

技术方法

基于 Landsat 影像的城市土地利用动态监测

赵德良^{1,2}, 卢晓龙³, 李鹏^{1,2}, 王元美^{1,2}, 王秀凤⁴, 吴艳艳^{5*}, 齐建⁶

(1.山东省地质测绘院, 山东 济南 250003; 2.北斗导航智能空间信息技术及应用山东省工程研究中心, 山东 济南 250003; 3.山东省地质矿产勘查开发局八〇一水文地质工程地质大队(山东省地矿工程勘察院), 山东 济南 250002; 4.山东省地质科学研究院, 山东 济南 250013; 5.济南市勘察测绘研究院, 山东 济南 250101; 6.智理信息科技(山东)有限公司, 山东 济南 250002)

摘要:土地是自然界不可或缺的资源,土地利用反映了人地关系。随着人口数量的持续增加和社会工业化、城市化的持续推进,如何科学地开发利用宝贵的土地资源越来越受到人们的重视。本文通过 2013 年和 2023 年的 Landsat 影像数据,结合遥感与 GIS,对 10 年间合肥市土地资源进行监测与分析,结果表明,经过 10 年的城市发展,合肥市耕地面积减少了 65 707.92 hm²,建设用地增长了 39 181.05 hm²,林地减少了 1 728.27 hm²,水域增加了 28 255.14 hm²。

关键词:遥感;地理信息系统;土地利用;动态监测

中图分类号:P642

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2024.08.007

引文格式:赵德良,卢晓龙,李鹏,等.基于 Landsat 影像的城市土地利用动态监测[J].山东国土资源,2024,40(8):42-47.ZHAO Deliang, LU Xiaolong, LI Peng, et al. Dynamic Monitoring of Urban Land Use Based on Landsat Images[J]. Shandong Land and Resources, 2024, 40(8): 42-47.

0 引言

土地是人类生产和生活的载体,也是人类生存和延续的主要物质基础和物质来源,土地利用、土地覆盖是整个地球环境变化探索领域的重要组成部分之一^[1]。以现代遥测和地理信息系统技术为工具,分析研究土地利用、土地覆盖的时空变化特征和驱动因素,对优化及调整土地资源,改善生态环境,推动地区持续发展发挥着十分重要的指导作用。土地利用变化研究的数据来源包括遥感数据和统计数据,土地利用结构变化驱动力研究常采用多元变量统计的方法,使用较多的有主成分分析、逐步回归分析、灰色关联分析和典型相关分析^[2-7]。

1 研究区域概况

合肥市地处华东地区、长江流域下游及长江三

角洲西端,江淮之间,安徽省中部。与 7 个地级市接壤,分别是东南部马鞍山市、芜湖市,西南部安庆市、铜陵市,西部六安市,北部淮南市,东北部滁州市。截至 2023 年,全市下辖 4 个区、4 个县,代管 1 个县级市,总面积 11 445 km²,常住人口 985.3 万人,城镇化率 85.55%,中国内地城市综合排名 17 名^[8]。

2 数据与方法

2.1 数据

我国的卫星遥感事业在 2012 年后突飞猛进,陆续发射了多种卫星,包含了光学卫星、雷达卫星、高光谱卫星,卫星遥感技术已经处于世界先进行列^[9]。近年来,卫星遥感技术得到快速发展,遥感影像包含了越来越丰富的地表信息,为遥感解译各地物属性提供了更多可利用的决策信息^[10-12]。本文选用合肥地区 2008 年 Landsat-5 TM 数据,2018 年

收稿日期:2024-04-30;修订日期:2024-05-10;编辑:曹丽丽

基金项目:山东省地质测绘院 2019 年度科研项目,基于空天地一体多源异构数据融合的粮食作物识别关键技术研究,编号 KY201907

作者简介:赵德良(1981—),男,山东济南人,高级工程师,主要从事测绘地理信息等方面的研究;E-mail:zhaodeliangzhao@163.com

* 通讯作者:吴艳艳(1982—),女,山东临沂人,高级工程师,主要从事测绘地理信息等方面的研究;E-mail:116587885@qq.com

Landsat-8 OLI 数据(表 1、表 2)。

结合表 1、表 2 及合肥地区的土地利用类型,最终确认 2013 年的陆地卫星 TM 遥感影像数据采用的波段组合是标准假彩色合成的方法,即 432 (RGB)波段,2023 年的陆地卫星 OLI 影像选取的波段组合以标准假彩色 543(RGB)波段。由于两期图像的数据都是陆地卫星系列数据,从地理空间数据云上下载所得,大大减少了数据预处理的工作量,无需对影像数据进行 Radiation correction 和 geometric correction 处理,对原始影像数据进行辐射定标和大气校正即可。本文采用 envi5.3 软件作为处理的主要工具,在 envi5.3 中使用辐射定标工具 Radiometric Calibration 进行辐射定标的处理工作,Flaash 大气校正模块对影像数据进行大气校正处理,用合肥市矢量行政边界图层对影像数据进行裁剪处理,最终得到 2013 年、2023 年地区研究影像(图 1、图 2)。

