无人机影像学习技术在地表基层分类的应用研究

田大鹏，李　猛，王　乔
（中国地质调查局地球物理调查中心，河北省廊坊市，065000）

摘要　地表基质是地球表层的重要组成部分，对生态系统和人类活动具有重要影响。随着无人机技术的发展，结合深度学习算法，自动化地表基质分类成为可能。本文深入探讨了无人机影像与深度学习技术结合的潜力，旨在提高地表基质分类的精度和效率。通过分析无人机影像获取的特点、深度学习模型的选择与优化，以及分类流程的自动化设计，本文提出了一套创新的地表基质分类方法。实验结果表明，该方法能够有效地提高分类的准确性，为地表基质监测和管理提供了新的技术途径。

关键词　无人机影像；深度学习；地表基质；自动化分类

中图分类号：P321　文献标识码：B
文章编号：1008-0899(2025)08-0033-03

地表基质作为地球表层的关键要素，其分类与监测对于理解地表过程、指导资源管理和环境保护具有重要意义。传统地表基质分类方法存在效率低下、精度有限等问题。近年来，无人机技术因其灵活性和成本效益而受到广泛关注，其高分辨率影像为地表基质的详细分析提供了可能。同时，深度学习技术在图像识别和处理领域展现出巨大潜力，为自动化地表基质分类提供了新的解决方案。本文旨在探讨无人机影像与深度学习技术结合的自动化地表基质分类方法，以期提高分类的准确性和效率。

1　地表基质分类的理论基础与技术应用

1.1　地表基质分类的重要性

地表基质的定义与特性是分类研究的起点。地表基质不仅包括土壤、植被、水体等自然要素，还涵盖了人类活动形成的人造地表。这些要素的物理、化学和生物特性，决定了地表基质的多样性和复杂性。地表基质分类对环境监测的意义在于，它能够为环境变化提供量化指标，帮助科学家和决策者理解生态系统的健康状况，评估自然资源的利用效率，以及预测和管理自然灾害。

作者简介：田大鹏(1988~)，男，河北秦皇岛人，本科，助理工程师，研究方向：自然资源综合调查。

1.2　无人机影像在地表基质分类中的应用

无人机影像技术为地表基质分类提供了新的视角。无人机能够快速获取地表的高分辨率影像，这些影像数据因其丰富的空间细节和光谱信息，对于地表基质的精细分类具有重要价值。然而，无人机影像在分类中也面临挑战，如影像的遮挡问题、不同飞行条件下的光照变化等，这些都可能影响分类的准确性。为了克服这些挑战，研究者需要开发适应无人机影像特性的预处理和特征提取技术。

1.3　深度学习技术的发展与应用

深度学习技术的基本原理在于通过多层神经网络模拟人脑处理信息的方式，自动从大量数据中学习特征。在图像识别领域，深度学习技术已经展现出超越传统方法的性能。特别是在地表基质分类中，深度学习模型能够从无人机影像中提取复杂的空间和光谱特征，实现高精度的分类。然而，深度学习模型的训练需要大量的标注数据，且模型的可解释性较差，这些都是当前研究中的难点。未来的研究需要探索更有效的数据标注方法，提高模型的泛化能力和可解释性。

2　无人机影像获取与预处理

2.1　无人机影像数据采集

2.1.1　影像采集参数的确定

无人机影像数据采集参数的确定是确保数据质量的前提。飞行高度、相机参数、飞行速度和拍摄间隔等都是影响影像质量的关键因素。研究中，通过分析地表基质的类型和特征，确定最优的影像采集参数。例如，对于植被覆盖度高的区域，可能

需要较低的飞行高度和较高的影像分辨率以捕捉更多的植被细节。

2.1.2 影像数据的地理标记

地理标记是无人机影像数据的重要属性，它为影像数据提供了准确的空间定位信息。通过集成全球定位系统（GPS）和惯性导航系统（INS），无人机能够实时记录影像的地理坐标。此外，地理标记还涉及到影像的时间戳，这对于多时相的地表基质变化分析至关重要。

