

图像识别技术对冰雹云雷达回波特征的应用检验^{*}

李俊¹，朱钧¹，杨泽航¹，严月¹，邓吉波^{2*}

(1. 昆明蓝天气象信息有限公司昆明 650034；

2. 云南省大气探测技术保障中心昆明 650034)

Email: 1906210748@qq.com

摘要: 本文基于深度学习方法探索图像识别在冰雹云特征提取识别方面的应用，通过 RNN 模型中的 VGG16 变种对云南省 2021 年 6—9 月 4 个典型冰雹日的雷达回波图像进行识别，建立冰雹云识别模型，冰雹特征样本召回率为 97%。该模型对防雷作业预警，提高防雷作业精准性，减少盲目作业具有重要意义。

关键词: 双偏振雷达资料，回波特征，人工防雷，高原高山

1、研究背景

近年来，随着气候变化的不断加剧和极端天气事件的频繁发生，对大气中的降水特性进行准确监测和预测变得至关重要。其中，冰雹是一种具有破坏性的降水形式，给农业、社会生活和交通运输等方面带来了巨大的经济和社会损失。因此，准确地识别冰雹云的特征，并及时采取措施来减轻其潜在影响变得至关重要。

云南是烟草生产大省，由于春夏两季容易发生强对流，易形成包括雷暴、大风、冰雹等灾害性天气，对烟草生长产生不利影响。雷达探测是监测判别降雹的重要技术手段，雷达回波能反映降水系统中不同颗粒的散射信号，通过分析这些回波信号的特征，我们可以推断出降水粒子的类型、尺寸和分布等信息，通常冰雹云在降雹及前后都具有与其它降水云系明显不同的回波特征值。本文尝试探索基于深度学习 VGG16 模型进行雷达回波冰雹云图像特征的识别方法，通过对冰雹天气过程雷达回波图像进行深度学习，提取冰雹云识别特征，从大范围的降水云系中识别出局部强对流冰雹云，以提高冰雹云临近识别的准确性，实现对降雹及时预警、及时实施防雷作业，避免或减轻冰雹灾害。

2、研究内容

本文选取了 2021 年 6—9 月 4 个典型冰雹日 7 月 17 日、7 月 24 日、7 月 26 日和 9 月 19 日的天气雷达组合反射率回波拼图数据作为构建深度学习模型的数据集。经过数据分析和人工标注后，从数据集中获取了 6 段降雹过程，共有 177 张含冰雹云特征的回波图，每段降雹过程包括了降雹前约 30 张回波图，和 476 张无冰雹云特征回波图，使用深度学习 RNN 中的 VGG16 模型对降雹过程雷达回波图进行训练。

本文的模型开发部分使用 Python 进行开发，模型选择了基于 VGG16 的深度卷积神经网络模型。模型训练过程中先选择导入 VGG16 预训练模型参数并冻结卷积层与池化层参数进行模型训练，即使用预训练的 VGG16 进行特征提取，只对之后的全连接层进行训练以映射模型到该项目的 2 类输出上。之后解冻 VGG16 模型所有参数，对包含卷积层和池化层所有参数在内的模型进行训练。模型训练过程中将依据验证集准确率保存最佳模型参数，最后将对两种模型的效果以选取最近模型。对于气象中降雹过程的雷达回波图像特征识别，归结本源还是图像的分类及定位，因此在本篇文章中使用深度学习方法进行冰雹云特征识别。

3、结论

使用 RNN 模型中的 VGG16 对云南省 2021 年 6 月 -9 月 4 天冰雹过程雷达回波图像进行识别，经深度学习建立识别模型，冰雹特征正样本召回率（识别率）达到 97%，负样本识别率 79.5%，即对冰雹云的漏报率为 3%，空报率 20.5%，正样本的识别率效果好，对提前识别降雹过程有指导意义。

VGG16 建立的冰雹云回波图像识别模型，可提高冰雹云回波识别效率，减少防雹指挥员的主观判别，对提高防雹作业的精准性，减少盲目作业具有现实的业务指导意义。

基金项目：云南省科技厅重点研发计划“复杂地形和特殊气候条件下突发森林火灾的预警与应急系统研发与应用示范”(202403AC100012)；中国气象局烤烟气象服务中心开放研究基金“烤烟种植区冰雹灾害风险评估技术研究”(KYZX2022-07)；云南省气象局课题“基于分钟数据的自动气象站故障诊断系统”(SH201503)；中国气象局大气探测重点实验室课题“C 波段雷达四维变分反演风场研究”；云南省气象局课题“自动气象观测站远程监视与保障技术研究”(云气验字 [2006]5 号)。第一作者：李俊 (1966-)，男，云南昆明人，学士，中级工程师，主要从事综合气象观测和研究。 E-mail:346543518@qq.com;

通讯作者：邓吉波，(1998-)，男，苗族，贵州兴义人，硕士，主要从事
雷达资料应用研究。 E-mail:1906210748@qq.com。

参考文献

- [1] 黄亮,张振东,肖鹏飞,等.基于深度学习的公路能见度分类及应用[J].大气科学学报,2022(002):045. HUANG Liang, ZHANG Zhendong, XIAO Pengfei, SUN Jiaqing, ZHOU Xuecheng, 2022. Classification and application of highway visibility based on deep learning[J]. Trans Atmos Sci,45(2):203-211.
- [2] 张秉祥,李国翠,刘黎平,等.基于模糊逻辑的冰雹天气雷达识别算法.应用气象学报,2014,

- 25(4): 415-426. Zhang Bingxiang, Li Guocui, Liu Liping, et al. Identification method of hail weather based on fuzzy-logical principle. *J Appl Meteor Sci*, 2014, 25(4): 415-426.
- [3] 杨莲, 石宝峰, 董轶哲. 基于 Class Balanced Loss 修正交叉熵非均衡样本信用风险评价模型 [J]. *系统管理学报*, 2022, 31(2):255-269. YANG Lia, SHI Baofeng, DONG Yizhe. A Credit Risk Evaluation Model for Imbalanced Data Classification Based on Class Balanced Loss Modified Cross Entropy Function[J]. *Journal of Systems & Management*, 2022, 31(2):255-269.

中国仪器仪表学报