表明优势分布程度越大<sup>[27-28]</sup>。

(3) 标准差椭圆分析。标准差椭圆能够衡量地理要素的集中、离散趋势及方向分布,可以探查地理要素的分布方式和发展趋向,可以为地理要素的空间格局特征进行可视化表达。该方法是最早由 Lefever 在 1926 年提出的,在人口、经济、社会学等多领域广泛使用<sup>[29-31]</sup>。通过对哈密市 2000,2010,2020 年内的变化地类图斑进行标准差椭圆分析,反映研究区在 20 a 时间里土地利用变化趋势及斑块变化方向和离散趋势。椭圆的形状在一定程度上能够反映地理要素的分布方向特征。主要包括方向角  $\theta$ ,中心、椭圆  $X$  和  $Y$  轴和它们的标准差  $\sigma_x,\sigma_y$  等核心参数。

计算公式<sup>[32]</sup> 分别为:

$$H_x=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})^2}{n}},\quad H_y=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(y_i-\bar{y})^2}{n}}\tag{3}$$

式中: $H_x,H_y$  分别表示计算出来的椭圆方差;  $x_i,y_i$  为地理要素  $i$  的坐标;  $\bar{x},\bar{y}$  为地理要素的算数平均中

心;  $n$  为要素个数。  
椭圆方向角度的计算方法为:

$$\tan\theta=\frac{\sum_{i=1}^n\tilde{x}_i^2-\sum_{i=1}^n\tilde{y}_i^2+\sqrt{(\sum_{i=1}^n\tilde{x}_i^2-\sum_{i=1}^n\tilde{y}_i^2)^2+4(\sum_{i=1}^n\tilde{x}_i\tilde{y}_i)^2}}{2\sum_{i=1}^n\tilde{x}_i\tilde{y}_i}\tag{4}$$

式中: $\theta$  是以正北方为  $0^{\circ}$  开始,顺时针旋转至  $x$  轴的角度;  $\tilde{x}_i,\tilde{y}_i$  是平均中心偏差。则可以确定  $x,y$  轴的标准差式:

$$\left.\begin{aligned}\sigma_x&=\sqrt{2}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(\tilde{x}_i\cos\theta-\tilde{y}_i\sin\theta)^2}{n}}\\ \sigma_y&=\sqrt{2}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(\tilde{x}_i\sin\theta+\tilde{y}_i\cos\theta)^2}{n}}\end{aligned}\right\}\tag{5}$$

式中: $\sigma_x,\sigma_y$  分别为  $x,y$  轴的标准差。

### 3 结果与分析

#### 3.1 土地利用变化分析

在空间上,2000—2020 年哈密市土地利用类型可以分为耕地、林地、建设用地、水域、草地和未利用地等六大地类。由于自然条件的差异,天山南边以灌溉农业为主,山北天气冷凉,主要以农牧区为主。从空间上看(图 1),耕地主要分布在天山南部伊州区,其次为巴里坤县,伊吾县耕地最少。建设用地主要分布在伊州区和其他两县中心城区为主。林地主要分布在东天山北部,占比相对于其他地类来说较少。哈密市草地资源比较丰富,除了未利用地之外草地面积是最大的,而且主要分布在东天山两侧,其中巴里坤县和伊吾县主要以畜牧业为主。水域基本包括冰川及水库。由于全市地形呈北高南低,自东北向西南倾斜,山地、丘陵和戈壁荒滩面积较大而且荒漠化严重,这就导致未利用地占全域很大的面积。

