

内蒙古通辽市土地资源利用时空变化分析

杨 威^{1,2}, 张裕凤^{1,2*}

¹内蒙古师范大学, 地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特

²内蒙古土地利用与整治工程研究中心, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2023年10月20日; 录用日期: 2023年12月15日; 发布日期: 2023年12月26日

摘 要

本研究以通辽市为研究对象, 通过对2000年至2020年的土地利用转移矩阵和空间自相关分析, 探讨了该地区的土地利用变化和空间特征。结果显示, 草地和耕地是通辽市土地利用面积最大的类型, 保持相对稳定, 而灌木地和林地有所增加, 表明在森林资源保护和恢复方面取得了进展。裸地和人造地表有增长趋势, 可能与城市化和经济发展有关。湿地和水体面积较小, 但也略有增加, 可能是湿地保护和水体治理的结果。空间自相关分析显示, 通辽市各土地利用类型存在显著的正向空间自相关, 尤其是草地、耕地、林地和裸地呈现连片分布。相比之下, 灌木地、人造地表、湿地和水体的空间集聚性较弱, 可能受地形、土地利用方式和人类干预的影响。综合研究结果表明, 在农牧交错区的土地利用规划中需要平衡农牧业发展和生态环境保护, 保护草地和耕地资源, 加强林地和湿地保护, 控制裸地和人造地表的扩张, 以促进可持续土地利用和城乡协调发展。

关键词

通辽市, 土地利用变化, 土地利用转移矩阵, 空间自相关

Analysis on Spatial-Temporal Changes of Land Resources Utilization in Tongliao City, Inner Mongolia

Wei Yang^{1,2}, Yufeng Zhang^{1,2*}

¹School of Geographical Sciences, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia

²Inner Mongolia Land Use and Improvement Project Research Center, Hohhot Inner Mongolia

Received: Oct. 20th, 2023; accepted: Dec. 15th, 2023; published: Dec. 26th, 2023

*通讯作者。

Abstract

This study focuses on Tongliao City and investigates the land use changes and spatial characteristics in the region from 2000 to 2020 through the analysis of land use transition matrices and spatial autocorrelation. The results indicate that grassland and cropland are the largest land use types in Tongliao City and have remained relatively stable, while shrubland and forestland have shown an increase, suggesting progress in forest resource protection and restoration. Bare land and artificial surfaces are on the rise, possibly associated with urbanization and economic development. Wetlands and water bodies, although relatively small in area, have also slightly increased, likely as a result of wetland conservation and water management efforts. Spatial autocorrelation analysis reveals significant positive spatial autocorrelation for all land use types in Tongliao City, especially for grassland, cropland, forestland, and bare land, which exhibit contiguous distributions. In contrast, shrubland, artificial surfaces, wetlands, and water bodies show weaker spatial clustering, possibly influenced by topography, land use practices, and human intervention. Taken together, the research findings suggest that land use planning in the pastoral-agricultural transition zone should aim to strike a balance between agricultural and pastoral development and ecological environmental protection. This includes protecting grassland and cropland resources, strengthening the conservation of forestland and wetlands, and controlling the expansion of bare land and artificial surfaces to promote sustainable land use and balanced urban-rural development.

Keywords

Tongliao City, Land Use Change, Land Use Stochastic Matrix, Spatial Autocorrelation

Copyright © 2023 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. 引言

随着人口增加、经济发展和城市化进程,土地资源的重要性日益凸显,对农业、工业、建设和生态等各种活动至关重要。然而,由于过度利用和不断扩张,土地资源面临威胁[1]。本研究关注内蒙古通辽市的土地资源,这一地区的土地资源开发和利用对经济和社会发展至关重要。但随着城市化和农村经济的升级,通辽市的土地资源面临挑战,包括土地荒漠化、退化和资源短缺等问题。因此,深入研究通辽市土地资源的时空变化情况,探索可持续利用方法对未来发展具有关键意义。

尽管已有一些研究关注土地资源的变化[2] [3],但大多集中在宏观层面[4],精细管理和优化利用方面的讨论较少。因此,本研究运用遥感和GIS技术,旨在分析通辽市土地资源的时空变化,以提供精细管理和优化利用的参考。具体研究内容包括土地资源现状和演变分析、土地利用变化的原因探讨、土地资源的时空分布特征分析以及可持续利用策略和建议。这些研究成果也将为其他地区的土地资源管理提供借鉴。

