

# 基于遥感数据的内蒙古黄河流域生态质量评价

李伟微

内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2023年12月25日; 录用日期: 2024年2月24日; 发布日期: 2024年2月29日

## 摘要

黄河流域生态保护和高质量发展已成为重大国家战略, 流域内的经济增长、产业发展与生态环境协同发展问题正逐渐成为研究热点, 因此对于黄河流域的自然灾害检测与生态环境评价显得尤为重要。本文通过多源遥感数据对内蒙古黄河流域进行提取。通过土地利用转移矩阵对内蒙古地区黄河流域沙漠化与草地退化等自然灾害进行监控, 并通过RSEI对黄河流域的生态环境进行了质量评估。内蒙古黄河流域草地退化与沙漠化在2000年到2010年这10年之间最为明显。结果如下: (1) 其中2000、2005、2010、2015、2020年草地面积为7484.5777 km<sup>2</sup>、6914.7979 km<sup>2</sup>、5965.8845 km<sup>2</sup>、5996.9663 km<sup>2</sup>、6906.6011 km<sup>2</sup>。2000年不论是高覆盖、低覆盖还是中覆盖草地的面积为最大, 在2010年时草地退化最为严重。经过深入分析, 我们发现草地退化的主要原因在于过度开垦导致了草地面积的减少, 破坏了草原生态系统的平衡。随着农田的扩张, 土地的覆被变化引发了土壤侵蚀、水资源枯竭和生物多样性丧失等问题, 进而加速了草地的退化过程。但在2020年时草地面积相比于2015年增加了909.6348 km<sup>2</sup>, 这其中大部分都是由耕地转为草地。(2) 内蒙古黄河流域的荒漠化面积在2000年到2015年间一直以减少为主, 但在2015年至2020年之间荒漠面积增加了245.7310 km<sup>2</sup>, 大部分由低覆盖草地与旱地转入, 且与草地的增长有反向趋势。(3) 内蒙古地区黄河流域在生态质量指数评价中数值基本都在0.2~0.7之间, 没有生态环境差与优的区域, 这也是因为内蒙古黄河流域的主要用地类型为旱地, 是受人为影响最为明显的区域, 所以在2000~2020年间的RESI指数基本稳定, 但2000年与2020年生态质量中等区域明显大于2005、2010与2015年, 这与草地面积的增加有相同的规律。

## 关键词

内蒙古黄河流域, 土地转移矩阵, 生态质量指数

# Ecological Quality Evaluation of the Yellow River Basin in Inner Mongolia Based on Remote Sensing Data

Weiwei Li

College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

## Abstract

Ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin have become a major national strategy. The issue of coordinated development of economic growth, industrial development and ecological environment in the basin is gradually becoming a research hotspot. Therefore, the detection of natural disasters and ecological environment assessment in the Yellow River Basin are particularly important. This paper extracts the Yellow River Basin in Inner Mongolia through multi-source remote sensing data. The land use transfer matrix was used to monitor natural disasters such as desertification and grassland degradation in the Yellow River Basin in Inner Mongolia, and the quality assessment of the ecological environment of the Yellow River Basin was conducted through RSEI. Grassland degradation and desertification in the Yellow River Basin in Inner Mongolia were most obvious in the 10 years from 2000 to 2010. The results are as follows: (1) Among them, the grassland area in 2000, 2005, 2010, 2015, and 2020 is 7484.5777 km<sup>2</sup>, 6914.7979 km<sup>2</sup>, 5965.8845 km<sup>2</sup>, 5996.9663 km<sup>2</sup>, and 6906.6011 km<sup>2</sup>. In 2000, the grassland area was the largest regardless of whether it was high coverage, low coverage or medium coverage. In 2010, the grassland degradation was the most serious. Through in-depth analysis, we have found that the main cause of grassland degradation is excessive cultivation leading to a reduction in grassland area, disrupting the balance of grassland ecosystems. With the expansion of farmland, changes in land cover have triggered issues such as soil erosion, depletion of water resources, and loss of biodiversity, thereby accelerating the process of grassland degradation. But in 2020, the grassland area increased by 909.6348 km<sup>2</sup> compared with 2015, most of which was converted from farmland to grassland. (2) The desertification area in the Yellow River Basin in Inner Mongolia has been mainly decreasing from 2000 to 2015, but between 2015 and 2020, the desert area increased by 245.7310 km<sup>2</sup> and most of it was transferred from low-coverage grassland and dryland. And there is an opposite trend to the growth of grassland. (3) In the ecological quality index evaluation of the Yellow River Basin in Inner Mongolia, the values are basically between 0.2 and 0.7. There are no areas with poor or excellent ecological environment. This is also because the main land type in the Yellow River Basin in Inner Mongolia is dry land, which is most affected by human influence. Therefore, the RESI index between 2000 and 2020 is basically stable, but the area with medium ecological quality in 2000 and 2020 is significantly larger than that in 2005, 2010 and 2015. This has the same pattern as the increase in grassland area.