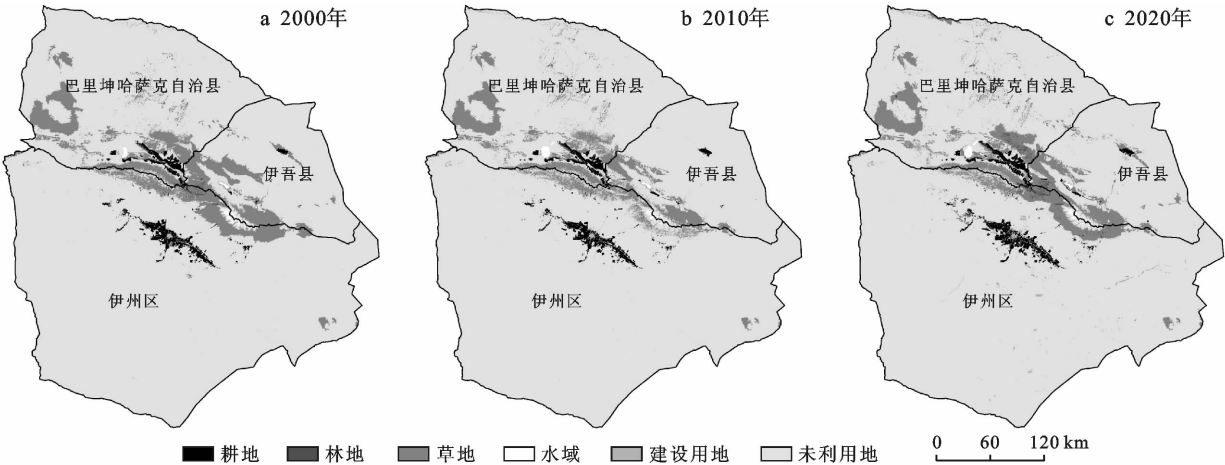


图 1 2000—2020 年哈密市土地利用变化特征

在数量上(表 1),除了未利用地之外整个哈密市范围之内草地占明显的主导优势,3 个时间段的占比分别为 7.4%,5.87%,7.45%,呈现波动性减少趋势,到 2020 年时减少量为 671.48 km<sup>2</sup>;其次为耕地,所占比例为 1.31%,1.33%,1.48%,从 2000—2020 年增加 238.05 km<sup>2</sup>,呈持续增长趋势;林地所占比例为 0.27%~0.47%,呈先减少后增加趋势,增加量为

275.07 km<sup>2</sup>;水域呈现缓慢减少趋势,减少面积相对来说较少;2000—2020 年建设用地所占比例从 0.1%增加至 0.4%,呈逐年增加的趋势,且增加速度比较快,共增加 405.60 km<sup>2</sup>。未利用地是占比最大的,但是随着生态保护的成效及其他地类的增加,伊州区南部和巴里坤县北部的未利用地从 2000—2020 年呈减少趋势,共减少 242.30 km<sup>2</sup>。

表 1 哈密市 2000—2020 年土地利用变化特征

土地利用类型	2000 年		2010 年		2020 年		2000—2020 年
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	增减量/km <sup>2</sup>
耕地	1 795.02	1.31	1 817.71	1.33	2 033.07	1.48	238.05
林地	367.33	0.27	292.53	0.21	642.40	0.47	275.07
草地	10 897.87	7.94	8 050.41	5.87	10 226.39	7.45	−671.48
水域	299.97	0.22	303.00	0.22	295.17	0.22	−4.80
建设用地	139.21	0.10	158.54	0.12	544.81	0.40	405.60
未利用地	123 702.70	90.16	126 579.91	92.26	123 460.27	89.98	−242.43

3.2 土地利用转移分析

为了进一步了解研究区 2000—2020 年的土地利用总体变化特征,利用 GIS 工具,将两期土地利用数据进行空间叠加分析,得出 2000—2020 年哈密市土地利用空间转移结果和土地利用转移矩阵表(表 2)。哈密市 6 种土地利用类型 2000—2020 年的转移矩阵可以看出,各地类之间转移比较明显。①在转移数量上草地转移最为明显,转移面积为 1 980.24 km<sup>2</sup>。在空间上,草地向未利用地变化区域主要集中在伊州区东北部部分的山区以及伊吾县西部;向林地转移的部分基本在巴里坤县范围内。②其次为耕地,转移面积分别为 183.63 km<sup>2</sup>。其中耕地主要转移为建设用地、未利用地和草地。③林地主要以转入为主,转移