2. 数据来源

通辽市位于内蒙古自治区东部,与吉林省、辽宁省接壤,总面积 58862 km²。地势包括南、北部山区和中部山区,整体呈马鞍状。北部地区是大兴安岭南麓北部余脉,多为岩溶性石质丘陵山地和冲积丘陵,海拔 400~1444 m。中部余脉是西辽河上游流域的泥砂质山地冲积丘陵平原,海拔 120~320 m。南部余脉

位于辽宁省东部, 是浅丘低山、黄土石质丘陵地带, 海拔 550~730 m。通辽市原名哲里木盟, 现辖 1 个市辖区、1 个县级市、1 个县、5 个旗, 以及 1 个经济技术开发区。2018 年末全市规模以上常住人口 313.32 万人, 是内蒙古自治区第二大人口增长新型城市, 规模以上城镇人口 154.87 万人, 占全市总人口的比重 49.43%。2019 年末全市规模以上常住人口 313.88 万人, 规模以上城镇人口 157.41 万人, 占全市总人口的比重 50.15%。

通辽市的土地利用数据来自于 GlobeLand30 网站, 每个像素的分辨率是 30 米 × 30 米。这份数据分为 10 个主要类型, 分别是耕地、林地、草地、灌木地、湿地、水体、苔原、人工地表、裸地、冰川和永久积雪。分类系统定义见表 1。

Table 1. GlobeLand30 classification system

表 1. GlobeLand30 分类系统

类型	内容	代码
耕地	适合种植农作物的土地可以包括各种类型的地块, 如水稻田、灌溉的耕地、非灌溉的耕地、蔬菜地、牧草种植地、温室用地, 以及以种植农作物为主, 同时也可能种植有果树和其他经济乔木的土地。此外, 茶园、咖啡园等适合种植灌木类经济作物的地方也可以算在内。	10
林地	那些树木茂密, 树冠覆盖面积超过 30% 的地方, 这些地方可以是各种类型的林地, 比如有落叶树的、有常绿树的、有落叶针叶树的、有常绿针叶树的, 还有一些树冠覆盖面积在 10% 到 30% 之间的疏林地。	20
草地	那些地上有茂密草本植物覆盖, 并且草本植被所占比例超过 10% 的土地。这种土地包括草原、草甸、带有零星树木的草原、沙漠草原, 还有城市中的人工草地等。	30
灌木地	有很多灌木丛生并且灌丛的覆盖面积占土地的 30% 以上, 这些地方包括山地上的灌木丛、有掉落的叶子或者常青灌木, 以及荒漠地区上灌丛的覆盖面积高于 10% 的地方。	40
湿地	位于陆地和水域的过渡地带, 通常有浅浅的积水或湿润的土地, 经常长满了生活在水边或水里的植物。这种地方有很多不同类型, 比如内陆沼泽、湖泊沼泽、河流洪水覆盖的地方、森林和灌丛的湿地、泥炭地、红树林, 还有盐碱地。	50
水体	涵盖了陆地面积的水体, 包括江河、湖泊、水库、坑塘等。	60
苔原	在极寒地区和高山环境中, 地面被地衣、苔藓、能够抵御低温的多年生草本植物以及灌木覆盖着。这种植被包括了灌木丛、草本植物丛、潮湿的苔藓地、高寒苔藓地和裸露的土地等。	70
人造地表	人工建造活动所塑造的地表, 包括城市、工业区、交通枢纽等各类居住和工作区域, 但不包括建筑用地内的绿地和水体。	80
裸地	植被稀疏的自然地区, 植被覆盖率不足 10%, 这包括荒漠、沙漠、砾石区、光秃秃的岩石地、盐碱地等。	90
冰川和永久积雪	高山地带和极地地区, 被永久积雪、冰川和冰盖覆盖的土地。	100