## Keywords

Yellow River Basin in Inner Mongolia, Land Transfer Matrix, Ecological Quality Index

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 研究背景

黄河流域生态保护和高质量发展已成为重大国家战略, 流域内的经济增长、产业发展与生态环境协同发展问题正逐渐成为研究热点, 因此对于黄河流域的自然灾害检测与生态环境评价显得尤为重要[1]。内蒙古湿地面积在全国居第3位, 其中黄河流域是内蒙古湿地的最重要组成部分。现如今对内蒙古黄河流域地区的生态评价与自然灾害检测相关研究成果较为丰富。但在湿地生态系统受到威胁大环境下, 对于内蒙古黄河流域的研究仍然是刻不容缓[2]。

内蒙古黄河流域属于湿地地形，而湿地更是被冠以“地球之肾”，是由于湿地是一种具有多种独特功能的生态系统，它不仅在保持生物多样性和珍稀物种资源、维持生态平衡，在蓄洪防旱、涵养水源、调节气候以及控制土壤侵蚀、降解污染等多方面均起到极其重要的作用，同时还为人类提供大量食物和水资源等生活原料，为人类生存提供了巨大的生态效益、经济效益和社会效益。那么一旦湿地生态系统出现逆向演替，便是反映了植被衰败及退化、土壤沙化和生物多样性受到威胁等严重的生态问题。然而目前，根据 IUCN 估计，受全球气候变暖及社会经济增长等因素的影响，地球上近一半的湿地资源消失 [3]。内蒙古黄河湿地是内蒙古湿地的重要组成部分，及时了解掌握内蒙古黄河流域湿地分布和变化趋势，对防治土壤侵蚀、沙化以及区域生态环境的变化，对水资源和生态环境变化有重要意义。本文通过多源遥感数据对内蒙古黄河流域进行提取。通过土地利用转移矩阵对内蒙古地区黄河流域沙漠化与草地退化等自然灾害进行监控，并通过 RSEI 对黄河流域的生态环境进行了质量评估。

## 2. 国内外研究现状

围绕灾害形成机制的不同，灾害遥感应用研究的重点放在相应模型的研究，主要研究进展如下：

(1) 干旱灾害。干旱灾害是一种典型的大范围、缓发性灾害。卫星遥感技术的监测范围广、观测频率高等优势已充分应用到干旱监测与损失评估之中。在干旱灾害遥感监测方面，从水分供需角度出发，分别形成了水分供应性指数、需水性指数、综合性指数 3 类指数，实现了针对不同植被覆盖条件下利用多源遥感数据的干旱监测方法。裸土条件下，利用土壤热惯量方法或者微波探测的方法实现针对表层土壤 (0~10 cm) 湿度的反演精度在 10% 左右。而在植被覆盖较高的区域，通过综合利用植被指数与地表温度信息，实现了针对旱情信息的准确提取。在干旱灾害损失评估方面，主要依托植被指数，通过对比常年平均或正常水分年份的作物长势情况，并结合作物不同物候期水分条件对作物产量的影响差异，构建了一系列干旱灾害损失评估模型。干旱的形成机理较为复杂，各个指数的应用存在一定的适用性。因此，需要结合区域、时期特点选择适用的干旱遥感监测模型，同时进一步加强基于时序遥感数据的异常信息提取方法研究来准确识别旱灾，将遥感与地面观测、模型模拟技术相结合，提高旱灾损失评估能力 [2] [4] [5] [6]。

(2) 洪涝灾害。基于遥感技术开展洪涝灾害监测主要在洪涝范围监测和灾害损失评估两个方面发挥了重要作用。在洪涝范围监测方面，在水体识别基础上重点开展了洪涝淹没范围与历时的提取技术研发。水体识别主要基于水体的光谱特征和空间关系，在排除阴影等干扰信息基础上实现信息提取。现阶段水体识别的方法主要有阈值法、多波段运算法、谱间关系法、区域生长法等方法。阈值法主要基于水体在近红外波段、微波的反射特性，基于图像分割算法，实现对水体范围的提取。多波段运算法则基于绿光、近红外波段构建归一化差异水体指数 (NDWI)，进一步抑制植被的信息而突出水体信息。谱间分析法则综合考虑了水体与其他地物的波谱曲线差异，通过决策树分类等方法开展水体的精确识别。区域生长法则是通过人工选择纯水体像元为种子，通过相邻像元与种子像元关系来确定水体范围。阈值法、多波段运算法操作简单，但却不容易消除阴影等干扰因素的影响，谱间关系法、区域生长法较为复杂，但对影像数据和模型的要求较高。洪涝灾害损失评估则重点以通过洪涝灾害承灾体脆弱性模型为基础，通过输入淹没范围和历时，并与本底数据进行叠加分析而实现洪涝灾害的损失评估 [7] [8] [9] [10] [11]。