表 1 Landsat-5 TM 各波段参数数据

波段序号	波段范围/ μm	地面分辨率	应用范围
1	0.45~0.52	30	用于区分土壤和植被,编制森林类型图,区分人造地物
2	0.52~0.60	30	用于区分土壤和植被,编制森林类型图,区分人造地物
3	0.63~0.69	30	进行植被分类,可区别人造地物类型
4	0.76~0.90	30	测定生物量和作物长势,区别植被类型绘制水体边界
5	1.55~1.75	30	主要用于探测植物含水量
6	10.4~12.5	30	用于岩石识别和地质探矿等方面
7	2.08~2.35	30	主要用于探测高温辐射源

表 2 Landsat-8 OLI 各波段参数数据

波段序号	波段范围/ μm	地面分辨率	应用范围
1	0.43~0.45	30	海岸带气溶胶
2	0.45~0.61	30	基色/散射
3	0.53~0.59	30	基色
4	0.64~0.67	30	基色
5	0.85~0.88	30	基色
6	1.57~1.65	30	植物
7	2.11~2.29	30	矿物/无散射
8	0.50~0.68	30	图像融合

2.2 遥感影像的分类方法

平行算法和最小距离方法没有顾虑到不同频带上每个类的内部方差,以及不同类别的直方图重叠的频率分布。假设类别 a 和 b 的平均亮度不同,但是在整个亮度分布之间存在重叠,并且两种类型重

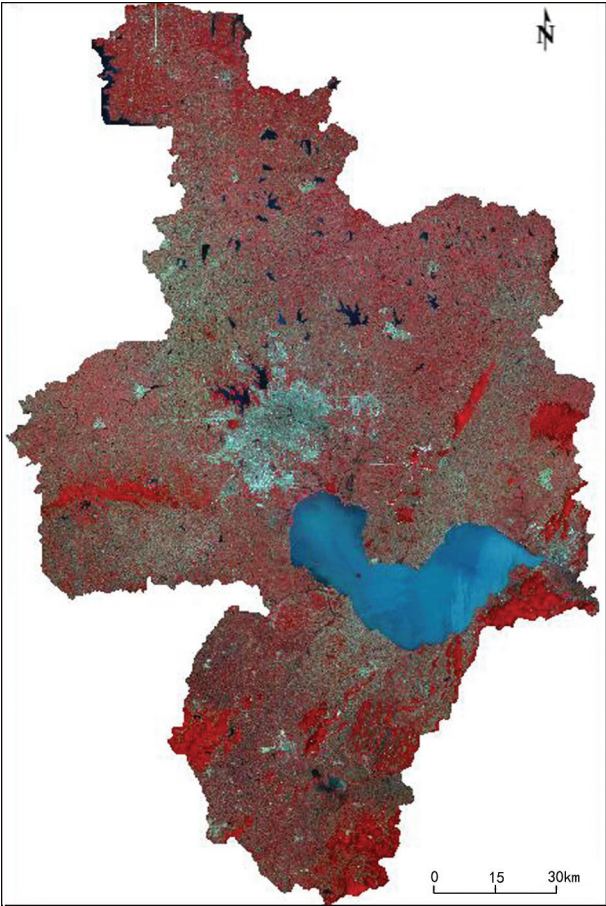


图 1 2013 年 TM 拼接影像

叠的频率不同。假设亮度值 c 落在其重叠区域中,根据平行算法和最小距离方法,除非定义任意阈值,否则难以将 c 归于 a 或 b 。

最大似然规则使用有效的决策规则来确定谁更类似于类别 a 或类别 b 。该算法基于训练样本的均值和方差来评估其他像素和训练类别之间的相似性,可以同时定量地考虑两个或多个波段和类别,并且是一种广泛使用的分类器^[10-11]。最大似然法分类方法是遥感监督分类器中最被广泛使用的方法之一。与其他方法相比,具有明确的参数解释能力,易于与先进的经验知识集成,易于实现。假设每个类别训练数据的统计信息是高斯正态分布,计算给定像素属于特定分类样本的似然性,并将像素划分为具有最大似然的像素^[10]。