来源主要为草地和未利用地。其中,未利用地转为林地的区域比较分散且基本都在巴里坤县范围内。④水域主要以转入为主,主要转移类型为未利用地,面积为 79.74 km<sup>2</sup>。⑤建设用地主要以转入为主,主要来源于耕地和未利用地。在空间上,伊州区南部的未利用地转为建设用地最为明显。其中,耕地转为建设用地的区域基本在伊州区及伊吾县城区周边,呈逐渐向四周扩散的趋势。⑥未利用地主要以转出为主,转移成草地、建设用地、耕地、林地面积分别为 1 240.93, 324.54, 322.56, 233.84 km<sup>2</sup>。未利用地转为草地比较明显,分布在伊州区和巴里坤县,其中巴里坤县范围内未利用地转成草地的面积比较大,分布在巴里坤县最北部及东南部。

表 2 哈密市 2000—2020 年土地利用转移矩阵

土地利用类型	2020 年						总计
	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	
2000 年	草地	8 963.28	29.13	2.75	21.42	13.70	1 240.93
	耕地	79.21	1 618.73	15.21	2.85	2.67	322.56
	建设用地	16.56	94.95	109.23	0.59	1.66	324.54
	林地	200.96	0.17	0.74	209.34	0.01	233.84
	水域	7.25	0.72	0.03	0.51	207.99	79.74
	未利用地	1 676.26	58.65	12.43	134.11	74.90	122 062.69
	总计	10 943.52	1 802.36	140.39	368.82	300.92	124 264.31

3.3 基于坡度的土地利用变化情况分析

哈密市最高位置海拔高度 4 888 m,最低处为 11 m,差值较为明显,海拔高度导致了地形地貌的复杂性。主要表现为中高南北低,中部山体起伏较大,多山、多盆地、沟谷纵横、冰川广布、多戈壁及各种风蚀地貌的特点。所以有必要进行不同坡度上各地类

分布情况的分析。本文通过 ArcGIS 的分析功能以及公式(1)—(5)分别计算出不同坡度级别的各地类面积(表 3)及分布指数(图 2)。

如表 3 及图 2 所示,从分析出来的坡度梯形来看,研究期间耕地、建设用地面积在这 3 个时段随着坡度的增加持续减少,而草地在Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅳ级区域

的分布面积,相比其他梯度的分布来看占比较大;水域在Ⅰ级、Ⅱ级区域面积占比最大,其他坡度梯度上面积较小;未利用地在各个坡度梯度的面积都偏大,而且随着坡度的递增,面积变小。耕地、未利用地、建设用地主要分布在坡度在 $0^{\circ}\sim5^{\circ}$ 的范围。在Ⅰ级区

域,耕地、未利用地、建设用地优势度较为明显;在Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级区域是林地的优势比较突出;草地在Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级区域上都显优势分布,其中Ⅴ级梯度是优势度最高;水域在Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级区域优势度比较突出,在Ⅴ级梯度上优势度最突出。

表 3 哈密市 2000—2020 年不同坡度上各土地利用类型面积 km<sup>2</sup>

土地利用类型	年份	不同坡度等级				
		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅴ级
耕 地	2000	1 587.10	180.77	19.72	6.61	0.83
	2010	1 604.99	183.96	20.73	7.10	0.93
	2020	1 785.78	213.05	24.73	8.35	1.15
林 地	2000	157.93	65.41	39.27	62.11	42.60
	2010	196.80	58.53	15.48	11.92	9.80
	2020	208.72	100.19	72.24	135.40	125.85
草 地	2000	2 411.60	2 493.93	1 775.44	2 366.96	1 849.93
	2010	1 700.49	1 952.47	1 375.38	1 754.86	1 267.21
	2020	2 572.08	2 257.00	1 585.78	2 119.72	1 691.81
水 域	2000	80.84	51.73	33.17	48.33	85.91
	2010	124.44	51.87	26.78	36.95	62.97
	2020	119.94	52.80	28.03	37.31	57.10
建设用地	2000	121.44	15.47	1.76	0.53	0.00
	2010	136.87	18.81	2.14	0.67	0.06
	2020	458.65	72.59	9.86	3.12	0.60
未利用地	2000	92 022.45	21 772.00	4 752.66	3 115.98	2 039.61
	2010	92 617.80	22 313.70	5 181.52	3 789.04	2 677.92
	2020	91 236.20	21 883.70	4 901.38	3 296.62	2 142.39

