基于 Sentinel-2 影像的湖北省主要灌溉农作物种植结构提取

周雪飞

长江水利委员会长江科学院，湖北 武汉 430010

摘要：针对目前农业实际灌溉面积底数不清、取用水管理覆盖面不全等问题，基于 2022、2023 年湖北省 Sentinel-2 影像地物光谱特性，构建了农作物种植结构提取模型。结合湖北省 17 个地级市及直管县市分区县的作物物候信息，提取湖北省农作物种植结构。并完成湖北省农作物种植结构精度检验。结果表明，各类农作物分类精度均达 85%以上，可为湖北省农业实际灌溉面积核算提供数据支撑。

关键词：农作物种植结构提取；遥感；非监督分类；Sentinel-2；GEE

DOI：10.63887/fns.2025.1.4.20

引言

我国灌溉取水工程点多、面广、量大，仅依靠计量手段难以全面准确掌握农业取用水情况[1]。根据国土资源“二调”至“三调”成果，近年来，部分地区农田灌溉面积变化较大[2]。充分发挥遥感精细化监测的技术优势，动态掌握农业实际灌溉面积及取用水变化情况，对于提高农业水资源配置与管理决策能力，加强农业取用水管理，保障粮食生产用水十分必要。

农业实际灌溉面积核算的前提是农作物种植结构提取，目前钟雪等针对滇中高原复杂地区开展农作物种植结构提取。陈静[3]基于低分辨率遥感影像广泛、快速提取大区域冬小麦种植面积，而王利民等[4]则更注重提取结果的高精度，利用高分辨率遥感影像 GF-1 针对局部区域提高监测精度。

基于光学影像提取农作物种植结构时，常常因“同谱异物”和“异物同谱”的现象导致无法精确识别农作物，而选择适合农作物物候的多时相影像可以有效提高识别精度[5]。鉴于此，本文基于多时相卫星遥感与地面观测数据协同技术，以 Sentinel-2 卫星遥感影像为数据源，针对湖北省典型农作物种植结构展开识别提取工作，为后续核算湖北省实际灌溉面积提供数据支撑。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

本文以湖北省为研究区，湖北省因农产品种类丰富，在《水稻优势区域布局规划（2008—2015 年）》[6]中位居长江流域优势区核心。

1.2 数据来源

Sentinel-2 MSI 拥有 13 个光谱波段（光谱范围：443-2190 nm），这些特征促进了 Sentinel-2 卫星图像在大范围遥感专题制图中的应用。此外，Sentinel-2 内设的红边波段能够敏感的反映出农作物生长状态，因而被广泛应用于农田测绘、农作物长势和农作物估产中。

根据本研究区内农作物的生长周期，获取完整覆盖本研究区域的春、夏、秋、冬四季共 48 景时间序列遥感图像。利用 GEE 平台对 Sentinel-2 数据进行辐射定标、大气校正、正射校正等预处理，并对处理后的图像进行裁剪以获得湖北省范围内的影像数据。

本文通过野外实地踏勘、人工墒情等多种渠道构建农作物样本库，按湖北省各地市“国土三调”耕地面积进行实测样本数量折算，湖北省各地市实测样本数量如表 1 所示，共选取验证样本点 739 个，并根据人工目视解译完成 2477 个验证样本的扩增，作物验证样本分布如图 1 所示。

表 1 湖北省各地市实测样本数量表

地市	耕地面积/万亩	按比例折算实测点个数	实际调查实测点个数
湖北省	7112.25	508	739
武汉市	351.6	25	47
黄石市	157.8	11	25
十堰市	277.5	20	33
宜昌市	439.65	31	42
襄阳市	1006.5	72	75
鄂州市	66.3	5	27
荆门市	743.25	53	63
孝感市	579.6	41	58
荆州市	1030.8	74	73
黄冈市	724.2	52	80
咸宁市	254.7	18	42
随州市	346.35	25	41
恩施土家族苗族自治州	523.5	37	49
仙桃市	171.9	12	30
潜江市	181.65	13	25
天门市	249.9	18	29
神农架林区	7.05	1	0

