

人工智能在国土变更调查地类识别中的应用

林航 胡杰

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2051

[摘要] 国土变更调查地类识别中,地物类型的提取是准确把握国土资源动态变更的关键,而人工智能技术的应用日益广泛。通过构建复杂地形模型,从光谱、纹理、形状等多个角度,对耕地、林地、建设用地等地形进行自动、准确的识别。相对于传统的人工探测或者简单的方法,人工智能技术能够大幅提升遥感影像的识别速度,并能够在较短的时间内对海量的影像进行处理,从而大幅缩短遥感影像的普查周期。

[关键词] 人工智能; 国土变更调查地类; 识别; 应用

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Application of Artificial Intelligence in Land Change Survey and Land Classification Recognition

Hang Lin Jie Hu

[Abstract] In the identification of land use types in land use change surveys, the extraction of land cover types is the key to accurately grasping the dynamic changes of land resources, and the application of artificial intelligence technology is becoming increasingly widespread. By constructing complex terrain models, automatic and accurate recognition of terrain such as farmland, forest land, and construction land can be achieved from multiple perspectives including spectrum, texture, and shape. Compared to traditional manual detection or simple methods, artificial intelligence technology can significantly improve the recognition speed of remote sensing images and process massive amounts of images in a shorter period of time, thereby greatly shortening the census cycle of remote sensing images.

[Key words] artificial intelligence; Land change survey land category; distinguish; application

引言

国土变更调查地类识别是掌握我国土地利用现状与变化规律的基础,也是我国经济社会发展规划、实施最严格耕地保护制度和促进节约集约利用的关键。目前,针对地表变化的定位,传统的定位方法多采用手工解译与野外验证相结合的方式,效率低下且主观性不强。近年来,随着人工智能技术的发展,其强大的数据处理与模式识别能力,可实现海量国产遥感影像的快速、精准分类,大幅提升我国遥感影像的质量与效率。

1 人工智能在国土变更调查地类识别中的应用原理

1.1 数据获取与预处理

在国土变更研究中,遥感影像以及与之相对应的地学信息是重要组成部分。由于图像中含有大量的噪声和几何畸变,所以有必要对其进行预处理。数据预处理是人工智能领域的一个重要研究方向,通过一系列的图像处理方法(如辐射修正、几何修正、图像增强等)对原始数据进行清洗与优化,为后续的地物识别提供高质量的数据基础^[1]。辐射修正的目的是去除由于传感器之间的相互作用以及大气环境等因素造成的不均匀性,使得

成像结果能够更好地反映地表的辐射特征;几何修正就是通过修正影像的几何形变来保证影像中物体的位置和真实的空间坐标相吻合。为了突出地物的特点和增强地物的可识别性,可采用直方图匹配等方法来改善地物的对比度。

1.2 特征提取与选择

在对遥感影像进行预处理的基础上,对地物进行有效识别的方法,即基于光谱特征、纹理特征、形状特征以及空间关联特征的提取方法。地物的光谱特性对地物分类具有重要意义,不同波段、不同时间的地物具有不同的光谱反射特性。通过对光谱曲线的分析,能够较好地识别出不同的土壤覆盖类型。构造特征能够反映出表面粗糙度和规律性等信息。其中,耕地与林地的结构差异较大,耕地的结构较为规整,而林地的结构较为复杂。在外形特征识别中,形状特征是一个非常关键的问题。不是所有的特征都对图像的分类起到同等的作用,所以需要图像的特征进行选取。常用的特征选取方法有过滤、封装、嵌入三种方式,剔除了多余的、无关的功能,从而提高了学习的效率与精度。

1.3 分类模型构建与训练

在智能地物分类识别中, 一个重要的环节就是构建适合的分类型模型。当前, 基于深度学习的SVM, 随机森林、人工神经网络、卷积神经网络等方法被广泛应用于地表利用变化分类。支撑向量机是一种能够从多个地物类型中高效分离数据集的方法, 它在处理小样本、非线性分类等问题上表现出较好的效果。随机森林是一种以决策树为基础的集成学习算法, 它通过构造多棵树并对它们进行融合, 从而提高了分类的准确率。人工神经网络是一类模仿人类大脑学习与选择行为的神经元, 通过调节神经元间的连通性来实现对不同地形的识别。针对图像数据, 可利用折叠层、池化层、全连通层等多层次结构, 实现对图像特征的自动抽取, 并将其应用于图像分类^[2]。在模型的训练过程中, 需要使用包含各种地物特性及地物类别名的标注样本。基于神经网络学习方法, 利用神经网络的学习能力, 实现对输入数据的准确分类。