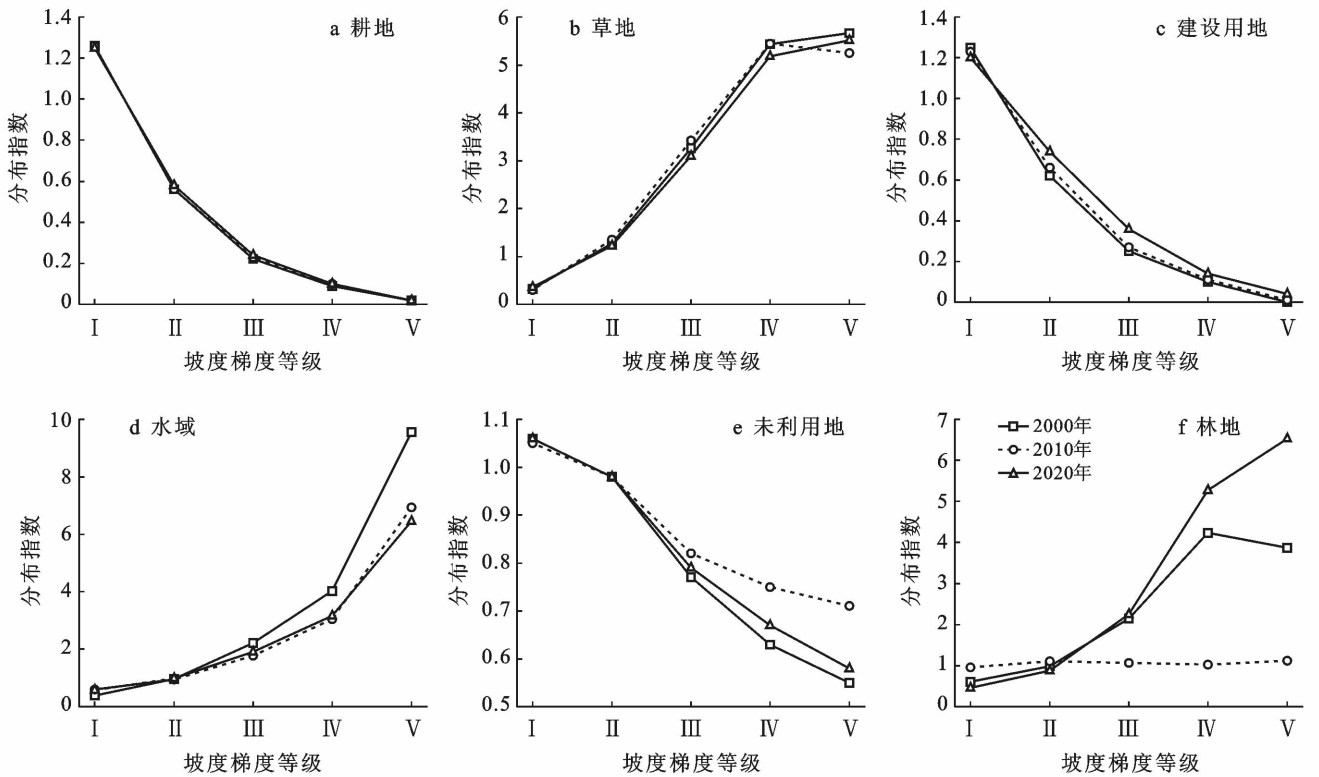


图 2 哈密市 2000—2020 年坡度梯度上土地利用类型分布指数

3.4 土地利用空间变化的方向特征分析

为了进一步探讨土地利用变化的分布格局及空间上的变化方向,本文提取 2000—2010 年和 2010—2020 年的变化地类,并利用 ArcGIS 的空间分析功能得到两期标准差椭圆(图 3)。