3. 研究方法

3.1. 空间自相关

空间自相关用于判断研究区内土地利用类型的聚集性[5]。全局自相关使用 Moran's I 统计量, 局部自相关使用 Local Moran's I 指标。它们可以评估土地利用格局中的聚集模式。公式为:

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \right)} \quad (1)$$

$$\text{Local Moran's I} = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad i \neq j \quad (2)$$

式中: 本研究使用 ArcGIS 10.6 的网格功能将研究区域划分为多个 $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ 的网格单元, 并计算各类型地块在每个单元中的面积。通过进行空间自相关、聚类 and 异常值分析, 计算了不同类型地块的 Moran I 和局部 Moran's I 指数。根据这些指数, 将研究单元分为四种不同的关联模式: 高高集聚、高低集聚、低高集聚以及低低集聚。

3.2. 土地利用转移矩阵

土地利用功能的转型是一个复杂的过程。为了更具体地分析这种转变, 我们可以使用土地利用转移矩阵模型。该模型可以帮助我们对特定时间段内不同土地利用类型之间的变化情况进行量化, 从而更好地理解土地利用的历史演变和现状[6] [7] [8] [9] [10]。该模型的表达式如下:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: S 为面积; n 为土地利用类型数量; i, j 分别为研究初期与末期的土地利用类型。

4. 结果与分析

4.1. 土地利用转移矩阵

根据通辽市 2000 年至 2020 年的土地利用转移矩阵分析, 见图 1, 表 2。土地利用转移矩阵是分析土地利用变化和转型的重要工具, 可以通过对通辽市的矩阵分析来实现这一目的, 可以深入了解不同土地利用类型之间的转变情况和变化趋势, 为土地资源管理和规划提供重要依据[11] [12] [13] [14] [15]。

通辽市的土地利用转移矩阵显示, 草地和耕地是占据最大面积的土地利用类型。在 2000 年至 2020 年期间, 草地和耕地的总面积保持了相对稳定或略有下降, 可能是由于多种因素的影响, 包括农业生产方式的改变、城市化进程的推进以及农村劳动力的外流。草地面积的稳定或轻微下降可能与农业生产方式的改变有关。随着农业现代化的推进, 农业生产逐渐向规模化、精细化种植转变, 一些农田可能被用于建设或改为其他用途, 从而导致了草地面积的轻微减少[8]。耕地面积的变化可能受城市化进程和农村劳动力外流的影响。城市化进程加速了城市建设和工矿用地的需求, 导致一部分农田被转为非农业用途, 从而减少了耕地面积。同时, 农村劳动力的外流也导致了农田的荒芜或改变用途, 见图 2, 表 3。

另一方面, 灌木地和林地的面积在过去 20 年中有所增加, 这可能得益于通辽市对森林资源保护的重视以及退耕还林政策的推行。这表明政府的保护政策和政策实施对森林资源保护和生态建设产生了积极影响。裸地和人造地表的面积也呈增长趋势, 可能与城市化进程和经济发展导致的土地开发有关。城市化加速了建设用地的扩张, 而经济发展增加了对土地资源的需求, 导致了裸地和人造地表的面积逐渐增加。需要加强对土地开发的规划和管理, 以确保土地利用的合理性和可持续性。通辽市的湿地和水体面积相对较小, 但在过去 20 年中也略有增加。湿地面积的略微增加可能反映了当地政府对湿地资源保护的重视。湿地在维护水环境、洪水调节和生物多样性保护方面起着重要作用。水体面积的增加可能是水体治理工作的成果, 对于水资源的可持续供应、水生态环境和生物多样性具有重要意义。

