

基于RS和GIS的饶河县农作物种植结构研究

赵悦如

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年12月21日; 录用日期: 2025年3月4日; 发布日期: 2025年3月11日

摘 要

在当前全球变暖的趋势下, 农作物长势遥感监测一直备受关注。及时准确地掌握各种农作物种植面积和空间分布, 对于制定农业政策, 保障粮食安全具有重要意义。尤其是东北地区, 作为全国重要的商品粮生产基地, 在有关农业遥感系统中, 分析农作物中的种质结构是极其关键的一步。由于农作物种植结构是一种基础数据, 它对于提高耕地的利用效率, 保障粮食安全, 优化东北地区农业种植结构具有重大意义。本文选取了东北地区黑龙江省饶河县作为研究区域, 以2000年至2020年可利用的遥感影像为数据源, 选取主要农作物玉米、水稻、大豆作为研究对象, 对农作物种植结构的时空变化进行分析研究。

关键词

农作物种植结构, NDVI, 监督分类, 最大似然分类法

Research on Crop Planting Structure in Raohe County Based on RS and GIS

Yueru Zhao

School of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Dec. 21st, 2024; accepted: Mar. 4th, 2025; published: Mar. 11th, 2025

Abstract

Under the current trend of global warming, remote sensing monitoring of crop growth has been attracting much attention. It is of great significance to grasp the planting area and spatial distribution of various crops in a timely and accurate manner for formulating agricultural policies and ensuring food security. In particular, the Northeast region, as an important commercial grain production base in the country, is an extremely critical step in the relevant agricultural remote sensing system to analyze the planting structure of crops. Since crop planting structure is a kind of basic data, it is of great significance to improve the utilization efficiency of cultivated land, ensure food

security, and optimize the agricultural planting structure in Northeast China. In this paper, we selected Raohe County, Heilongjiang Province in Northeast China as the research field, and used the available remote sensing images from 2000 to 2020 as the data source, and selected the main crops maize, rice, and soybean as the research objects to analyze and study the temporal and spatial changes of crop planting structure.

Keywords

Crop Planting Structure, NDVI, Supervisory Classification, Maximum Likelihood Classification

Copyright © 2025 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

耕地是保障国家及地区粮食安全的重要根基,守住 18 亿亩耕地红线是保障粮食安全的底线[1]。随着我国城镇化,工业化加快,大量优质耕地资源被扩张的建设用地占用,导致耕地数量质量双重下降[2][3]。通过实行最严格的耕地保护制度、采取“占补平衡”、遏止耕地“非粮化”“非农化”等切实保护耕地措施,耕地减少趋势有效减缓[4][5]。耕地数量的增减影响空间格局变化,面积重心逐渐由南方向东北、中西部地区转移[6][7]。耕地数量质量与粮食生产消费的空间不匹配使得我国粮食供求长期处于“紧平衡”态势[8]。粮食问题一直是我国发展的重中之重。农业问题一直都是中央政府大力关注与扶持的产业。我国还在多地设立了商品粮基地,以此来稳定农业的生产。黑龙江地区是我国重要的农业种植区域,农作物种植面积广阔,产量较高,土质肥沃,在东北地区乃至全国占有较大的比重。因此,研究区农作物种植结构调整,对全省的粮食发展和农业生产起着重要的作用。遥感技术是由信息源、信息获取、信息处理和信息应用四大部分组成的[9]。我国目前的农业遥感研究中通过收集农作物生长发育情况和相关的农学信息,利用相关的设备对其处理分析,及时发现问题并采取针对性措施便于及时解决。农作物的遥感估产有以下几个优点:速度快,观测面积广,经济效益高以及客观性强[10]。植被研究是遥感技术应用的非常显著的一个方面。陈仲新等对中国农业遥感信息获取、农业定量遥感、农业灾害遥感、农作物遥感识别与制图、农作物长势监测与产量预测、农业土地资源遥感等方面进行了总结和综述[11]。吴文斌等从农业土地资源遥感出发,指出从整体和系统的科学角度,推动多源遥感数据、天空地一体化、多时空尺度和多种技术方法的综合集成应用是重点发展方向[12]。对于东北地区的研究主要集中在农业遥感某一方向的单一研究。陈雨桦利用遥感数据构建干旱指标,监测东北地区春玉米干旱时空特征[13]。刘逸竹等采用遥感产品对中国北方灌溉耕地的特征进行优选,最终确定地理条件是灌溉耕地制图优先重点考虑的特征参量[14]。总体来看,目前针对东北地区小县城农业遥感研究与应用较少。本文在前人研究的基础上通过遥感技术对饶河县主要种植农作物进行监督分类,探索农作物种植结构的时空变化,有助于更好地了解东北地区农业种植结构,更好地关注粮食安全问题。