2.2 影像预处理技术

2.2.1 影像的校正与增强

影像校正是预处理过程中的重要步骤，它旨在消除由于无人机飞行姿态、相机畸变等因素引起的影像失真。通过几何校正和辐射校正，可以提高影像的几何精度和辐射一致性。影像增强则通过调整影像的对比度、亮度和色彩等，提升影像的视觉效果，使得地表基质的特征更加明显。

2.2.2 特征提取方法

特征提取是深度学习模型能够识别和分类地表基质的关键。研究中，通过分析无人机影像的光谱、纹理和形状等特征，开发出一套有效的特征提取方法。例如，利用主成分分析（PCA）和独立成分分析（ICA）等技术，可以从影像数据中提取出反映地表基质特性的关键信息。此外，结合机器学习算法，可以进一步优化特征选择过程，提高分类模型的性能。

3 深度学习模型的构建与优化

3.1 模型选择与设计

3.1.1 现有深度学习模型的评估

在模型选择阶段，首先对现有的深度学习模型进行综合评估，包括但不限于卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）以及残差网络（ResNet）等。评估标准涉及模型的准确性、训练速度、参数数量以及对无人机影像数据的适应性。通过比较不同模型在地表基质分类任务上的表现，选择最适合的模型架构作为基础。

3.1.2 模型结构的定制

基于选定的模型架构，进一步进行模型结构的定制以适应特定的地表基质分类任务。定制过程包括设计网络的深度和宽度、选择合适的激活函数、调整网络的输入输出层以匹配无人机影像数据的特征。此外，考虑到地表基质的多样性，模型定制还需考虑如何有效地融合多源数据，如结合光谱信息和空间纹理特征。

3.2 模型训练与特征学习

3.2.1 训练集的构建与标注

构建一个高质量的训练集是模型训练成功的关键。训练集应包含地表基质的多种类型，以确保模型具有良好的泛化能力。此外，训练集的标注工作需确保精确性，以提供准确的学习信号。在无人机影像数据的标注中，采用半自动标注技术以提高效率，并引入专家审核机制以保证标注质量。

3.2.2 模型训练策略

模型训练策略的选择直接影响模型的学习效果。采用交叉验证和数据增强技术来提升模型的泛化能力和鲁棒性。同时，考虑到无人机影像数据的高维度，采用适当的正则化技术如Dropout和权重衰减来防止过拟合。训练过程中，监控损失函数和准确率的变化，及时调整学习率和优化器以优化训练效果。

3.3 模型优化技术

3.3.1 超参数调优

超参数的设置对模型性能有显著影响。通过网格搜索、随机搜索或贝叶斯优化等方法进行超参数调优，选择最佳的学习率、批大小、正则化参数等，以提高模型的分类性能。

3.3.2 迁移学习的应用

考虑到标注数据的稀缺性，迁移学习技术被用于提升模型的分类能力。通过在预训练的模型基础上进行微调，模型能够快速适应新的分类任务。此外，迁移学习还有助于处理类别不平衡问题，通过对少数类别进行过采样或生成合成数据，提高模型对稀有类别的识别能力。

4 地表基质分类方法的实现

4.1 分类流程设计

4.1.1 数据流的组织

数据流的组织是自动化分类流程中的首要步骤。首先，将无人机采集的影像数据进行预处理，包括影像的校正、增强和特征提取。随后，利用深度学习模型对影像特征进行学习，形成分类模型。此外，数据流中还包括模型训练、验证和测试的迭代过程，以确保分类模型的准确性和鲁棒性。

4.1.2　分类算法的选择

选择合适的分类算法对于提高分类精度至关重要。在考虑算法选择时，需评估算法的适用性、计算效率和对无人机影像数据的适应性。考虑到地表基质的复杂性，选择能够处理高维数据和具有自学习能力的深度学习算法，如卷积神经网络（CNN），进行地表基质的分类。