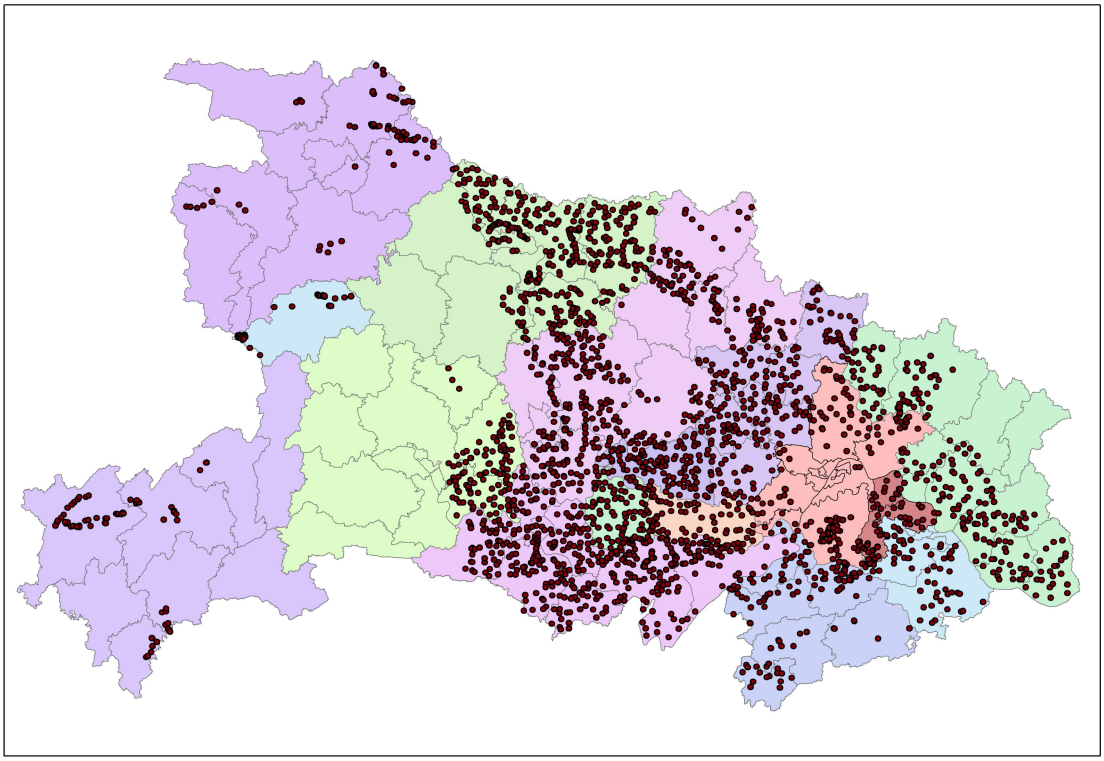


图 1 湖北省野外实测样本点示意图

1.3 方法

本文选择 Sentinel-2 的蓝波段（b2）、绿波段（b3）、红波段（b4）、近红外波段（b8）和短波红外波段（b12）反射率光谱特征进行农作物分类。除哨兵 2 号自身的蓝、绿、红、近红外和短波红外波段外，还新增 NDVI、MNDWI 和 NDBI 等光谱指数，以构建更丰富的光谱特征，光谱指数计算过程如下：

$$NDVI = \frac{b8 - b4}{b8 + b4}$$

$$MNDWI = \frac{b3 - b8}{b3 + b8} \quad (1)$$

$$NDBI = \frac{b12 - b8}{b12 + b8}$$

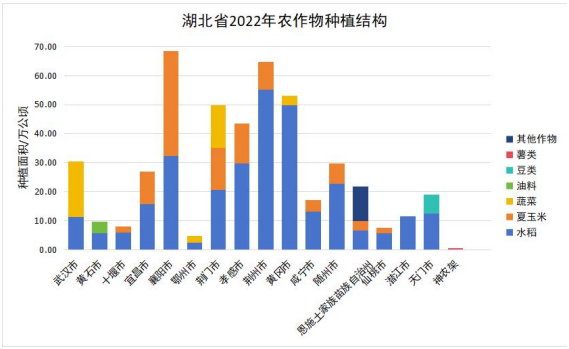
最终，结合 4 个物候季节，每季节 8 个特征波段，排列组成 32 个波段信息。

2 农作物种植结构提取

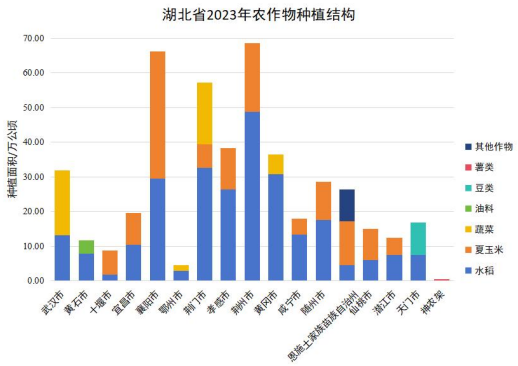
本文首先利用 GEE 平台上开源的 ESRI 10m 土地利用分类数据进行耕地范围提取。然后采用非监督分类算法 wekaKmeans 进行农作物种植结构提取。全省农作物种植结构提取结果如图 2（a）、（b）所示。根据提取结果测算湖北省 17 个地级市及直管县市 2022、2023 年农作物种植面积，如图 2（c）、（d）、表 3 所示。