在本文当中使用 envi5.3 classic 版对合肥地区的待研究影像数据进行监督分类,对分类后的数据做聚类统计处理。在 envi 中完成分类后,利用 ArcGIS10.2 软件对图层更进一步优化处理,得到 2013 年、2023 年

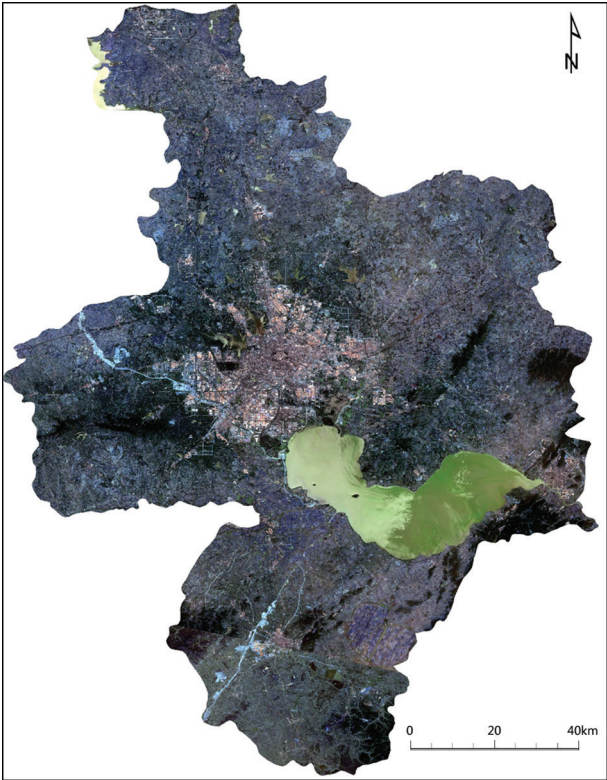


图 2 2023 年 OLI 拼接影像

合肥地区的土地利用现状图(图 3、图 4)。

3 结果与误差分析

3.1 误差

分类结果评价是进行土地覆盖、遥感动态监测的重要一环,同时也是分类结果是否可信的一种度量,所以通常采用误差矩阵法或混淆矩阵法作为评定分类结果的主要依据。从混淆矩阵中得到各种精度的统计值,如总体精度、使用者精度、Kappa coefficient 等。

(1)总体分类精度。总体分类准确度等于被正确分类的像元数量总和除以总的像元数。并且被正确分类的像元数量沿混淆矩阵的对角线排列,总体像元数目等于所有真实参考源的像元总数^[10]。

(2)Kappa coefficient。它是把所有实际参考的像元总数(N)乘以混淆矩阵对角线(Xkk),减去某一个类中实际参考像元数与该类中像元总数的乘积。除以像元总数的平方,并减去某一类中真实参考像元总数与该类中被分类像元总数之积,然后对所有类别的结果求和。通常 kappa 系数在 0~1 之间,可分为 5 组,表示不同水平的一致性:0.0~0.20

