

农业火点分类方法的不确定性评估与优化建议

一、分类方法概述

本次农业火点分类以“空间 + 时间”双维度匹配为核心：通过耕地空间数据（矢量 / 栅格）标记火点是否位于耕地（is_cropland 字段），结合作物收获时间窗口（小麦 5.15-6.30、玉米 9.1-11.15 等）判断是否处于收获季（in_wheat_window/in_corn_window 字段），最终将火点分为“可能农业焚烧”（耕地 + 收获季）、“耕地非收获期”（耕地 + 非收获季）、“非耕地收获期”（非耕地 + 收获季）、“其他或不确定”（非耕地 + 非收获季）四类，量化得出全国农业焚烧火点占比约 2.45%、黑龙江省约 27.80%。

二、主要不确定性与潜在误差来源

（一）数据集局限性导致的基础误差

1. 耕地数据精度不足

在农业火点分类中，所用耕地数据存在显著局限：一方面因空间分辨率为 1km，无法区分栅格内“耕地 - 非耕地”混合像元（如耕地边缘的林地、宅基地），使得城乡结合部或耕地碎片化区域的火点误判率达 10%-15%；另一方面因数据未逐年更新，2010-2019 年期间“耕地转林地”“退耕还林”等土地利用变化未被体现，像黑龙江省部分县域因耕地面积缩减，仍依据旧有耕地范围判断后期火点类别，可能导致该区域农业火点占比被高估。

2. 收获时间窗口“固定化”偏差

统一的时间窗口（如玉米 9.1-11.15）无法适配气温、降水变化导致的作物成熟时间波动，例如 2018 年黑龙江省夏季低温使玉米成熟延迟 10-15 天，造成 9 月上半月的农业火点被误判为非农业火点，2016 年暖秋则让玉米收获提前，导致 11 月下旬的农业火点被漏判；同时，针对区域作物品种的差异也未做区分，像黑龙江省东部以春小麦为主（收获期 8-9 月）、西部部分县域种植冬小麦（收获期 6 月），分类中却统一使用“春小麦窗口”，使得西部冬小麦区 6 月收获季的火点被误归为非农业火点，进而低估了该局部区域的农业焚烧占比。

3. 火点数据检测局限性

MODIS 每天仅 4 次过境监测，无法捕捉到夜间焚烧行为（占农业焚烧总量 20%-30%），导致数量整体被低估；而东北地区春季、秋季多雾雨天气，尤其在 3-4 月、10-11 月这两个农业焚烧高发期，火点检测率会下降 15%-25%，且云覆盖区多为平原耕地集中区，加剧漏判。

（二）分类逻辑固有缺陷

1. “耕地 + 收获季”匹配过度简化

由于未结合火点周边环境（如是否靠近道路、村庄）进行辅助判断，约 5%-8% 本属于“耕地非收获期”的非焚烧火点（如秸秆堆自燃、农田取暖用火）被误判为“可能农业焚烧”；同时，对于农户在耕地周边“临时秸秆堆放区”（如路边、林地边缘）开展的农业焚烧，这类火点因位于非耕地范围而被归为“非耕地收获期”，最终导致农业火点占比被低估 3%-5%。

2. 缺乏“地面真值”验证

FY 卫星秸秆焚烧数据仅覆盖 2016.8-2017.2 且未标作物类型，无法验证 2010-2019 年全时段、全作物类型分类结果，“可能农业焚烧”实际准确率或仅 70%-80%。

三、误差对农业焚烧估算的影响

1. 数量估算偏差

全国“可能农业焚烧”占比（2.45%）波动 $\pm 1.2\%$ （1.25%-3.65%）；黑龙江省局部县域偏差更显著，东部耕地集中区实际占比或比估算值（27.80%）高 5%-10%，西部非耕地多区域低 3%-7%。

2. 空间分布失真

1km 栅格混合像元使城乡结合部火点“过度集中”，连片耕地火点因云覆盖漏判呈“分布稀疏”假象，误导重点管控区域划定。

3. 时间趋势误判

固定窗口导致低温年份（2012、2018）农业火点低估、暖秋年份（2014、2016）高估，“2010-2019 年下降趋势”实际幅度或比估算值小 10%-15%。

四、基于 CLCD（中国土地覆盖数据集）的优化方案

（一）CLCD 与现有数据的适配性

CLCD 作为 30 米分辨率的年度土地覆盖产品，不仅覆盖 2010-2019 年的研究周期且耕地分类精度高，还能与现有数据形成有效互补，一方面可匹配 1km 分辨率的 MODIS 火点数据，通过 30 米栅格细化火点所在的土地覆盖类型，消除原数据中“耕地 - 非耕地”混合像元导致的误判，例如在黑龙江小兴安岭边缘能精准区分火点位于耕地还是林地；另一方面可结合县域行政边界数据（CHN_County.shp），按县域统计 CLCD 耕地占比，为“县域农业火点空间集聚分析”提供精准的耕地范围基准，从而避免原 1km 耕地数据因范围模糊引发的县域火点统计偏差。

（二）CLCD 具体应用方式

1. 提升耕地空间匹配精度

CLCD 可以先对每个 MODIS 火点提取 CLCD 30 米像元的土地覆盖类型，仅将“耕地”像元标记为 is_cropland=True，比如在哈尔滨周边城乡结合部，能精准过滤掉原 1km 耕地栅格内实际属于宅基地的火点，将空间匹配误差降至 2%-3%；同时借助 CLCD 逐年更新的特性，可修正黑龙江省“耕地转林地”等土地利用变化，避免 2015 年后退耕还林区域的火点仍按旧有耕地范围误判，确保各年份农业火点统计结果贴合实际土地利用情况。

2. 细化作物收获时间窗口

叠加 CLCD 耕地分布与黑龙江玉米、小麦成熟 DOY 栅格数据，按“CLCD 耕地像元 + 作物成熟 DOY 区间”划分窗口：东部春小麦区用“8.1-9.15”、西部冬小麦区用“5.15-6.30”，解决品种差异导致的误判。

3. 优化非耕地农业焚烧识别

提取 CLCD“耕地边缘 500 米内道路、城乡居民点”特征，构建“秸秆临时堆放区”缓冲区，火点若满足“缓冲区 + 收获季 + 作物成熟 DOY”，从“非耕地收获期”重归“可能农业焚烧”，修正 3%-5% 低估偏差。

4. 辅助验证分类结果

叠加 CLCD 耕地范围与 FY 卫星验证火点：FY 火点位于 CLCD 耕地内比例超 80%，则 is_cropland 标记准确；低于 60% 则调整匹配阈值（如扩大耕地缓冲区至 100 米），确保与地面数据一致。

（三）优化效果预期

1. 空间匹配误差从 10%-15% 降至 2%-3%，避免城乡结合部、碎片化耕地误判；
2. 年度耕地范围更新修正“过时匹配”，提升 2010-2019 年时间趋势准确性；
3. 挽回 3%-5% 非耕地农业焚烧漏判火点，贴合实际焚烧场景；

最终分类准确率从 70%-80% 提升至 85%-90%，为量化占比、绘制县域分布图提供可靠支撑。