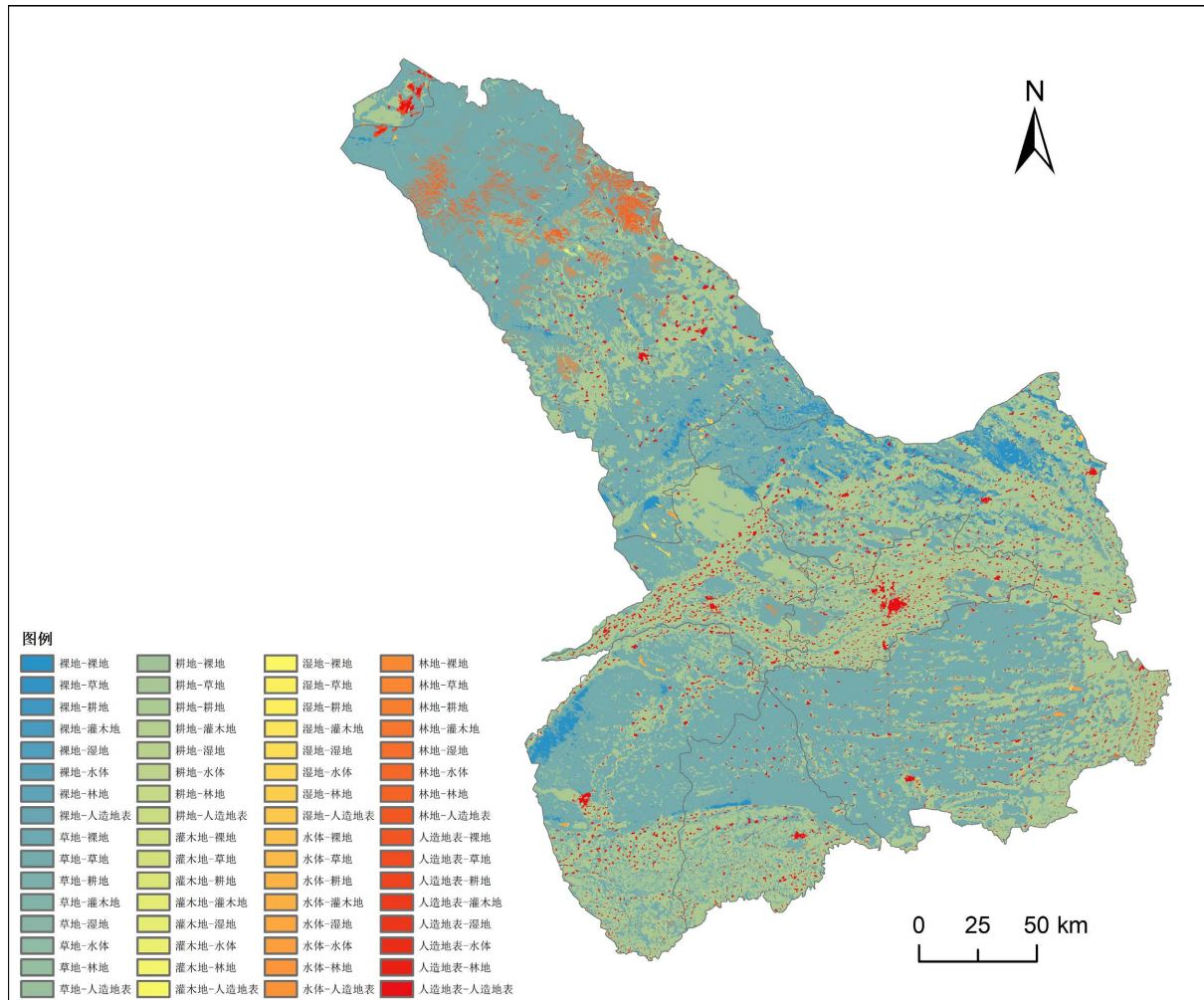


Figure 1. Land use transfer matrix of Tongliao City from 2000 to 2010

图 1. 通辽市 2000~2010 年土地利用转移矩阵

Table 2. Land use transfer matrix of Tongliao City from 2000 to 2010

表 2. 通辽市 2000~2010 年土地利用转移矩阵

		2000 年							单位: km ²	
土地利用类型		草地	耕地	灌木地	林地	裸地	人造地表	湿地	水体	总计
2010 年	草地	31752.82	425.41	60.52	607.09	151.44	21.09	107.19	19.52	33145.08
	耕地	301.69	20932.11	2.03	7.40	1.84	40.65	17.10	3.65	21306.47
	灌木地	65.93	3.36	64.69	7.47	0.54	0.22	0.85	0.40	143.46
	林地	346.45	15.71	0.43	799.33	0	0.77	0.10	0.26	1163.05
	裸地	157.86	3.27	0.53	0.15	1282.49	0.32	4.83	0.71	1450.16
	人造地表	79.52	53.36	0.54	0.14	0.35	1343.81	0.01	0.33	1478.06
	湿地	1.16	0.09	0.09	0	0.13	0	52.20	0.62	54.29
	水体	8.99	2.99	0.28	0.05	0.15	0.04	0.93	108.87	122.3
	总计	32714.42	21436.3	129.11	1421.63	1436.94	1406.9	183.21	134.36	58862.87