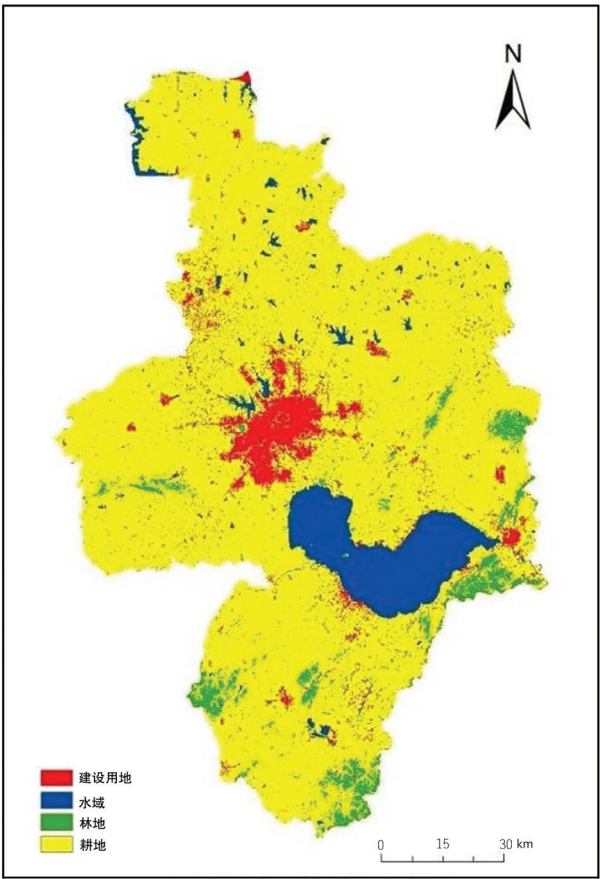


图 3 2013 年合肥市土地利用分类图

表示非常低的一致性,0.21~0.40 表示一般一致性,0.41~0.60 表示中等一致性。性别,0.61~0.80 表示高度一致性,0.81~1 表示几乎相同一致^[10]。

(3)用户精度。指其中的一个像元被分配至其中指定对应的地物类别的概率^[4]。通过 envi5.3 中工具箱 Post Classification 内的工具条可得到两期影像的混淆矩阵,进行汇总后如表 3、表 4。

表 3 2013 年土地分类误差矩阵						
分类	建设用地	水域	林地	耕地	行合计	用户精度
建设用地	48	0	0	0	48	100%
水域	0	75	0	0	75	100%
林地	0	0	12	0	12	100%
耕地	0	2	3	14	19	73.68%
列合计	48	77	15	14	154	
总体精度=96.7532% KAPPA 系数=0.9493						

表 4 2023 年土地分类误差矩阵						
分类	建设用地	水域	林地	耕地	行合计	用户精度
建设用地	48	0	1	1	50	96%
水域	0	13	0	0	13	100%
林地	0	0	76	3	79	96%
耕地	0	2	0	10	12	83.33%
列合计	48	15	77	14	154	
总体精度=95.4545% KAPPA 系数=0.9275						

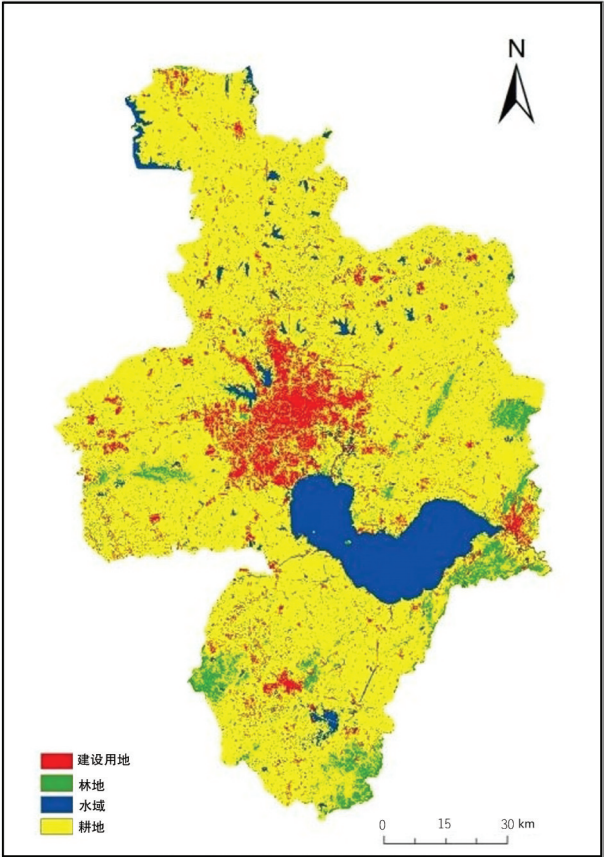


图 4 2023 年合肥市土地利用分类图

可以看出,本次监督分类的精度较为理想,2013 年与 2023 年影像分类的总体使用精度与系数均在 90% 以上,在用户精度上只有 2013 年的耕地精度为 73.68%,其他地物的用户精度都比较良好,总的来说各类地物的辨别度都比较高,能满足使用的要求。

3.2 土地利用类型时空变化特征

3.2.1 土地利用类型时间变化序列

(1)土地利用类型转移矩阵

通常在土地利用类型覆盖变化研究当中,对土地利用转移矩阵的研究是一种非常直观且对比性强,识别度高的重要方法^[11]。因为转移矩阵可以更加直接,更加具体地阐明土地类型变化的动向以及对应的土地变化数量。在 env5.3 中使用 Change Detection Statistics 工具选项,分析两个时期的影像数据可得到土地利用转移矩阵,清晰地表示出两个阶段的土地利用类型变更情况(表 5)。