(3) 地质灾害。基于遥感技术开展地质灾害监测主要有目视解译、自动识别两种方法。目视解译是根据滑坡体与周围地区在纹理、色调、植被覆盖情况上的差异以及滑坡面的形状等信息，在对比灾前影像的基础上，开展地质灾害体的监测。传统目视解译方法需要较高的先验知识和经验，费时费力，但却能保持较高的准确度。自动识别方法则主要依托决策树分析、面向对象信息提取及空间分析等方法开展地质灾害体的识别 [12]-[17]。

### 3. 研究区概况和数据来源

#### 3.1. 研究区概况

黄河流域内蒙古段由宁夏的石嘴山市进入内蒙古自治区(图 1), 流经乌海市、巴彦淖尔市、鄂尔多斯市、包头市和呼和浩特市, 由准格尔旗出境, 在内蒙古境内全长 830 km。流域地貌类型多样, 分布有沙漠、高原、丘陵、山地和平原, 地处干旱、半干旱气候区, 冬季漫长严寒、春季干旱。多年平均气温为 6.63℃左右, 多年平均降水量变化介于 120~420 mm 之间。境内主要支流有都思兔河、昆独仑河、大黑河、浑河、纳林河、乌兰木伦河和红柳河等[18] [19] [20]。

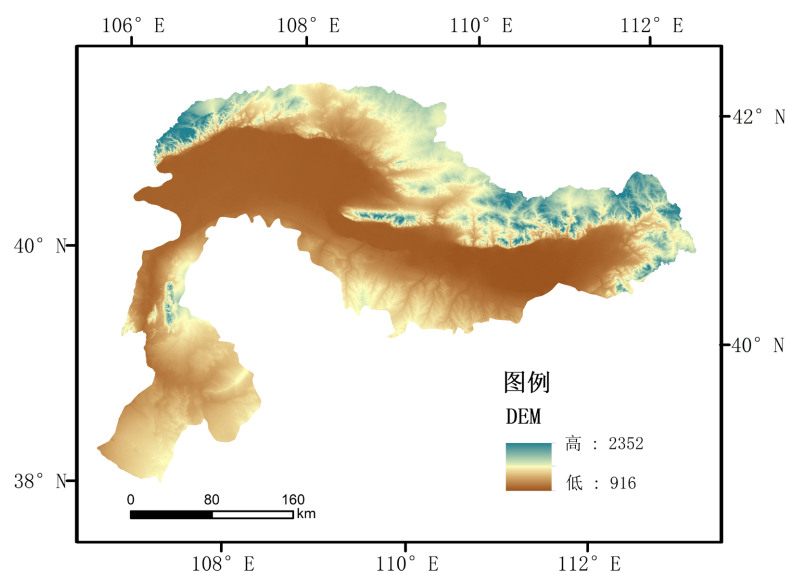


Figure 1. Overview of the study area

图 1. 研究区概况

#### 3.2. 数据来源

遥感数据分别来自 2000~2020 年 Landsat 5TM\7ETM\8OLI, 2000~2020 年 MODIS 数据集 MOD09A1, MOD11A2, MOD13A1 产品数据, 内蒙古地区高程数据。中科院地理所/地理国情监测云平台所制作的中国全国 30 米高精度 2000~2020 年土地利用现状土地利用类型遥感监测数据。

#### 3.3. 研究区提取

首先识别并粗提取内蒙古黄河流域地貌矢量文件。随后在 Arcgis 中对内蒙地区的 30 m 分辨率 DEM 数据进行裁剪, 得出黄河流域地形图。在使用 Arcgis 水文分析模块中的坡度计算模块, 在通过坡度计算后的 DEM 数据得到的矢量文件与 LANDSAT 多光谱影像进行比对后目视解译增加提取精度, 最后完成内蒙古黄河流域的提取。

#### 3.4. 土地利用转移矩阵计算

土地利用转移矩阵, 就是根据同一地区不同时相的土地覆盖现状的变化关系, 求得一个二维矩阵。通过对得到的转移矩阵进行分析, 能够得到 2 个时相, 不同的地类之间相互转化的情况, 它描述了不同的土地利用的类型在不同年份发生变化的土地类别以及发生变化的位置和变化面积。不仅能够反映上述静态的



固定区域固定时间的各个地类面积数据，还能够反映更加丰富的初期各个地类的面积转出以及末期各个地类面积的转入情况。从面积入手，反应区域土地利用变化。面积变化首先反映在不同土地利用类型的总量变化上，通过分析土地利用类型的总量变化，可了解土地利用变化总的变化趋势和土地利用结构的变化。

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

式中， $B_{ij}$  为  $k$  时期第  $i$  种土地利用类型转化为  $(k+1)$  时期第  $j$  种土地利用类型的面积， $n$  为研究区域土地利用类型总数。

### 生态土地利用动态度计算

土地利用动态度是指在某个时期内土地利用类型的数量变化情况，主要反映土地利用变化的剧烈程度与变化速率的区域差异，主要分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度，公式如下：