（a）

（b）



（c）



（d）

图 2 湖北省省农作物种植结构提取结果

表 3 湖北省 2022、2023 年农作物种植面积对比表

地市名称	年份	遥感解译作物面积（万公顷）			地市名称	年份	遥感解译作物面积（万公顷）		
武汉市	2022	总面积	水稻	蔬菜	咸宁市	2022	总面积	水稻	夏玉米
		32.32	11.2	19.14			17.05	13.03	4.02
	2023	总面积	水稻	蔬菜		2023	总面积	水稻	夏玉米

		31.99	13.23	18.75			17.99	13.33	4.66
黄石市	2022	总面积	水稻	油料	随州市	2022	总面积	水稻	夏玉米
		9.63	5.72	3.91			29.81	22.63	7.18
	2023	总面积	水稻	油料		2023	总面积	水稻	夏玉米
		11.77	7.85	3.91			28.67	17.56	11.11
十堰市	2022	总面积	水稻	夏玉米	仙桃市	2022	总面积	水稻	夏玉米
		7.97	5.9	2.08			12.95	5.61	7.34
	2023	总面积	水稻	夏玉米		2023	总面积	水稻	夏玉米
		11.77	1.83	6.94			15.02	6.05	8.97
宜昌市	2022	总面积	水稻	夏玉米	潜江市	2022	总面积	水稻	夏玉米
		26.79	15.62	11.17			13.58	11.55	2.04
	2023	总面积	水稻	夏玉米		2023	总面积	水稻	夏玉米
		26.45	10.35	9.2			12.44	7.41	5.03
襄阳市	2022	总面积	水稻	夏玉米	天门市	2022	总面积	水稻	豆类
		68.46	32.16	36.3			19.01	12.4	6.61
	2023	总面积	水稻	夏玉米		2023	总面积	水稻	豆类
		66.3	29.44	36.86			16.79	7.52	9.27
鄂州市	2022	总面积	水稻	蔬菜	随州市	2022	总面积	水稻	夏玉米
		4.81	2.44	2.38			29.81	22.63	7.18
	2023	总面积	水稻	蔬菜		2023	总面积	水稻	夏玉米
		4.63	2.91	1.72			28.67	17.56	11.11
黄冈市	2022	总面积	水稻	蔬菜	荆门市	2022	总面积	水稻	蔬菜	夏玉米
		52.97	49.79	3.17			49.73	20.54	14.76	14.43
	2023	总面积	水稻	蔬菜		2023	总面积	水稻	蔬菜	夏玉米
		36.5	30.75	5.75			57.18	32.57	17.71	6.89
孝感市	2022	总面积	水稻	夏玉米	恩施土家族苗族自治州	2022	总面积	水稻	其他作物	夏玉米
		43.45	29.76	13.68			21.75	6.55	6.64	11.87
	2023	总面积	水稻	夏玉米		2023	总面积	水稻	其他作物	夏玉米
		38.33	26.48	11.86			26.41	4.63	9.18	12.6
荆州市	2022	总面积	水稻	夏玉米	神农架林区	2022	总面积	薯类	豆类	夏玉米
		64.69	55.04	9.64			0.24	0.11	0.02	0.11
	2023	总面积	水稻	夏玉米		2023	总面积	薯类	豆类	夏玉米
		68.67	48.79	19.87			0.29	0.09	0.12	0.08
咸宁市	2022	总面积	水稻	夏玉米	全省	2022	475.21			
		17.05	13.03	4.02		2023	471.2			
	2023	总面积	水稻	夏玉米		三调耕地面积	474.15			
		17.99	13.33	4.66						