如图 3 及表 4 所示,各个椭圆的长半轴表示各地类的标准差椭圆的分布方向,短半轴表示 3 个地类的主要分布范围,长短半轴差值越大,表示该地类分布具有较强的聚合力。两期土地利用变化的标准差椭圆和椭圆参数值结果显示,2000—2010 年的标准差椭圆面积及周长均小于 2010—2020 年,表明 2000—2010 年的地类变化相对于后一时期较为集中分布;2000—2010 年的标准差椭圆短轴小于后一时期的短半轴,表明 2000—2010 年椭圆的向心力更加明显;2000—2010 年的标准差椭圆长短半轴差值小于后一时期,表明 2010—2020 年时期的地类变化的范围更广,覆盖面积更大,方向性更加明显;2000—2010 年的椭圆方向跟东天山山脉分布趋势基本符合,表明地类变化围绕东天山山脉而变化;两期地类变化生成的椭圆重心逐渐往西北方向迁移,2010—

2020 年标准差椭圆重心迁移到巴里坤县境内。总而言之,哈密市在 20 a 的社会发展中,各地类变化空间范围从局部区域扩散到更大范围,变化形式趋于更加明显。

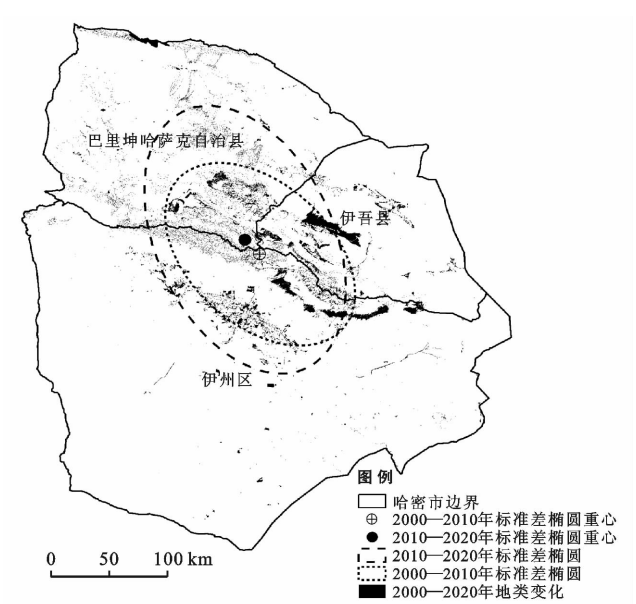


图 3 哈密市 2000—2020 年哈密市土地利用变化标准差椭圆

表 4 哈密市 2000—2020 年土地利用变化标准差椭圆参数

时段	椭圆 周长/km	椭圆 面积/km <sup>2</sup>	中心点 X 坐标	中心点 Y 坐标	椭圆 X 轴 长度/km	椭圆 Y 轴 长度/km	方位角/ (°)
2000—2010 年	514.26	19 504.01	93°41′37″	43°19′8″	98.89	62.78	137
2010—2020 年	658.40	31 235.61	93°31′19″	43°26′3″	129.36	76.87	157

4 讨论与结论

本研究通过 30 m 空间分辨率全球地表覆盖数据 (GlobeLand 30), 将把典型的干旱区资源型开发城市哈密市作为研究区, 在可靠地土地利用数据的基础上, 从土地利用变化的空间、时间、空间趋势以及分布情况等不同角度进行了分析。伴随着经济发展以及人口的增长, 土地利用也呈显著性变化, 其中最明显的特征是耕地、建设用地、林地的增加和未利用地、草地等地类的减少。

(1) 哈密市在这 20 a 的时段里, 土地利用在数量上发生了显著性变化。其中耕地从 2000 年的 1 795.02 km<sup>2</sup> 增加到 2 033.07 km<sup>2</sup>; 建设用地在 20 a 的时间里从 139.21 km<sup>2</sup> 扩展到 544.810 km<sup>2</sup>; 林地从 367.330 km<sup>2</sup> 增加到 642.400 km<sup>2</sup>。草地在整个哈密市占比较大, 其中在巴里坤县占很大的优势, 该地类从 2000—2020 年呈先减少后缓慢增加的趋势。水域在这 20 a 时间里基本保持着一个稳定的水平。