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中， $K$  为研究时段内某一类型土地利用动态度， $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究期初和研究期末某一种土地利用类型的数量， $T$  为研究时段长。当  $T$  的时段设定为年时， $K$  值就是该研究区某种土地利用类型的年变化率。

### 3.5. 生态质量指数计算

遥感生态指数 RSEI (Remote Sensing Based Ecological Index, RSEI) 基于遥感技术提出的一种以自然因子为主能对城市的生态状况进行快速监测与评价的新型遥感生态指数。在诸多反映生态质量的自然因子中绿度、湿度、干度以及热度与人们的日常生活关系最密切，同时也是人类直观感觉评判生态环境优劣的重要因素，因此常被用于评价生态系统。该指数通过主成分分析法集成植被指数、湿度分量、建筑指数、地表温度 4 个评价指标，分别代表了自然环境中的绿度、湿度、干度、热度等主要生态要素。拟建的 RSEI 遥感生态指数可以用这 4 个指标函数表示。

即：

$$RSEI = (\text{Greenness}, \text{Wetness}, \text{Heat}, \text{Dryness}) \quad (3)$$

上式中：Greenness 代表绿度；Wetness 代表湿度；Heat 代表热度；Dryness 代表干度；VI 代表植被指数；Wet 代表湿度分量；LST 代表地表温度；SI 代表裸土和建筑指数。

其中绿度指标计算公式为：

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (4)$$

其中的湿度与土壤的湿度和植被紧密相联。因此，本文研究中的湿度指标采用 Wet 分量来表示对不同传感器有不同的表达形式。

热度指标是通过地表温度的反演，利用热红外遥感技术反演地表温度是获得地表温度的主要方式，文中所使用的是当前反演地表温度的常用算法采用大气校正法进行 LST 计算：

$$L_\lambda = [\varepsilon B(T_s) + (1 - \varepsilon)L_\downarrow] \tau + L_\uparrow \quad (5)$$

干度指标为土壤干化会给区域生态环境造成严重污染，土壤干化越严重，其危害越大。造成土壤“干

化”的除了裸露的土壤(如: 岩石、沙地、裸土等)还有城区建筑用地, 因此干度指标(NDSI)可以由裸土指数(SI)和建筑指数(ABI)二者合成。其中裸土指数 SI 和建筑指数 ABI 为:

$$SI = \frac{(\rho_{mir} + \rho_{red}) - (\rho_{nir} + \rho_{blue})}{(\rho_{mir} + \rho_{red}) + (\rho_{nir} + \rho_{blue})} \quad (6)$$

$$ABI = \frac{2\rho_{mir}/(\rho_{mir} + \rho_{nir}) - [\rho_{nir}/(\rho_{nir} + \rho_{red}) + \rho_{green}/(\rho_{green} + \rho_{mir})]}{2\rho_{mir}/(\rho_{mir} + \rho_{nir}) + [\rho_{nir}/(\rho_{nir} + \rho_{red}) + \rho_{green}/(\rho_{green} + \rho_{mir})]} \quad (6)$$

## 4. 结果分析

### 4.1. 土地利用空间分布结果分析

如图 2 所示, 通过 2000~2020 年土地利用类型图中可以得知在内蒙古地区的黄河流域主要用地类型以为旱地为主。通过 2000~2005 年土地利用类型图中可以得知在内蒙古地区的黄河流域主要用地类型以为旱地为主。而荒漠地区集中在北部与中部小部分地区, 草地覆盖从 2005 年到 2015 年间退化明显在 2020 年时呈现恢复的状态。其中沙地与戈壁在 2000 年土地利用图中集中在西北部小片区域到 2005 年为西北地区与东南地区小片区域。在 2010 年与 2015 年土地利用未发生明显改变但相较于 2005 年沙漠化面积减少但草地明显退化。2020 年土地利用图中草地面积相较于 2015 年有明显的增加, 同时沙漠化面积在西北地区与中南地区也有所增加。