2. 研究区概况和资料来源

2.1. 研究区概况

饶河县地处于黑龙江省双鸭山市,位置坐落于黑龙江省东北边境,乌苏里江中下游,隔着乌苏里江对面就是俄罗斯的比金市,北部紧靠三江平原,南部与完达山脉相接。黑龙江省是中国经度最东,纬度

最高的省份，总面积 6765 平方公里，土地资源丰富。饶河县属于寒温带大陆性季风气候，四季分明，冬季漫长，持续大约 4 个月，降水偏少，气候严寒酷烈；夏季短促，降水集中，气候湿润而温热；春秋两季为过渡性季节，变化不大。研究区的无霜期通常为 3~5 个月。饶河县土地资源十分优越，平原众多且地势平坦。饶河县主要种植大豆，玉米，水稻这类农作物。2015 年全县落实播种面积 91,023 公顷，其中主要研究的农作物玉米 50,883 公顷，大豆 12460.1 公顷，水稻 23681.2 公顷。

2.2. 数据来源

本文所采用的数据具体可分为两个部分，遥感影像数据与非遥感影像数据。遥感数据来自地理空间数据云获取的 2000 年、2010 年、2020 年覆盖饶河县 6~9 月份几乎没有云的影像，陆地资料 Landsat7，Landsat8 数据，共计 10 幅。Landsat8 数据在之前的基础上，不仅精度大大提高，还具备了新的功能，同时检测能力有了质的提升。从 2013 年开始运行以来，该系列卫星已经成为陆地资源卫星中科学领域使用范围最广的数据来源之一。Landsat8 号卫星完美继承之前该系列卫星具有的优点，并在此基础上添加监测功能，使之能更好完成之前卫星的监测任务，所以对农作物的监测一般长期使用 Landsat 系列卫星。

本文选用的非遥感数据包括农业经济统计数据，选自统计年鉴分享平台历年《黑龙江省统计年鉴》《双鸭山市统计年鉴》《饶河县统计年鉴》。研究中还需要该地区的一般地图资料，利用收集的地图资料制作地区的矢量范围。中国县级行政区边界的矢量数据来自网络。为方便后续 Envi4.5 操作，通过矢量文件的裁剪对影像进行掩膜操作。同时在 ArcGIS 中进行矢量化操作，得到饶河县县域行政区划图。