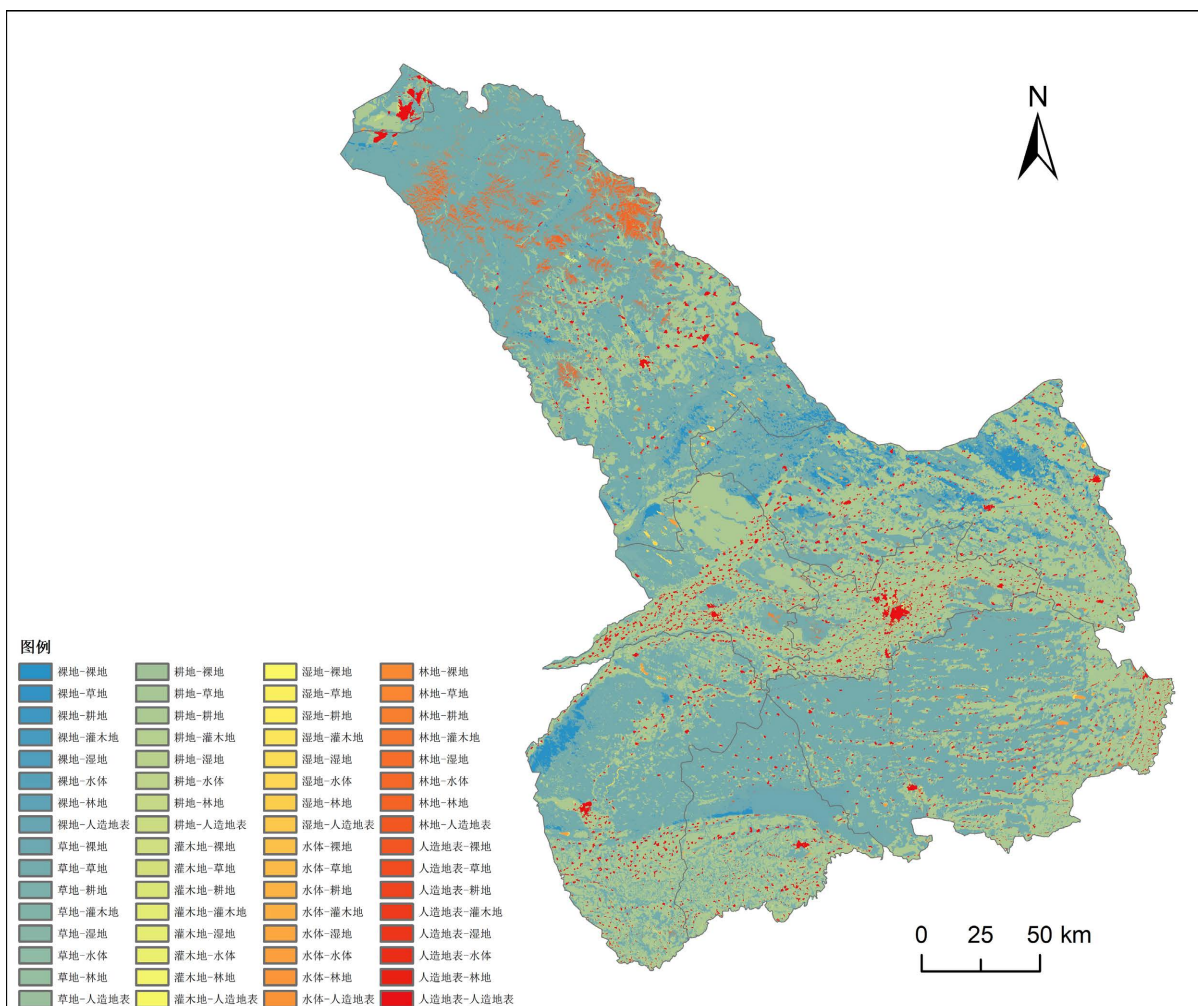


Figure 2. Land use transfer matrix of Tongliao City from 2010 to 2020

图 2. 通辽市 2010~2020 年土地利用转移矩阵

Table 3. Land use transfer matrix of Tongliao City from 2010 to 2020

表 3. 通辽市 2010~2020 年土地利用转移矩阵

		2010 年							单位: km ²	
土地利用类型		草地	耕地	灌木地	林地	裸地	人造地表	湿地	水体	总计
2020 年	草地	27449.41	565.02	20.5	194.55	218.42	20.1	2.71	7.56	28478.27
	耕地	4183.81	20340.46	31.33	40.9	58.07	64.94	2.92	5.22	24727.65
	灌木地	19.49	0.69	83.94	0.31	0.14	0.10	0.02	0.15	104.84
	林地	254.26	5.32	0.65	921.74	0	1.43	0.01	0.04	1183.45
	裸地	783.75	31.17	0.40	0.89	1139.5	2.18	1.04	1.52	1960.45
	人造地表	360.66	338.98	5.47	2.97	10.04	1388.88	0.02	1.17	2108.19
	湿地	26.19	1.43	0.02	0.55	4.26	0	33.44	0.50	66.39
	水体	63.94	21.25	1.12	1.11	19.45	0.35	14.13	105.94	227.29
	总计	33141.51	21304.32	143.43	1163.02	1449.88	1477.98	54.29	0	58856.53

然而, 在城市化和经济发展的背景下, 湿地和水体仍面临着不可忽视的压力和威胁[10]。因此, 需要加强湿地和水体资源的保护和合理利用, 包括湿地修复、湿地保护区划设立等措施, 以维护生态系统的稳定性和水资源的可持续性。同时, 应加强水体污染治理和水资源管理, 以减少污染物排放, 保护水体的健康和可持续利用。