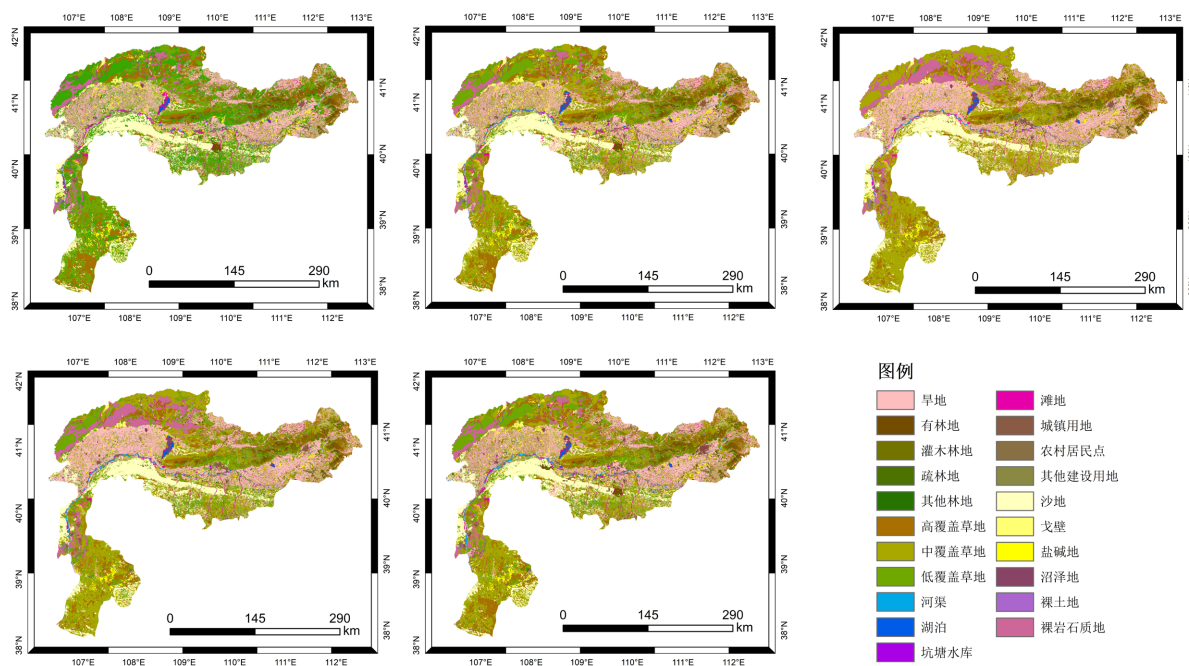


Figure 2. Land use distribution map

图 2. 土地利用分布图

### 4.2. 土地利用转移矩阵结果分析

如图 3 所示:

(1) 2000~2005 年土地转移矩阵中可得知 2000 年高、中、低覆盖草地面积分别为 1339.8103 km<sup>2</sup>, 3894.8942 km<sup>2</sup>, 2249.8732 km<sup>2</sup>。2005 年高、中、低覆盖草地面积分别为 1251.1091 km<sup>2</sup>, 3501.6357 km<sup>2</sup> 与

2162.0531 km<sup>2</sup>。其中由低覆盖草地转出为旱地的有 190.3551 km<sup>2</sup>，由高覆盖草地转为低覆盖草地与旱地的面积有 106.2032 km<sup>2</sup>，由中覆盖草地转为低覆盖草地的面积有 136.5992 km<sup>2</sup>，转为旱地的面积有 317.8572 km<sup>2</sup>。2000 年沙地与戈壁总面积为 800.465 km<sup>2</sup>，2005 年沙地与戈壁土地面积为 755.112 km<sup>2</sup>，荒漠面积减少 45.353 km<sup>2</sup>。其中沙地转出为疏林地有 18.5144 km<sup>2</sup>，由沙地转出为中覆盖草地的面积为 19.8230 km<sup>2</sup>。

(2) 2005~2010 年土地利用转移矩阵中 2010 年高、中、低覆盖草地面积分别是 1045.2653 km<sup>2</sup>，2823.2136 km<sup>2</sup>，2097.4056 km<sup>2</sup>。其中低覆盖草地转为旱地的面积由 256.6889 km<sup>2</sup>。中覆盖草地转为旱地的面积有 945.3944 km<sup>2</sup>。高覆盖草地转为旱地的有 101.3667 km<sup>2</sup>，转为中覆盖草地的有 126.1648 km<sup>2</sup>。2010 年荒漠面积 454.6985 km<sup>2</sup> 相较于 2005 年荒漠面积减少了 300.4135 km<sup>2</sup>。其中沙地转为低覆盖草地面积为 114.5370 km<sup>2</sup>，转为旱地面积为 62.4911 km<sup>2</sup>，转为盐碱地有 66.9262 km<sup>2</sup>，转为中覆盖草地的面积有 7.3924 km<sup>2</sup>。戈壁转为高覆盖草地有 17.9546 km<sup>2</sup>。

(3) 2010~2015 年土地利用转移矩阵中 2015 年高、中、低覆盖草地面积分别是 1102.2539 km<sup>2</sup>，2784.8384 km<sup>2</sup>，2109.8740 km<sup>2</sup>。其中由旱地转入低覆盖草地的面积有 309981 km<sup>2</sup>。由旱地转入中覆盖草地的面积有 39.1240 km<sup>2</sup>，由低覆盖草地转入为中覆盖草地面积有 33.4379 km<sup>2</sup>。其中有中覆盖草地转入高覆盖草地的面积有 58.9002 km<sup>2</sup>。2015 年荒漠面积 447.9244 km<sup>2</sup>，相较于 2010 年减少了 6.7741 km<sup>2</sup>。其中沙地转为低覆盖草地有 8.6830 km<sup>2</sup>，转为中覆盖草地的面积 2.5568 km<sup>2</sup>。