3. 作物种植结构提取与分类

3.1. 研究区主要农作物分类

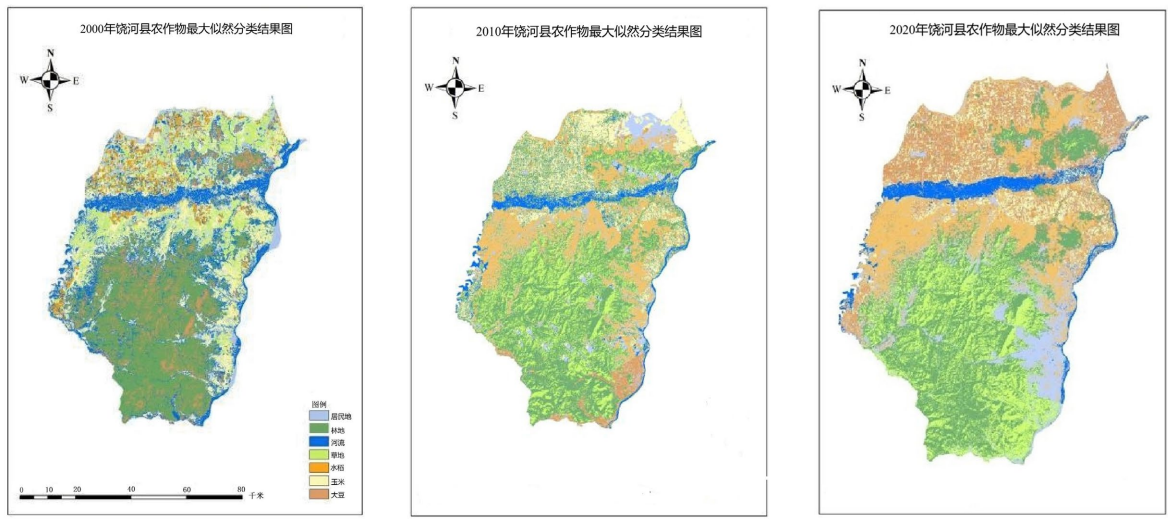


Figure 1. Crop classification results map of Raohe county
图 1. 饶河县农作物分类结果图

本文对于研究区的农作物遥感监测选用监督分类法。监督分类法又称训练场法或先学习后分类法，首先选择具有代表性的典型实验区，利用训练样区中已知地面的各种地物光谱特征，建立统计识别函数理论基础，依据典型样本训练方法进行分类的技术，以对各待分类影像进行图像分类的模式识别方法[15]。监督分类包括有最大似然法，最小距离法等。本文研究选用最大似然比分类方法。最大似然比分类法是通过求出每个像素对于各类别的归属概率，把该像素分到归属概率大的类别中去的方法，最大似然法假

定训练区地物的光谱特征和自然界大部分随机现象一样、近似服从正态分布，利用训练区可求出均值、方差以及协方差等特征参数，从而可求出总体的先验概率密度函数[16]。分类结果如图 1 所示。

3.2. 研究区主要农作物分类精度验证

通过分类精度评价指标和对比分类结果图与实际地貌的差异是判断农作物分类结果的好坏的必要环节。在遥感影像分类中通常使用混淆矩阵进行精度验证。本研究选择构建混淆矩阵统计像元分类结果，并基于混淆矩阵得出总体分类精度、Kappa 系数等评价指标，全面评价分类结果的精度。经过精度评价结果可知：分类的总体精度是 96.4871%，Kappa 系数为 0.952，满足本文要求。

4. 作物种植结构时空变化分析

4.1. 时间分布特征分析

本文通过统计年鉴平台发布的数据获得了 2000 年~2020 年饶河县大豆玉米水稻的种植面积，计算后得到饶河县 2000 年大豆播种面积占全县 50%，玉米占 5%，水稻占 19%，2010 年饶河县大豆播种面积占全县 38%，玉米占 47%，水稻占 11%，2020 年饶河县大豆播种面积占全县 46%，玉米占 31%，水稻占 14%。从数据中分析可以得出研究区大豆的面积在 2000 年至 2010 年持续增长达到顶峰而后在 2010 年至 2020 年这十年间大豆的种植面积缓慢下降，分析其变化原因首先是国家政策，中国是人口大国，解决好粮食问题人民的生活才有保障。东北地区一直都是产粮大省。前几年中美贸易战十分激烈，针对大豆的博弈是其中十分重要的一环。饶河县积极响应国家政策的变化适当减少种植大豆，积极耕种玉米和水稻。玉米的种植面积先增长后下降，水稻的种植面积略有增长，具体分析这两种作物的变化可能有以下原因。首先饶河县地形平坦，紧靠水源这对于水稻的种植是非常有利的一个条件。由于近些年玉米在经济作物不景气大环境的背景下价格有所降低，所以导致产量也随着减少。具体结果如表 1 所示。

Table 1. Basic situation of crop planting area in Raohe county in 2000, 2010 and 2020

表 1. 2000、2010、2020 饶河县农作物种植面积基本情况

| 年份 | 2000 | 2010 | 2020 |
|----|--------|--------|--------|
| 大豆 | 19,161 | 34,679 | 44,589 |
| 玉米 | 2220 | 43,073 | 25,423 |
| 水稻 | 7301 | 10,743 | 13,956 |