(2)土地转移数量分析

建设用地转移数量分析。2013—2023 年,有 102.69 hm² 的建设用地转变为林地,4 357.53 hm²

的建设用地转为水域,32 428.71 hm² 的建设用地转为耕地。建设用地主要来源于耕地的 74 026.62 hm²,来自林地、水域分别是 753.12 hm²、1 290.24 hm²。

表 5 2013—2023 年土地转移矩阵 单位:hm²

2013— 2023 年	建设用地	林地	水域	耕地	行和
建设用地	37933.02	753.12	1290.24	74026.62	114003
林地	102.69	36963.36	42.84	11416.95	48525.84
水域	4357.53	629.55	100657.62	26702.37	132347.07
耕地	32428.71	11908.08	2101.23	846702.09	893140.11
列和	74821.95	50254.11	104091.93	958848.03	

林地转移数量分析。林地要分布在合肥市东南部,2013—2023 年,有 11 908.08 hm² 转为耕地,753.12 hm² 转为建设用地,629.55 hm² 转为水域,林地主要来源于耕地的 11 416.95 hm²,水域和建设用地分别是 42.84 hm²、102.69 hm²。这 10 年间耕地和林地转换比较频繁。

耕地转移数量分析。合肥市是属于平原地区,土地肥沃,耕地占比达七成。2013—2023 年,共有 74 026.62 hm² 的耕地转为建设用地,11 416.95 hm² 转为林地,26 702.37 hm² 转为水域。耕地主要来源于建设用地和林地,分别是 32 428.71 hm²、11 908.08 hm²,水域有 2 101.23 hm² 转为耕地。这 10 年间耕地的总面积有所下降,这一方面也是城市经济发展的需要,另一方面,耕地的面积来源又有所补充,说明随着合肥市的经济发展人民的生活水平不断提升,越来越多的人已经意识到对耕地,土地的保护和合理的使用。

水域转移分析。水域主要分布在北部和东部及巢湖,2013—2023 年,水域面积有所上升,共有 1 290.24hm² 转为建设用地,转为林地、耕地,分别为 42.84 hm²、2101.23 hm²。水域主要来自于耕地和建设用地,分别为26702.37hm²和4 357.53 hm²,林地有 629.55 hm² 转为水域。水域的变化不仅影响着城市的水环境、水资源的分布,还与城市的绿化,热岛效应密切相关。

除林地外,每一种地物类型都存在着不同程度的转变,而林地的面积下降了一部分,但就总的 10 年间的发展而言,其间的变换趋势仍比较明显且耕地面积>水域面积>建设用地面积>林地面积。

3.2.2 土地利用类型空间变化序列

通过分类处理后结果的对比分析,认为合肥市

建设用地主要分布在主城区及其邻近的周边区域,巢湖市中心,庐江县县城及长丰县县城。主城区建设用地呈现出以主城区为中心向四周延伸的趋势,且以 NE—SW 方向增加尤为显著;巢湖市建设用地呈现以市中心为中心向东北方向增加的趋势;长丰县建设用地则是以县城为中心向周边发展,主要是往西和往南发展最为显著;庐江县建设用地呈现出以县城为中心向其邻近区域发展的趋势^[12-19]。

4 结论

通过近 10 年 landsat 卫星影像的数据的监测,基于 RS 和 GIS,对 10 年间的土地利用情况进行了定量的分析,2013—2023 年,耕地资源下降严重,减少了 65 707.92 hm²,建设用地的面积上升比较明显,2013 年建设用地面积为 74 821.95 hm²,2023 年为 114 003 hm²,是 4 类地物中增长幅度最大的。此外,水域面积有所上升,增长约 28 255.14 hm²。林地面积有所下降,下降幅度不大,减少面积为 1 728.27hm²。充分说明城市经济的快速发展,土地职能转变是城市发展的需要,如何用有限的土地上创造更多更大的价值,是当前或者今后一段时期需要迫切考虑的问题,随着“乡村振兴战略”的提出,如何合理地实现产业转化,生态宜居,生活富裕,已经是写在日程上的方案。促进农村城镇化进程,发展新型农村建设,振兴乡村促进乡村旅游,离不开土地分配,离不开土地集约使用,离不开生态文明建设。

参考文献:

[1] 邓创.汉南区土地利用及覆盖变化的遥感动态监测研究[D].武汉:华中科技大学,2017:1-20.