(4) 2015~2020 年土地利用转移矩阵中 2020 年高、中、低覆盖草地面积分别是 1253.0922 km<sup>2</sup>，3564.5179 km<sup>2</sup>，2088.9910 km<sup>2</sup>。其中由旱地转入高、中、低覆盖草地的面积分别是 130.6105 km<sup>2</sup>，1012.9589 km<sup>2</sup>，282.4586 km<sup>2</sup>。由裸岩石质地转入低覆盖与高覆盖草地面积分别是 60.2805 km<sup>2</sup> 与 55.9074 km<sup>2</sup>。由中覆盖草地转入为高覆盖草地的面积有 129.0970 km<sup>2</sup>。2020 荒漠面积有 700.4260 km<sup>2</sup>，相较于 2015 年荒漠面积增加了 245.7310 km<sup>2</sup>。其中低覆盖草地转入 101.1049 km<sup>2</sup>，由旱地转入面积有 67.2649 km<sup>2</sup>，由盐碱地转入面积有 58.3160 km<sup>2</sup>。

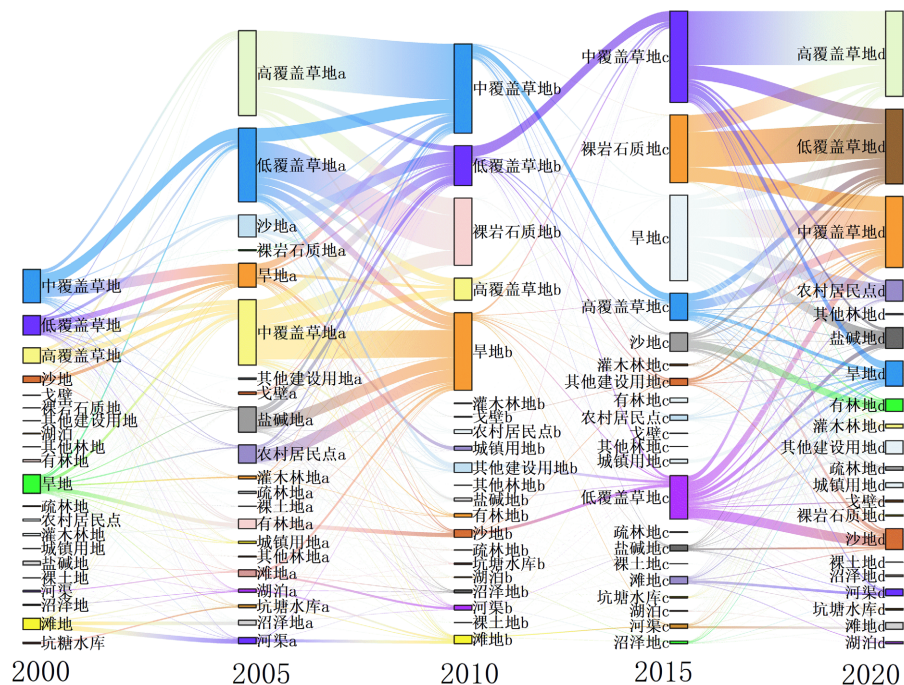


Figure 3. Pattern of land transfer

图 3. 土地转移模式图

### 4.3. 各主成分结果分析

生态环境质量评估的关键步骤是将各评估指标转化为一个可量化的综合性指数——RESI 指数。研究借助 GEE 云计算，把 NDVI、Wet、LST、NDSI 指标进行波段合成，通过主成分分析分别形成 PC1、PC2、PC3、PC4 四个成分，并获得相应的权重信息，得到分析结果如表 1、表 2 所示。

通过主成分变换后的 PC1 和 PC2 涉及了 4 个指标中相关生态环境质量绝大多数信息。并且四个成分统一呈现出对 PCI 的贡献度是相对稳定的，其中 NDVI 特征值与贡献度最高，说明 RSEI 指数与 NDVI 指数相关度要高且包含的信息量最大。