4.2. 空间自相关

通辽市的土地利用情况进行了空间分布和变化状况的研究, 以市内的 8 个旗县作为空间单元。研究覆盖了不同地区的各种地貌类型, 包括草地、耕地、灌木地、林地、裸地、人造地表、湿地和水体。分析结果显示, 各土地利用类型的全局 Moran's I 值均大于 0, p 值均小于 0.001。这说明不同土地利用类型在整体上呈现显著的正向空间自相关关系, 表现出明显的集聚性。草地、耕地、林地和裸地在空间上聚集得比较多, 而灌木地、人造地表、湿地和水体的集聚性较低, 见表 4, 图 3。

Table 4. Global spatial autocorrelation significance test results for various land use types in Tongliao City

表 4. 通辽市各土地利用类型全局空间自相关显著性检验结果

年份	指数	草地	耕地	灌木地	林地	裸地	人造地表	湿地	水体
2000	Moran's I	0.685	0.694	0.111	0.764	0.547	0.262	0.265	0.136
	z	79.408	80.437	13.015	88.771	63.604	30.491	31.002	15.893
	p	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2010	Moran's I	0.685	0.694	0.152	0.626	0.557	0.310	0.115	0.010
	z	79.367	80.495	17.851	72.819	64.754	36.020	13.730	11.686
	p	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2020	Moran's I	0.707	0.699	0.125	0.629	0.712	0.385	0.173	0.238
	z	81.945	81.013	14.828	73.176	82.814	44.762	20.887	28.092
	p	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