[2] 周生路,黄劲松.东南沿海低山丘陵区土地利用结构的地域分异研究[J].土壤学报,2003,40(1):37-45.

[3] 刘纪远,张增祥,徐新良,等.21 世纪初中国土地利用变化的空

间格局与驱动力分析[J].地理学报,2009,64(12):1411-1420.

[4] 熊琛.福州市土地利用结构动态变化及驱动力分析[D].福州:福建师范大学,2011:1-10.

[5] 张淑娟,陈峰.山东省典型县市土地利用与经济发展协调度评价[J].山东国土资源,2017,32(8):98-104.

[6] 唐宏,乔旭宁,杨德刚,等.土地利用变化时空特征与区域发展关系研究:以渭干河流域为例[J].干旱地区农业研究,2012,30(3):205-213.

[7] 高琳,邓清海,耿许可,等.基于遥感的青岛市区土地利用动态变化研究[J].山东国土资源,2017,32(7):86-91.

[8] 吴后建,王学雷,宁龙梅,等.土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以武汉市为例[J].长江流域资源与环境,2006,15(2):185-190.

[9] 李国庭,王德强,赵德良,等.基于多源异构数据的粮食作物种植面积提取[J].山东国土资源,2022,38(8):51-55.

[10] 杨树文,董玉森,罗小波,等.遥感数字图像处理与分析:EN-VI5.x 实验教程(第 2 版)[J].北京:电子工业出版社,2019:1-15.

[11] 赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社,2003:1-20.

[12] 王小葵,李美艳,葛朝民,等.基于多源数据的地表覆盖制图与分析:以广东省广州市为例[J].山东国土资源,2023,39(5):67-71.

[13] 张亚男,张承明,李芳.基于多源遥感数据的城市扩张监测与分析[J].山东国土资源,2020,36(5):55-62.

[14] 刘效才,江泳,刘孝阳,等.Landsat ETM+ 遥感数据在寻找临沂地热中的应用[J].山东国土资源,2015,31(5):76-81.

[15] 王宇昊.基于 Landsat7ETM+ 的青岛地区热岛效应反演及分析[J].山东国土资源,2013,29(6):62-66.

[16] 戴文婷,钟鸣,李芳芳,等.济南市商河县 2011—2020 年土地利用时空分异特征及其成因[J].山东国土资源,2024,40(1):71-78.

[17] 张梦虹,姜鹏,赵丽,等.1980—2020 年济南市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].山东国土资源,2024,40(2):56-64.

[18] 高琳,邓清海,耿许可,等.基于遥感的青岛市区土地利用动态变化研究[J].山东国土资源,2017,33(7):86-91.

[19] 于衍桂,马毅,靳晓华,等.2003—2010 年青岛经济技术开发区土地利用高分辨率遥感变化监测[J].山东国土资源,2012,28(1):43-47.

Dynamic Monitoring of Urban Land Use Based on Landsat Images
ZHAO Deliang^{1,2}, LU Xiaolong³, LI Peng^{1,2}, WANG Yuanmei^{1,2}, WANG Xiufeng⁴, WU Yanyan⁵, QI Jian⁶

(1. Shandong Institute of Geological Surveying and Mapping, Shandong Ji'nan 250003, China; 2. Beidou Navigation Intelligent Space Information Technology and Application, Shandong Engineering Research Center, Shandong Ji'nan 250003, China; 3. No.801 Hydrogeological Engineering Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Reources (Shandong Geol - engineering Exploration

Institute), Shandong Jínan 250002, China; 4. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jínan 250013, China; 5. Jínan Institute of Surveying and Mapping, Shandong Jínan 250101, China; 6. Zhili Information Technology (Shandong) Limited Corporation, Shandong Jínan 250002, China)

Abstract: Land is an indispensable resource in nature, and land use reflects the relationship between humans and land. Accompanying with continuous increase in population and continuous promotion of social industrialization and urbanization, how to scientifically develop and utilize valuable land resources has been increasingly valued by people. In this paper, by using Landsat image data from two periods in 2013 and 2023, and combining with remote sensing and GIS, land resources in Hefei city over the past decade have been monitored and analyzed. As showed by the comparison results, after ten years of urban development, the cultivated land area in Hefei city has decreased by 65707.92 hectares, construction land has increased by 39181.05 hectares, forest land has decreased by 1728.27 hectares, and water bodies have increased by 28255.14hm².

Key words: Remote sensing; geographic information systems; land use; dynamic monitoring