由于哈密市戈壁荒漠占很大比例, 导致未利用地占比很大。但随着时间的推移, 未利用地持续转变为其他地类, 面积逐渐减少。这些跟退地节水、退耕还林、退耕还草等一系列政策导向以及当地的自然生态环境有着很大的关联。

(2) 从土地利用转移矩阵来看, 各地类之间的转移比较明显, 最为显著的是草地转换成林地和未利用地; 城区周围的耕地转变成建设用地, 以及未利用地转变成耕地、林地等。其中草地转移成林地面积为 200.96 km<sup>2</sup>, 转成未利用地 1 676.26 km<sup>2</sup>。未利用地转成建设用地量为 324.54 km<sup>2</sup>; 耕地转成建设用地面积为 94.95 km<sup>2</sup>。《哈密市土地利用总体规划》以及社会经济发展跟土地利用变化有着密切的关系。

(3) 哈密市土地利用类型在不同的坡度等级上具有差异性。其中耕地和建设用地基本分布在Ⅰ级和Ⅱ级梯度, 在Ⅰ级梯度上显优势分布, 其他梯度上随着坡度的增加面积逐渐减少。草地从Ⅰ级梯度到Ⅴ级梯度的面积都比较大且相对来说比较均匀分布,

可看出哈密市坡度的增加对草地的分布影响不是很明显。林地也分布在每个梯度,除了Ⅰ级梯度之外其他梯度上林地分布的面积差别不是很明显。水域在Ⅰ级、Ⅴ级梯度上分布面积较大,在Ⅴ级梯度上分布是跟当地的水库建设位置以及冰川有关。未利用地在每个坡度梯度上占比很大,相对来说,在Ⅰ级梯度上的分布优势度较高。研究得出,坡度因素在哈密市各地类的空间分布有着很大的关系,而且分布指数能够更加客观地表达出分布情况。

(4) 2000—2020 年哈密市土地利用空间变化特征比较显著。根据标准差椭圆分析得出,2010—2020 年间的地类变化比 2000—2010 年的地类变化范围更广,在 2010—2020 时期的年的离散程度比较大,方向性比上一时期更加明显。从两期的椭圆重心坐标来看,重心从东南向西北方向迁移,地类变化重心由伊州区变为巴里坤县。

随着城市化的推进以及人口的增加可能会进一步加增建设用地的迅速扩展,这将进一步影响当地的生态环境。哈密市本身作为干旱区,水资源短缺,所以在未来的发展中需要注重考虑哈密市水资源支撑能力以及资源的合理开采等人类活动的影响。这些自然因素及人类活动将会导致土地利用的剧烈变化。本研究与已有的相关研究相比,本文利用了比较可靠的土地利用数据,数据集精度较高。而且很好的结合了转移矩阵、坡度梯度分析,这就可以实现综合考虑研究区地理特征的前提下,更加精确表达土地利用转移特征和分布情况,而标准差椭圆分析方法相对于以前的传统方法更直观的表达了每一时期土地利用变化格局的空间趋势。今后,在本研究的基础上,还可以利用相关模型来预测出未来的土地利用发展特征,及驱动力因素分析。这也是今后的研究重点及提升的空间。

[参 考 文 献]

[1] 周旭东. 典型干旱资源开发型区域生态效率评估及提升策略分析[D]. 新疆 乌鲁木齐:新疆大学,2019.

[2] 祖皮艳木·买买提,赛迪古丽·哈西木,玉米提·哈力克,等. 1976—2011 年博斯腾湖小湖区湿地生态系统服务价值变化分析[J]. 水土保持研究,2016,23(3):328-332.

[3] Beuchle R, Grecchi R C, Shimabukuro Y E, et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach [J]. Applied Geography, 2015,58:116-127.

[4] Disperati L, Viridis S G P. Assessment of land-use and land-cover changes from 1965 to 2014 in Tam Giang-Cau Hai Lagoon, central Vietnam [J]. Applied Geography,

2015,58:48-64.