3 精度评价及结果分析

本工作精度验证的评价指标为作物精度，如式（2）所示。

3.1 精度评价

$$P=\frac{P_{UK}+P_{PK}}{2} \quad (2)$$

其中，P 为作物精度，P_{UK} 为用户精度，P_{PK} 为制图精度。

P_{UK} 用户精度如式（3）所示。

$$P_{UK}=\frac{P_{kk}}{P_{k+}} \quad (3)$$

其中，P_{kk} 为正确分到类别 k 像元总数，P_{k+} 为分类器将整个影像的像元分到类别 k 的像元总数。

P_{PK} 为制图精度如式（4）所示。

$$P_{PK}=\frac{P_{kk}}{P_{+k}} \quad (4)$$

其中，P_{kk} 为正确分到类别 k 像元总数，P_{+k} 为类别 k 的参考数据总数。

解译得到的湖北省各类作物精度如表 4 所示。

表 4 湖北省各市各类农作物精度

武汉市	作物类型	水稻	蔬菜	
	作物精度	91.38%	85.54%	
黄石市	作物类型	水稻	油料	
	作物精度	92.89%	86.62%	
十堰市	作物类型	夏玉米	水稻	
	作物精度	88.89%	90.00%	
宜昌市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	88.04%	87.09%	
襄阳市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	85.86%	85.37%	
鄂州市	作物类型	水稻	蔬菜	
	作物精度	90.71%	86.54%	
荆门市	作物类型	水稻 1223	夏玉米 1215	蔬菜
	作物精度	92.62%	87.78%	85.03%
孝感市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	85.77%	88.10%	
荆州市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	94.31%	89.98%	
黄冈市	作物类型	水稻	蔬菜	
	作物精度	95.72%	84.65%	
咸宁市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	93.36%	86.54%	
随州市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	92.56%	84.84%	
恩施土家族苗族自治州	作物类型	夏玉米	水稻	其他作物
	作物精度	90.10%	85.71%	88.54%
仙桃市	作物类型	夏玉米	水稻	
	作物精度	92.64%	90.59%	
潜江市	作物类型	水稻	夏玉米	
	作物精度	91.53%	87.65%	
天门市	作物类型	水稻	大豆	
	作物精度	85.49%	86.15%	

神农架林区	作物类型	玉米	薯类	豆类
	作物精度	87.05%	91.96%	92.86%

本文收集整理湖北省 17 个地级市及直管县市共 739 个野外实测点位的农作物种植情况，并根据人工目视解译完成 2477 个验证样本的扩增，形成湖北省种植结构精度验证样本库，用于农作物种植结构精度检验。各类农作物分类精度均达 85%以上，其中，水稻分类精度 90.41%，蔬菜分类精度 86.06%，油料分类精度 86.62%，夏玉米分类精度 88.00%，大豆分类精度 89.51%，薯类分类精度 91.96%。

3.2 结果分析

湖北省 2022 年主要农作物有夏玉米、蔬菜、豆类、水稻、薯类、油料和其他作物。全省农作物种植结构提取范围合计 475.21 万公顷，占三调耕地面积的 100.22%。从作物分布范围来看，水稻除了在神农架林区没有种植，其余地市均有种植，2022、2023 年水稻种植面积最大的均为位于江汉平原的荆州市。夏玉米主要分布在十堰市、宜昌市、襄阳市、荆门市、孝感市、荆州市、咸宁市、随州市、恩施州、仙桃市和潜江市。总体来说，湖北省东部夏玉米种植范围较少，2022、2023 年夏玉米种植面积最大的均为位于湖北省北部的襄阳市。蔬菜主要分布在东部和中部，如武汉市、鄂州市、荆门市、黄冈市等地，2022、2023 年蔬菜种植面积最大的均为武汉市。油料主要分布在黄石市。豆类主要分布在天门市和神农架林区。薯类主要在神农架林区分布较多。

结语

本文利于遥感与多源数据协同技术，基于收集的 2022 年、2023 年湖北省 Sentinel-2 遥感影像数据，构建农作物种植结构提取模型，并结合湖北省 17 个地级市及直管县市分区县的作物物候信息，对湖北省农作物种植结构进行提取。并通过野外实测点位的农作物种植情况构建湖北省 2022 年、2023 年种植结构精度验证样本库，完成湖北省农作物种植结构精度检验，最终形成湖北省 2022 年、2023 年种植结构数据产品。针对湖北省各地级市及直管县市进行农作物种植结构提取时，秉持“抓大放小”的主要思路，主要提取需要农业灌溉的作物类别，例如水稻、蔬菜等，对不需要灌溉的作物进行适当取舍，如并未提取冬小麦。因此本文提取的湖北省各地级市及直管县市的主要农作物基本为 2—3 类，并非湖北省实际种植的所有农作物类别。

后续将继续加强基于高分辨率遥感影像与高精度农作物种植结构提取算法的进一步研究。为农业实际灌溉面积核算提供数据支撑，推进农业用水统计调查核算与取用水监管能力提升。

参考文献

[1]刘淼,侯爽,康之增,等.河北省农灌机井“以电折水”计量体系建设与应用[J].中国水利,2024,(01):48-51.

[2]钟雪,杨明龙,唐秀娟,等.基于 Sentinel-2A 影像的滇中高原蜻蛉河灌区农作物种植结构提取研究[J].软件导刊,2024,23(12):198-205.

[3]陈静.基于 MODIS 的农作物面积遥感监测及应用[J].湖北农业科学,2015,54(06):1483-1485+1489.

[4]王利民,刘佳,姚保民,等.基于 GF-1 影像 NDVI 年度间相关分析的冬小麦面积变化监测[J].农业工程学报,2018,34(08):184-191.

[5]丁潇.黑龙江省农作物种植结构布局研究[D].东北农业大学,2014.

[6]水稻优势区域布局规划(2008-2015 年)[J].农业工程技术(农产品加工业),2010,(05):6-7.