4.2. 空间分布特征分析

农作物的种植结构空间分布，符合研究区的地形地貌特点。从图 2 可以看出 2000 年饶河县北部紧靠乌苏里江部分主要为水稻种植区，乌苏里江以南为大豆种植区，玉米与水稻混种；到了 2010 年大豆的种植面积在乌苏里江以北有所减少，玉米的种植面积仅靠水稻在东北方有所扩大；看到 2020 年饶河县农作物种植结构已经分布得很符合科学规律，乌苏里江沿岸附近种植水稻，靠近饶河县中部种植大豆，玉米与水稻混种也在城郊地区种植。由以上分析变化可知大豆的种植越来越靠近城镇，在较为偏远地区种植有所减少，而且大豆的种植在乌苏里江以北有所减少。饶河县水稻面积呈持续增长趋势，这一趋势在 2010 年至 2020 年尤其明显，这主要得益于这一时期河流灌溉技术的发展。土壤也是引起农作物种植结构改变的一个关键变量。饶河的黑土分布十分广泛，是饶河的一大重要特色。黑土土层深厚，富含丰富的有机质，可以给农作物的生长提供充足的养料。适合的土壤与宜人的气候使得饶河县的水稻与玉米在七月和八月茁壮成长。

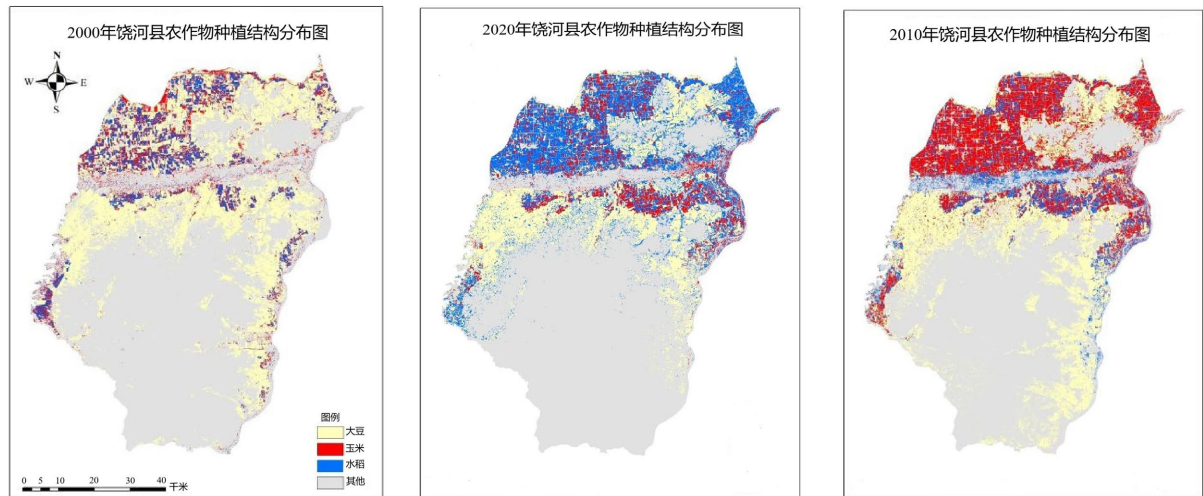


Figure 2. Crop distribution map of Raohe county
图 2. 饶河县农作物分布图

4.3. 种植结构变化驱动因素分析

双鸭山市饶河县的种植结构变化受多种因素的驱动，这些因素可以从自然环境、市场需求等方面进行分析。首先是气候因素，近年来，全球气候变暖对农业生产带来了影响，饶河县作为东北地区的一个县，气候变化(例如温度上升、降水变化)可能对农作物的种植模式产生影响。温暖湿润的环境可能适合一些水稻、玉米等作物的种植，而不适宜传统的寒冷耐性作物。其次是市场需求变化：随着消费者的需求变化，尤其是近年来对绿色、有机、优质农产品的需求增加，农民会根据市场需求调整种植结构。随着农业科技的进步，例如高产、抗病、抗旱作物品种的引入，农民更多选择种植适应性强、产量高的作物，这推动了种植结构的变化。同时，精准农业技术(如智能灌溉、土壤检测、病虫害管理技术)的应用也使得农民可以更高效地管理不同类型的作物，提高了种植多样性和经济效益。机械化农业的推广使得大规模种植变得更加可行，农民可以在更大的土地上种植不同种类的作物，这促进了种植结构的多样化。随着劳动力的城市化，农村人口外流，尤其是青壮年劳动力的减少，导致传统的农业劳动强度较大的作物(如水稻、玉米的人工管理)种植面积有所减少，而更加依赖机械化、自动化生产的作物种植得到增长。随着农村劳动力的流失，很多地区通过农民合作社或者家庭农场形式集约化经营，推动了作物种植结构的改变。合作社通常会根据市场和政策需求，调整种植作物的类型和结构。