[5] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6):553-558.

[6] 肖东洋,牛海鹏,闫弘轩,等. 1990—2018 年黄河流域(河南段)土地利用格局时空演变[J]. 农业工程学报,2020,36(15):271-281,326.

[7] 贾启建,何玲. 滨海土地重心迁移及景观梯度变化[J]. 水土保持研究,2016,23(2):201-206.

[8] 罗桥顺. 基于土地利用/覆盖变化的哈密地区生态经济可持续发展研究[D]. 新疆 乌鲁木齐:新疆农业大学,2008.

[9] 阿卜来海提·达吾提,瓦哈甫·哈力克. 1978—2010 年哈密地区耕地面积变化规律及驱动力分析[J]. 安徽农业科学,2013,41(2):840-843.

[10] 杜皓阳,胡琪,张弛. 哈密绿洲土地利用变化对区域环境的影响[J]. 干旱区研究,2018,35(3):568-578.

[11] 于洋,赵博. 基于紧凑城市理论的哈密市城市空间结构研究[J]. 华中建筑,2018,36(4):28-32.

[12] 韩海青,王旭红,牛林芝,等. 1992—2015 年中亚五国 LUCC 特征及耕地驱动力研究[J/OL]. 中国生态农业学报(中英文),2021,29(2):1-10.

[13] 邵红娟,张朝琼,张凤太. 基于地形梯度的贵州省土地利用时空变化分析[J]. 四川农业大学学报,2015,33(1):62-70.

[14] 李京京,吕哲敏,石小平,等. 基于地形梯度的汾河流域土地利用时空变化分析[J]. 农业工程学报,2016,32(7):230-236.

[15] 冯小燕,朱文博,张静静,等. 基于地形梯度的淇河流域土地利用时空变异分析[J]. 农业现代化研究,2019,40(4):601-611.

[16] 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.

[17] 任君临,方斌,许实. 长江中下游地区耕地后备资源空间分布及影响因素研究[J]. 中国土地科学,2016,30(5):71-79.

[18] 李路,孙桂丽,陆海燕,等. 喀什绿洲土地利用空间格局变化特征分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2020,42(5):141-150.

[19] 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.

[20] Chen Jun, Chen Jin, Liao Anping, et al. Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2015,103:7-27.

[21] 陈军,陈利军,李然,等. 基于 GlobeLand30 的全球城乡建设用地空间分布与变化统计分析[J]. 测绘学报,2015,44(11):1181-1188.



性系数,表现为逐年降低,群落的结构趋于复杂化,在植被重建 2 至 4 a 时,群落为演替初期,仍处于不稳定状态。

[参 考 文 献]

[1] 郝威铎. 煤矸石堆放对土壤、水体和植物的环境影响:案例研究[D]. 北京:中国矿业大学,2015.

[2] 杜刚. 煤炭洗选项目环保问题及防治对策研究[D]. 内蒙古呼和浩特:内蒙古大学,2013.

[3] 张金屯. 数量生态学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2011.

[4] Midgley G F. Biodiversity and ecosystem function[J]. Science, 2012,335(6065):174-175.

[5] 陶利波,于双,王国会,等. 封育对宁夏东部风沙区荒漠草原植物群落特征及其稳定性的影响[J]. 中国草地学报,2018,40(2):67-74.

[6] Piekarska-Stachowiak A, Szary M, Ziemer B, et al. An application of the plant functional group concept to restoration practice on coal mine spoil heaps [J]. Ecological Research, 2014,29(5):843-853.

[7] Snajdr J, Dobiášová P, Urbanová M, et al. Dominant trees affect microbial community composition and activity in post-mining afforested soils [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2013,56:105-115.

[8] 戴泉玉,徐学才,顾卫. 黄土高原地区公路边坡重建植被群落初期演替研究[J]. 公路,2014,59(3):165-173.

[9] 吕春娟,白中科,陈卫国. 黄土区采煤排土场生态复垦工程实施成效分析[J]. 水土保持通报,2011,31(6):232-236.