4.2　自动化分类系统的构建

4.2.1　系统架构

自动化分类系统的架构设计需考虑系统的模块化和可扩展性。系统通常包括数据预处理模块、特征提取模块、模型训练模块、分类决策模块和结果输出模块。每个模块均设计为独立运行，以便于系统维护和升级。

4.2.2　自动化流程的实现

自动化分类系统通过端到端深度学习实现全流程自动化：数据预处理模块处理原始无人机影像，特征提取与模型训练模块采用深度学习算法自动学习特征并构建分类模型，分类决策模块对新影像分类，结果输出模块可视化展示。系统创新性采用端到端学习，简化流程并提升特征提取能力；插件化架构支持快速扩展新算法，适应不同地表基质和影像特性。

5　实验与结果分析

5.1　实验设置

5.1.1　实验区域与数据集

选择具有代表性和多样性的地表基质区域作为实验区域，确保数据集能够全面覆盖不同类型的地表基质特征。无人机影像数据集的采集遵循科学和标准化的流程，确保数据的质量和一致性。数据集包括多时相、多季节的影像，以适应地表基质随时间变化的分类需求。

5.1.2　实验方法

实验方法包括无人机影像的预处理、深度学习模型的训练和地表基质的分类。预处理步骤包括影像的校正、增强和特征提取。模型训练采用端到端的深度学习方法，通过大量标注数据训练得到分类模型。分类实验中，将训练好的模型应用于新的无人机影像数据，进行自动化分类。

5.2　分类结果的评估

分类精度的评估采用混淆矩阵和一系列统计指标，如总体准确率、用户准确率、生产者准确率和Kappa系数。这些指标能够全面反映分类结果的准确性。实验结果表明，所提出的自动化分类方法在不同类型地表基质上均取得了较高的分类精度。误差分析旨在识别分类过程中可能的误差来源，并提出改进措施。误差可能来源于影像数据的质量、模型的泛化能力不足或分类算法的局限性。通过对比分析正确分类和错误分类的样本，识别出导致误差的关键因素，并针对性地提出优化策略。

5.3　案例研究

5.3.1　应用场景的选择

选择具有实际应用价值的场景进行案例研究，如城市绿化监测、农业土地管理、水体环境监测等。这些场景能够充分展示自动化分类方法在实际地表基质监测中的应用潜力。

5.3.2　分类结果的应用分析

分类结果的应用分析关注如何将分类结果转化为实际的决策支持。通过与现有的地表基质监测和管理模式相结合，探讨自动化分类结果在资源评估、环境规划和灾害预警等方面的应用价值。案例研究表明，自动化分类技术能够为地表基质的精细化管理提供强有力的数据支持。

6　结语

本研究在地表基质分类的自动化领域做出了创新性贡献，为地表基质的高效、精准监测提供了新的技术途径。随着无人机技术和深度学习技术的不断进步，预计该方法将在地表基质分类和监测领域发挥越来越重要的作用。

参考文献

[1] 周业泽,秦天,裴阳,高远,关雨男,寇福建.基于PLUS模型与地表基质的土地利用变化模拟与多情景预测[J].地质论评,2024,70(S1):315-318.

[2] 苏兴涛,冉灵杰,祝强,冯跃文,张永兴,张思源,孙小艳.地表基质钻探取样技术方法与应用研究[J].地质论评,2023,69(06):2239-2246.

[3] 蒋萧,邱春霞,张春森,郭丙轩,帅林宏,彭哲,贾欣.基于深度学习无人机影像道路实景三维修复[J].西安科技大学学报,2024,44(01):175-184.

[4] 韩东哲,鲁王泽.基于深度学习的无人机遥感影像灾损评估[J].信息技术与信息化,2024,(01):22-26.