2 人工智能在国土变更调查地类识别中的技术方法

2.1 基于深度学习的地类识别技术

深度学习技术在地表变化研究中具有明显的优势。例如, 卷积神经网络能够从底层边缘、纹理功能、高层语义等多层次的信息中, 自动地学习物体的多层次属性。在现实生活中, 多采用预训练好的深度学习模型, 如VGG、Res Net、Dense Net等, 对地表变化观测数据进行精细调整。通过对大规模图像库(如Image Net)的训练, 对图像功能的泛化表达进行了研究。通过对特定的国土变更测量资料进行微调, 该算法能够较快地适用于地物识别。另外, 对卷积神经网络的结构进行了改进, 如U-Net、Seg Net等。此网路架构特别针对影像分割问题而设计, 能较精确地划分出不同地物的界线。为增强模型的推广能力, 避免过度拟合, 可采用数据放大技术, 通过旋转、缩放、剪切、翻转等手段, 增强训练样本的多样性^[3]。同时, 采用交叉熵损失函数、立方损失函数等度量模型预测值与实际标记值的差别, 并利用最小损失函数对模型参数进行优化。

2.2 多源数据融合的地类识别技术

为提高地物分类识别精度, 将多源信息融合起来是解决这一问题的有效途径。同时, 该系统还具有地形、土壤、土地利用等多方面的综合功能。以DEM为代表的地形数据能够反映地表动态变化, 对山地、平原、丘陵等不同地形类型(包括梯田、坡地)的识别具有重要意义。通过对土壤结构、肥力等特征的分析, 可以对耕地和林地进行分类。现行的土地使用资料是过去调查所得之用地资料, 可以为现今之土地类型辨识提供参考。多源数据融合中存在的主要问题是数据格式的不一致性、空间分辨率的不一致性。目前, 图像融合技术主要有像素级、特征级和决策级。该方法将多个数据源中的各像素值合并起来, 得到新的用于分类的特征矢量; 特征层融合是指通过对多个数据源进行特征提取, 再对其进行融合处理的过程。在进行决策融合时, 将多个数据源分别进行归类, 再依据聚类结果进行综合决策^[4]。深度学习遥感影像分类方法, 能将地物类别划分为地物类别, 并通过轮询、加权平均等方式, 将地物信息与地物信息相融合, 进而对地

物类别进行分级。

2.3 动态监测与变化检测技术

国土变更调查地类识别既要对现有用地类型进行识别, 又要对其进行动态监测。此外, 人工智能技术还可用于动态监测与变化监测。对不同时期的遥感影像进行对比, 可以发现区域内的土地利用状况。对国土变更调查地类识别主要有差值法、比率法和分类对比法。差值法是根据两个图像周期的差值, 根据差值的大小来判断其是否已改变; 比率法就是通过对两幅像元值的比值来排除因光照条件不同而造成的局部误差。在人工智能领域, 利用深度学习的方法可以对变化进行更精确的分析。比如, 卷积神经网络变化检测模型, 其以两级影像为输入, 从影像中直接学习变化区域的特性, 从而更加精确地辨识出地表变化的本质与程度。

3 人工智能在国土变更调查地类识别中面临的挑战与应对策略

3.1 数据质量与标注问题

高质量的资料与准确的文字, 是人工智能模式的基础。在国土变更调查地类识别中, 由于多种因素的干扰, 资料的品质极易受到影响。从影像获取的观点来看, 气象状况可能是影响影像获取的主要因子。当拍摄时遇到雨雾等气象情况时, 由于水汽、颗粒物等的散射, 使影像中的光被吸收, 造成云和雾的遮挡。比如, 在山地, 多云、雾霾等天气, 往往会遮蔽地表的大部分信息, 导致地表被覆信息不能很好地表达出来, 给后续的土地利用监测带来很大困难。同时, 传感器自身的特性也会对采集到的数据有很大的影响。不同型号、不同批号的传感器在光谱响应、空间分辨率及光谱分辨率上均有差别。有些旧传感器, 经过长时间的使用, 可能会出现像素受损、灵敏度下降等问题, 从而影响成像质量。这种情况下, 影像上出现的光斑、黑点或条带等, 给土壤特性的精确提取与识别带来很大困难。对数据进行注解也有很多的挑战。这一过程极为烦琐且费时, 要求专家们依靠自己的经验与专长, 分别对海量的影像数据进行人工注释。对此, 应给予特别的重视。不同的注释家对于土地类型的认识与评判标准也会有细微的差别。在农田与未利用土地中间的过渡区, 有些评论家倾向于把它标明为可耕种的土地, 也有人说它应当被标明为“闲置土地”。这些主观上的差异会造成标注结果不一致、标注数据质量下降, 进而影响人工智能模型的精度与可信度。为了提高成像质量, 人们发展了多种高级图像处理方法。焓升方法是求解云遮挡问题的关键。以暗通道去气算法为例, 通过对海量雾霾图像的统计分析, 发现在雾霾图像中, 至少有一条彩色通道的像素值近于0, 提示暗通道的出现^[5]。利用此特征, 估算出大气光强, 透过率, 即可将云和雾从影像中剔除, 还原出清晰的目标影像。高斯滤波方法, 能构造出一种基于高斯滤波器的滤波算法, 通过对各像素点的权重与交迭, 消除了高斯白噪音, 提高了图像的光滑性。