综上所述，饶河县的种植结构变化是多种因素交织作用的结果，既有自然环境的制约，也有政策、市场需求、技术进步等因素的推动。通过合理的政策引导和产业支持，饶河县的农业发展有望实现更高效、更可持续的转型。

5. 结论

本文利用遥感技术监督分类中的最大似然法对所获取的 2000 年、2010 年、2020 年饶河县遥感数据进行主要农作物分类。主要研究结论如下：

- (1) 通过在网上收集资料得到了东北地区大豆玉米水稻的播种时间，根据 NDVI 时间序列曲线确定了六月，八月，九月是能够较好区分出农作物的生长情况的，选取这些时段的遥感影像能够实现精准分类。
- (2) 选用最大似然法对 2000 年、2010 年、2020 年饶河县农作物进行分类，利用混淆矩阵进行分类精度验证符合要求。

(3) 从时间上大豆种植面积在 2000 年至 2010 年有所增加, 在 2010 年至 2020 年期间种植面积开始下降, 玉米的种植面积自 2000 年至 2010 年期间先增长而 2010 年后逐渐下降, 这主要受国家政策与国际大背景影响, 水稻种植面积在 2010 年后持续增加, 这主要受气候影响与 2010 年~2020 年河流灌溉技术的发展; 从空间上大豆、玉米、水稻的分布主要受气候和地形影响, 多分布在平坦的平原地区。

参考文献

- [1] 于法稳, 代明慧, 林珊. 基于粮食安全底线思维的耕地保护: 现状、困境及对策[J]. 经济纵横, 2022(12): 9-16.
- [2] 王静怡, 李晓明. 近 20 年中国耕地数量变化趋势及其驱动因子分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(8): 171-176.
- [3] 李懿芸, 毛晓红, 黄祖辉. 国家粮食安全背景下耕地数量、质量、生态“三位一体”保护评价与对策研究[J]. 农村经济, 2023(6): 21-31.
- [4] 马永欢, 许憬秋, 郭瑞雪, 等. 我国的粮食生产态势与耕地保护[J]. 宏观经济管理, 2023(9): 61-70.
- [5] 牛金枫, 马艳杰, 晋鹏飞, 等. 粮食产销平衡区耕地非粮化时空分异及驱动类型[J]. 农业资源与环境学报, 2024, 41(4): 769-779.
- [6] 祝培甜, 马永欢, 陈需弦, 等. 中国耕地重心迁移特征及气候适宜性评价[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2024, 60(3): 397-404.
- [7] 孙立, 朱西存, 王介勇, 等. 中国北方十二省份耕地变化与粮食增产时空耦合关系研究[J]. 地域研究与开发, 2022, 41(5): 139-145.
- [8] 张金懿, 郝晋珉, 帕茹克·吾斯曼江, 等. 中国耕地保护的困境与路径探索[J]. 农业经济, 2023(11): 117-119.
- [9] 王楠. 黑龙江省作物种植结构提取及时空变化研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- [10] 刘珊. 基于农业遥感技术的水稻种植信息方法的研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2019.
- [11] 陈仲新, 任建强, 唐华俊, 等. 农业遥感研究应用进展与展望[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 748-767.
- [12] 吴文斌, 余强毅, 杨鹏, 等. 农业土地资源遥感研究动态评述[J]. 中国农业信息, 2019, 31(3): 1-12.
- [13] 陈雨焯. 东北春玉米遥感干旱指数动态阈值构建及时空特征分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国气象科学研究院, 2023.
- [14] 刘逸竹, 吴文斌, 李召良, 等. 基于时间序列 NDVI 的灌溉耕地空间分布提取[J]. 农业工程学报, 2017, 33(22): 276-284.
- [15] 刘冰. 基于多源遥感数据的作物种植结构提取[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [16] 王泓涓, 房艳刚, 刘建志. 2005-2015 年黑龙江省农作物种植结构时空演变[J]. 地域研究与开发, 2020, 39(1): 168-174.