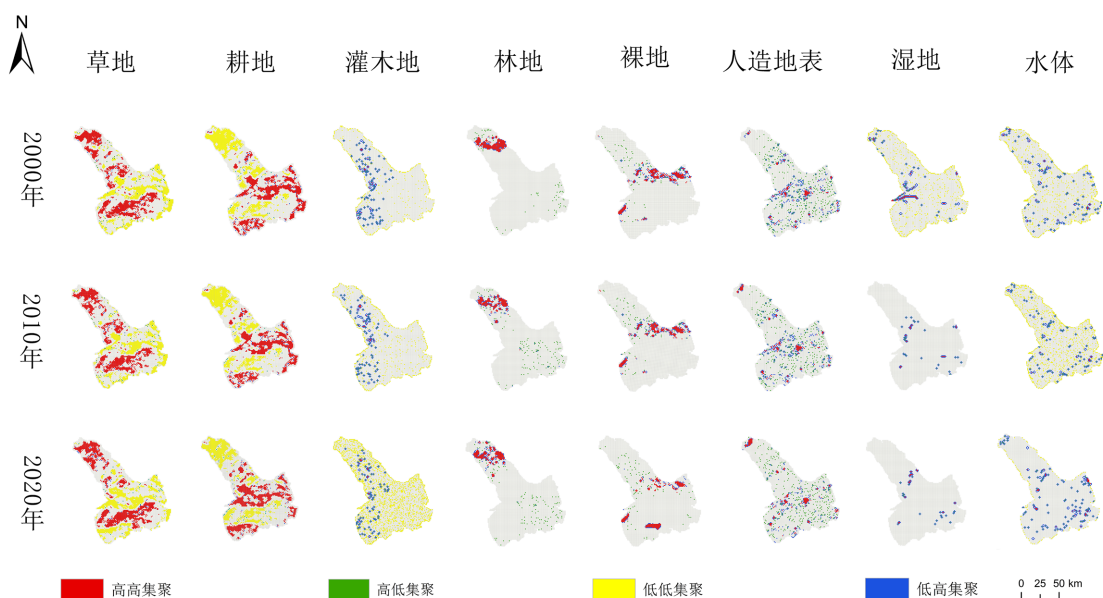


Figure 3. Spatial distribution of local Moran I values of different land use types in Tongliao City from 2000 to 2020
图 3. 通辽市 2000~2020 年不同土地利用类型的局域 Moran I 值的空间分布

根据通辽市的空间自相关分析结果, 可以对土地利用的空间分布特征和变化趋势进行深入分析。

空间自相关分析揭示了不同土地利用类型之间的空间关联性和聚集程度。全局自相关分析发现通辽市土地利用类型整体呈明显的正向空间自相关关系, 即相似类型的土地利用更聚集。局部自相关分析更详细地描述了不同类型土地利用的空间集聚模式, 如草地和耕地高高集聚, 灌木地和湿地低高或低低集聚。全局自相关分析结果表明, 通辽市的土地利用类型在不同时间段内呈现明显的正向空间自相关关系, 表明相似类型的土地利用更聚集, 反映了土地资源分布不均衡, 农业和生态系统对特定区域的集中利用。局部自相关分析显示不同土地利用类型的不同空间集聚模式, 如草地和耕地高高集聚, 灌木地、人造地表、湿地和水体低高或低低集聚, 反映了土地利用类型之间的差异和地理特征对空间分布的影响。

这些分析结果提供了土地利用规划和资源保护的新视角。需要注意土地资源的合理配置和利用, 综合考虑地理、生态和社会经济因素, 制定科学合理的土地规划和管理政策, 以促进可持续发展和生态环境的保护。

5. 结论

通辽市的土地利用主要分为草地和耕地, 这两者占据主导地位, 但也包括其他小类型, 如灌木地、人造地表、湿地和水体。这反映了农牧资源的关键性, 需要科学的管理和可持续利用。

土地利用转移矩阵分析显示, 草地和耕地总体保持稳定或略有下降, 可能是由于农业方式的改变、城市化和劳动力外流等因素导致。要实现农牧业的可持续发展, 需要综合考虑气候、土地质量和政策等因素。

通过空间自相关分析, 我们揭示了土地利用类型的集聚性分布, 这反映了资源的不均衡分布和人类活动的影响。不同类型土地的变化需要根据地区差异来进行合理的管理和规划。

Moran's I 结果表明, 不同类型的土地在空间上呈现明显的集聚性, 表明农牧业在特定区域内集中发展, 同时也带来了挑战和机遇。土地利用在 2000 年至 2020 年间发生了显著变化, 但这种变化存在区域差异, 草地和耕地保持相对稳定或下降, 城市化可能导致耕地的减少。