3.2 模型的可解释性与适应性

近年来, 以深度学习为代表的多种人工智能模型, 由于具有

较强的特征学习与模式识别能力,已在土地变更监测与分类识别等领域取得重要进展。但是,该模式在实践中存在着严重的不足,被普遍称为“黑匣子”模式。在模型框架上,神经网络是一个由多个互相关联的神经元构成的复杂网络,比如多层感知器(MLP)、卷积神经网络(CNN)等。以典型CNN地物分类为实例,采用多层卷积层、池化层和理想粘附层等方法对遥感影像进行分类。在这一过程中,数据要经过多重的非线性转换,其计算路径与决策逻辑极为复杂。比如,当模型探测到某一区域为森林时,难以直接判别其所依据的光谱特征、纹理特征和空间组合,也不能明确其权重分布。该决策过程中的不确定性是制约国土规划、国土资源监测等实际问题的重要因素。国土规划部门在编制长期用地规划时,应明确模式所识别出的各种用地要素的空间分布基础,从而合理地进行城市规划、农业开发、环保等功能区划。在实施过程中,为了保证司法的公正与权威,国土资源管理部门必须依赖模式来为其提供清晰的决策逻辑。

同时,由于区域内土地利用类型及特性具有明显的空间异质性,对该模型的适用性提出了严峻的挑战。遥感影像的地物在光谱、纹理等方面与热带植被稠密、多样性明显不同。在地形与地貌方面,平面地带及用地要素的规律性分布,例如大面积、连续性的文化区、规整的城区,易于辨识与归类;山地地区是一片连绵起伏的山地,地势复杂,如山谷、山脊、陡峭的山坡。地物类型分散,阴凉区较多,给地物分类带来较大困难。在不同的区域,人们的活动强度和自然特征是有差异的。城区用地密度大,建筑物密度大,且功能区域复杂,如商业区、居民区、工业区等,在遥感影像上有其自身的特点;乡村是农业生产的前沿地带,土地使用较为集中,以农田为主,少量的乡村居民点为主体。由于区域间的复杂差异,同样的模式很难适用于不同的区域。在某一区域进行的建模,若直接套用到其它区域,将不能与新区域特有的下垫面特性及土地利用方式相匹配,从而产生多种误差,降低了研究区土地利用变化调查的精度与可靠性。

3.3 计算资源与效率需求

在对国土变更调查地类识别过程中,需要对海量的遥感信息进行处理。这类遥感资料具有海量、高分辨率等特点。高解析度的卫星影像可能有几亿个像素。然而,高精度地物分类往往要求多源、多时相的遥感影像进行集成分析,从而导致数据处理的复杂度和计算复杂度不断提高。受存储空间及CPU运算能力的制约,以PC机或小型服务器为代表的传统计算机硬件资源已不能满足海量数据处理与模型训练的需求。训练过程可能会持续

几天,甚至几个星期,这对研究的重要性造成了很大的影响。云计算是解决计算资源瓶颈的有效途径。云计算通过建立大规模的数据中心,整合海量的计算、存储、网络等资源,为用户提供灵活的、可伸缩的计算能力。在土地变更调查地类识别的应用中,使用者可根据实际的工作需要,租赁云端服务器,并提供CPU核心数、内存容量、内存容量等多种配置,以供灵活选择。比如,针对大规模的建模问题,租用云服务器,配置高性能GPU,充分发挥GPU的超强并行运算能力,加快深度学习的训练速度。与此同时,有些云计算平台还提供了针对深度学习的专用计算,比如亚马逊的Sage Maker,谷歌云计算人工智能平台等等。该平台融合了多种深度学习框架与工具。该方法不需要对底层的硬件进行配置和维护,只需要通过上传数据和建模程序就可以在云计算平台上进行建模。云计算的引入使得地表变化研究摆脱了局部硬件条件的约束,具有快速、快速、高效的特点,极大地减少了模型的训练时间,提升了工作效率。

4 结语

人工智能是一种极具潜力的遥感影像数据处理方法,其在国土变更调查地类识别中应用,能极大地提升遥感解译的效率与精度。同时通过对数据预处理、模型可解释性的提升、计算资源的合理使用等技术手段的持续完善,使其更好地适应我国国情的发展,为我国国土规划与管理提供更加准确、及时的基础数据支撑,进而为我国的科学保护与合理利用提供支撑。

参考文献

- [1]陈嘉昊.人工智能支持下的新增建设用地监测图斑提取研究[J].江西测绘,2022(2):10-12,32.
- [2]冯一军,陈霖,梁雄乾,等.无人机智能遥感信息提取技术研究与应用[J].计算机测量与控制,2023,31(6):231-237.
- [3]何光海.人工智能变化监测技术在国土变更调查中的应用研究[J].资源导刊,2024(20):37-39.
- [4]司马依·麦麦提.基于人工智能的变更调查总体技术研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(z1):81-83,87,91.
- [5]尹莹.基于数据中台的国土信息平台框架体系研究[J].电脑与电信,2021(9):55-58.

作者简介:

林航(1995—),本科,从事国土调查相关工作,毕业于东华理工大学。

胡杰(1990—),本科,从事土地利用调查工作,毕业于浙江农林大学。