[10] 郝婧,郭东罡,上官铁梁,等. 煤矸石场植被恢复初期生态绩效评价[J]. 生态学报,2016,36(7):1946-1958.

[11] 赵冰清. 黄土区露天煤矿排土场复垦初期人工植被动态[J]. 山西农业科学,2020,48(8):1275-1282.

[12] 岳秀贤,刘果厚,任林,等. 乌海草原化荒漠区种子植物区系研究[J]. 草地学报,2011,19(1):7-12.

[13] 李博,内蒙古草场资源遥感应用考察队伊克昭盟分队. 内蒙古鄂尔多斯高原自然资源与环境研究[M]. 北京:科学出版社,1990:90-93.

[14] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京:高等教育出版社,1987.

[15] 郑元润. 森林群落稳定性研究方法初探[J]. 林业科学,2000,36(5):28-32.

[16] 李林霞,王瑞君,辜彬,等. 海岛矿区岩质边坡植物群落演替中物种多样性的变化[J]. 生态学杂志,2014,33(7):1741-1747.

[17] 高艺宁,许丽,林凤友,等. 矿区复垦地土壤有机碳分布及与土壤化学特性的关系[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2016,37(1):54-60.

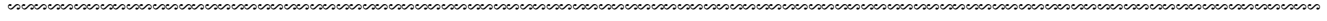
[18] 珊丹,何京丽,刘艳萍,等. 草原矿区排土场恢复重建人工植被变化[J]. 生态科学,2017,36(2):57-62.

[19] 石占飞. 神木矿区土壤理化性质与植被状况研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2011.

[20] 王琼,辜再元,史春华,等. 废弃采石场植被自然恢复过程中物种多样性变化特征[J]. 环境科学研究,2009,22(11):1305-1311.

[21] 张岗岗,王得祥,张明霞,等. 秦岭南坡松栎林群落演替过程中种间联结性和相关性研究[J]. 西北植物学报,2015,35(8):1657-1668.

[22] 高小虎,苏德荣,舒晓锐,等. 高速公路风化岩石路堑边坡植被恢复的群落稳定性研究[J]. 公路交通科技,2018,35(2):129-136.



(上接第 189 页)

[22] 陈军,陈晋,廖安平,等. 全球 30 m 地表覆盖遥感制图的总体技术[J]. 测绘学报,2014,43(6):551-557.

[23] 陈军,廖安平,陈晋,等. 全球 30 m 地表覆盖遥感数据产品-GlobeLand30[J]. 地理信息世界,2017,24(1):1-8.

[24] 徐泽源,罗庆辉,许仲林. 新疆地区土地覆被遥感数据的一致性研究[J]. 地球信息科学学报,2019,21(3):427-436.

[25] 陈学兄,张小军,韩伟宏. 快速城镇化地区土地利用变化的地形梯度特征分析:以榆次区为例[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(10):1637-1648.

[26] 王敏,吴映梅,胡平平. 地形梯度视域下的云南山区土地利用时空格局变化研究[J]. 江西农业学报,2020,32(4):123-131.

[27] 龚文峰,袁力,范文义. 基于地形梯度的哈尔滨市土地利用格局变化分析[J]. 农业工程学报,2013,29(2):

250-259,303.

[28] 梁发超,刘黎明. 基于地形梯度的土地利用类型分布特征分析:以湖南省浏阳市为例[J]. 资源科学,2010,32(11):2138-2144.

[29] 贺三维,王伟武,曾晨,等. 中国区域发展时空格局变化分析及其预测[J]. 地理科学,2016,36(11):1622-1628.

[30] Yuill R S. The standard deviational ellipse; an updated tool for spatial description [J]. Geografiska Annaler: Series B, Human Geography, 1971,53(1):28-39.

[31] Lefever D W. Measuring geographic concentration by means of the standard deviational ellipse [J]. American Journal of Sociology, 1926,32(1):88-94.

[32] 毛鸿欣,贾科利,高曦文,等. 1980—2018 年银川平原土地利用变化时空格局分析[J]. 科学技术与工程,2020,20(20):8008-8018.