**Table 1.** Principal component eigenvalues

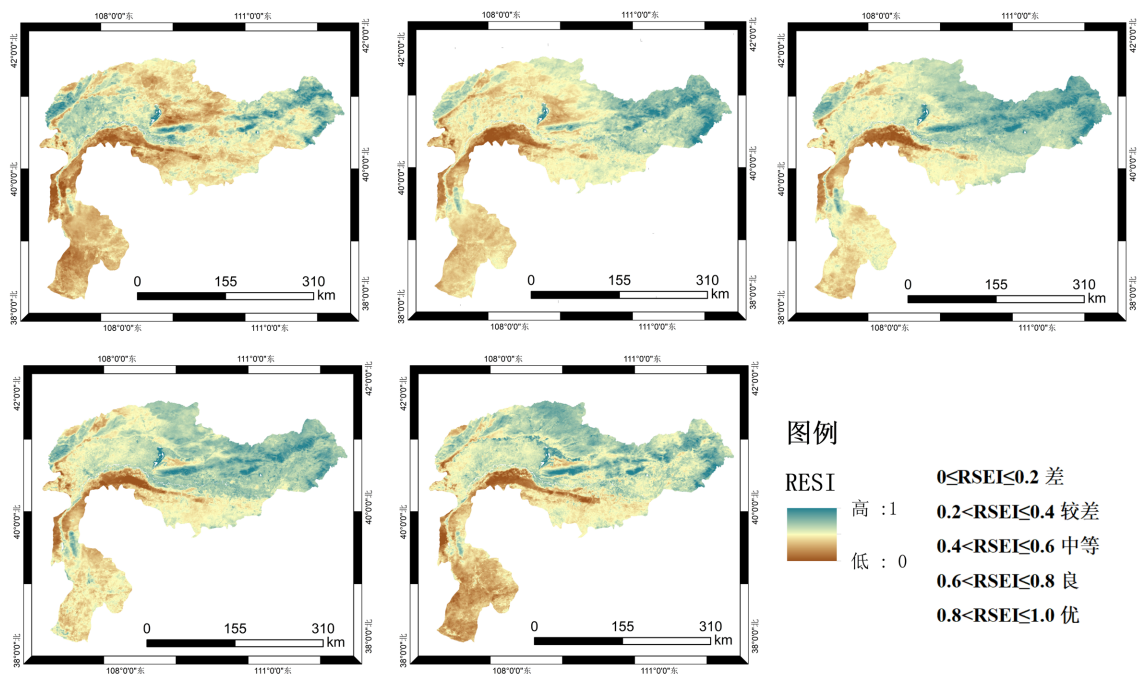
**表 1.** 主成分特征值

主成分\年份	2000	2005	2010	2015	2020	2005
PC1	0.06	0.04	0.07	0.05	0.06	
PC2	0.006	0.006	0.004	0.006	0.007	
PC3	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	
PC4	0.0008	0.0006	0.0014	0.0006	0.0009	

**Table 2.** Contribution rate of principal component eigenvalues

**表 2.** 主成分特征值贡献度

主成分\年份	2000	2005	2010	2015	2020	2005
PC1	85.04%	79.78%	89.21%	82.60%	83.82%	
PC2	8.81%	12.08%	5.75%	10.67%	10.01%	
PC3	4.93%	6.93%	2.05%	5.66%	4.92%	
PC4	1.22%	1.21%	1.08%	0.63%	1.25%	



**Figure 4.** Ecological quality of the HuangHe Basin

**图 4.** 黄河流域生态质量



#### 4.4. 生态环境评价

为更加直观呈现梭树种植区生态环境质量所处等级情况,将经过归一化处理之后的 RSEI 结果划分为五个等级,并按照生态环境质量状况依次将其分为“差生态区”、“较差生态区”、“中等生态区”、“良生态区”、“优生态区”,各级的数值区间分别为  $0 \leq RSEI \leq 0.2$ 、 $0.2 < RSEI \leq 0.4$ 、 $0.4 < RSEI \leq 0.6$ 、 $0.6 < RSEI \leq 0.8$ 、 $0.8 < RSEI \leq 1.0$ ,结果如图 4 所示。

从整体上看内蒙古黄河流域生态质量为中等无优与差的地区。不过在 2000 年到 2005 年之间中等面积减少并在 2010 年与 2015 年之间生态质量恶化明显。但在 2015~2020 年间生态质量重新恢复到 2000 期间。且 2020 年生态质量中等面积大于 2000 年。因此从 2000~2020 年间的图像上看内蒙古地区黄河流域生态质量趋向与平稳的状态。

### 5. 结论与讨论

#### 5.1. 结论

(1) 内蒙古黄河流域草地退化与沙漠化在 2000 年到 2010 年这 10 年之间草地退化最为明显。其中 2000、2005、2010、2015、2020 年草地面积为  $7484.5777 \text{ km}^2$ 、 $6914.7979 \text{ km}^2$ 、 $5965.8845 \text{ km}^2$ 、 $5996.9663 \text{ km}^2$ 、 $6906.6011 \text{ km}^2$ 。2000 年不论是高覆盖,低覆盖还是中覆盖草地的面积为最大,在 2010 年时草地退化最为严重。经过深入分析,我们发现草地退化的主要原因在于过度开垦导致了草地面积的减少,破坏了草原生态系统的平衡。但在 2020 年时草地面积相比于 2015 年增加了  $909.6348 \text{ km}^2$ ,这其中大部分都是由耕地转为草地。

(2) 内蒙古黄河流域的荒漠化面积在 2000 年到 2015 年间一直以减少为主,但在 2015 年至 2020 年之间荒漠面积增加了  $245.7310 \text{ km}^2$ ,且大部分由低覆盖草地与旱地转入。且与草地的增长有反向趋势。