根据 Moran I 的结果, 不同类型的土地具有不同的集聚分布, 这对政策和管理提出了挑战。一些类型如灌木地和林地出现了增加, 这可以归因于政策和环保措施。未来政策应注重保护草地和耕地, 强化林地和湿地的保护, 控制裸地和人造地表的扩张, 以实现土地资源的可持续利用和生态保护。

通过土地利用转移矩阵分析和空间自相关分析, 本研究为通辽市的资源管理和规划提供了重要信息。未来政策应该根据不同土地类型的集聚性, 采取有针对性的措施, 促进更有效的土地资源利用和生态保护, 以实现可持续发展的目标。同时, 本研究也强调了区域差异的重要性, 为土地资源管理提供了有益的指导。

资助项目

内蒙古师范大学研究生科研创新基金资助项目(CXJJS22128); 内蒙古自治区哲学社会科学规划重点项目(基于内蒙古自然资源与条件的产业结构优化研究, 2022NDA219); 内蒙古自治区研究生教育教学改革项目——以联合培养基地为依托的研究生创新创业能力提升研究(JGCG2022027)。

参考文献

- [1] 孙诗桐, 林坚, 宋怡, 楚建群. 2020 年土地科学研究重点进展评述及 2021 年展望——土地资源利用与空间规划分报告[J]. 中国土地科学, 2021, 35(2): 103-112.
- [2] Ma, D., Jiang, S., Tan, X., et al. (2019) Spatiotemporal Conflict Analysis and Prediction of Long Time Series Land Cover Changes in the Black Soil Region of Northeast China Using Remote Sensing and GIS. *ISPRS International*

Journal of Geo-Information, **12**, Article 271. <https://doi.org/10.3390/ijgi12070271>

- [3] Duan, H., Wang, T., Xue, X. and Yan, C.Z. (2019) Dynamic Monitoring of Aeolian Desertification Based on Multiple Indicators in Horqin Sandy Land, China. *Science of the Total Environment*, **650**, 2374-2388. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.374>
- [4] 王欣珂, 林弘, 谢香群, 等. 闽江流域土地利用时空变化特征及驱动因子分析[J]. 生态科学, 2023, 42(4): 171-181.
- [5] 卫新东, 关嘉敏, 冯小龙, 等. 秦岭陕西段耕地质量时空变化特征及其驱动力[J]. 地球科学与环境学报, 2023, 45(2): 350-361.
- [6] 李保杰, 褚帅. 复垦矿区土地利用程度时空分异研究——以贾汪矿区为例[J]. 矿业研究与开发, 2023, 43(4): 154-159.
- [7] 申丛林, 申从军, 周平, 等. 内蒙古兴安盟近 30 年土地利用时空变化特征研究[J]. 绿色科技, 2023, 25(6): 261-265
- [8] 郭瑞, 刘蔚, 李宗省, 等. 祁连山甘肃片区土地利用变化特征及驱动力[J]. 中国沙漠, 2023, 43(3): 188-198.
- [9] 刘任涛, 朱凡, 赵哈林. 北方农牧交错区土地利用覆盖变化对大型土壤动物群落结构的影响[J]. 草地学报, 2019, 21(4): 643-649.
- [10] 黄宇, 李心平, 赵娜, 等. 伊洛河流域土地利用时空变化特征分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2022, 42(10): 3180-3186.
- [11] 张舒涵, 姜海玲, 王丽遥, 等. 沈阳市 2000-2020 年土地利用变化及其生态效应分析[J]. 无线电工程, 2022, 52(12): 2222-2228.
- [12] 唐芳. 塔里木河中下游土地利用时空变化分析[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022.
- [13] 左天惠, 陆飞扬, 黄好. 漓江流域土地利用时空变化动态监测与分析[J]. 南方国土资源, 2021(12): 22-26, 31.
- [14] 薛晓玉, 段含明, 魏宝成, 等. 中国北方农牧交错带 NDVI 时空变化及影响因素分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2020, 56(4): 435-443, 452.
- [15] 樊舒迪, 刘振华, 朱明帮, 等. 基于地理探测器的广州市土地利用时序变化及影响因素[J]. 西南农业学报, 2022, 35(10): 2276-2289. <https://doi.org/10.16213/j.cnki.scjas.2022.10.006>