(3) 内蒙古地区黄河流域在生态质量指数评价中数值基本都在 0.2~0.7 之间,没有生态环境差与优的区域,这也是因为内蒙古黄河流域的主要用地类型为旱地,是受人为影响最为明显的区域,所以在 2000~2020 年间的 RESI 指数基本稳定,但 2000 年与 2020 年生态质量中等区域明显大于 2005、2010 与 2015 年,这与草地面积的增加有相同的规律。

#### 5.2. 讨论

内蒙古黄河流域草地面积与沙漠化在 2000~2020 年间增长或减少的态势相同,这部分可能是由于一些地区大面积耕地转为草地时土地利用不合理不规范从而导致大面积的荒漠化所引起。从整体上来看,在 2020 年时的草地恢复效果显著,但也伴随了大面积荒漠化的问题。再从生态质量指数方面分析,内蒙古黄河流域整体的生态质量为中等主要是因为该地区为大面积的耕地用地。

本文中不足之处与后续可以改进之处为对土地利用转移速率进行计算。并对草地退化与土地合理利用进行有效的规划。

### 参考文献

- [1] 黄星, 马龙, 刘廷玺, 王静茹, 刘丹辉. 黄河流域内蒙古段 1951-2012 年气温、降水变化及其关系[J]. 自然资源学报, 2016, 31(6): 1027-1040.
- [2] 滑永春, 孙小添, 白澳, 裴志永. 基于遥感黄河流域内蒙古段十大孔兑生态环境质量监测评价[J]. 水土保持研究, 2022, 29(5): 199-205. <https://doi.org/10.13869/j.cnki.rswc.2022.05.011>
- [3] 范一大, 吴玮, 王薇, 刘明, 温奇. 中国灾害遥感研究进展[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 1170-1184.
- [4] 包刚, 包玉海, 李慧静, 王萨仁娜. 用 MODIS 数据和分裂窗算法反演内蒙古地区的地表温度[J]. 测绘科学, 2009, 34(1): 32-34.

- [5] 喻锋, 李晓波, 张丽君, 徐卫华, 符蓉, 王宏. 中国生态用地研究: 内涵、分类与时空格局[J]. 生态学报, 2015, 35(14): 4931-4943.
- [6] 黄俞惠. 基于遥感指数的桉树信息提取及生态环境质量评估[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 桂林理工大学, 2020. <https://doi.org/10.27050/d.cnki.gglgc.2020.000561>
- [7] James, S., Michael, C. and Kenton, L. (2014) Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance. *Remote Sensing*, **6**, 11127-11152. <https://doi.org/10.3390/rs61111127>
- [8] Storey, J., Roy, D.P., *et al.* (2016) A Note on the Temporary Misregistration of Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) and Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) Imagery. *Remote Sensing of Environment*, **186**, 121-122. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.025>
- [9] 胡光印, 董治宝, 逯军峰, 杨林海, 南维鸽, 肖锋军. 黄河流域沙漠化空间格局与成因[J]. 中国沙漠, 2021, 41(4): 213-224.
- [10] Harmel, T., Chami, M., Tormos, T., *et al.* (2017) Sun glint Correction of the Multi-Spectral Instrument (MSI)-SENTINEL-2 Imagery over Inland and Sea Waters from SWIR Bands. *Remote Sensing of Environment*, **204**, 308-321. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.022>
- [11] Thau, D. (2015) Google Earth Engine: Democratizing Global Geospatial Analysis with Cloud Computing.
- [12] 卢献健, 黄俞惠, 晏红波, 等. 基于自动阈值决策树分类的桉树提取研究[J]. 林业资源管理, 2020(4): 117-126.
- [13] 申震洲, 姚文艺, 肖培青, 等. 黄河流域砒砂岩区地貌-植被-侵蚀耦合研究进展[J]. 水利水运工程学报, 2020(4): 64-71
- [14] Ferguson, B.K. (1994) The Concept of Landscape Health. *Journal of Environmental Management*, **40**, 129-137. <https://doi.org/10.1006/jema.1994.1009>
- [15] 张胜邦, 董旭. 青海格尔木市防治荒漠化规划研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [16] 金炯, 董光荣, 邵立业. 阿里地区狮泉河镇风沙危害与整治规划[J]. 中国沙漠, 1991, 11(3): 20-28.
- [17] 董光荣, 金炯, 邵立业. 西藏自治区“一江两河”流域土地沙漠化状况[J]. 中国沙漠, 1991, 11(1): 62-64.
- [18] 董立新, 王文科, 孔金玲, 等. 黄河上游玛多县生态环境变化遥感监测及成因分析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 68-72.
- [19] 郭连云, 丁生祥, 汪青春. 气候变化与人类活动对共和盆地生态环境的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 219-226.
- [20] 宋永永, 薛东前, 夏四友, 等. 近 40a 黄河流域国土空间格局变化特征与形成机理[J]. 地理研究, 2021, 40(5): 1445-1463.