

雷达目标特性知识引导的智能识别技术进展与思考

魏 挺

中国飞行试验研究院 陕西 西安 710000

摘要: 雷达目标特性知识引导的智能识别技术是近年来研究的热点之一。该技术通过深度学习等方法提取目标的特征,并通过目标模式建模和识别来实现目标的智能识别和分类。对基于深度学习的目标特征提取和识别方法进行了概述,并提出设计和实现智能识别系统的框架。

关键词: 雷达目标;智能识别技术;进展与思考

1 雷达目标特性知识引导的智能识别技术概述

雷达目标特性知识引导的智能识别技术是一种利用雷达目标属性和特征知识来提高目标识别性能的方法。随着雷达技术的不断发展,获取到的雷达数据量庞大,传统的人工分析方法已经难以满足快速准确的目标识别需求。因此,基于雷达目标特性知识的智能识别技术应运而生。雷达目标特性知识引导的智能识别技术主要通过分析和挖掘雷达数据中的目标属性和特征来实现目标识别。这些目标属性和特征包括目标的形状、尺寸、散射特性等。与传统的基于统计模型的方法相比,目标特性知识引导的智能识别技术更加注重对目标属性和特征的理解和提取,以实现更准确、可靠的目标分类^[1]。目前,针对雷达目标特性知识引导的智能识别技术已经取得了一系列的研究进展。基于数据挖掘的特征提取方法通过对大量的雷达数据进行分析 and 处理,提取出与目标特征相关的信息。基于机器学习的目标模式建模方法利用经验数据进行模型训练,实现对目标类别的自动识别。

2 雷达目标特性知识提取与建模方法

2.1 基于数据挖掘的特征提取方法

雷达目标特性知识的提取与建模是实现雷达智能识别的关键步骤之一。基于数据挖掘的特征提取方法在这方面发挥了重要作用。该方法利用雷达数据中的相关信息来提取目标特征,并通过数据挖掘算法对这些特征进行处理和分析。首先,基于数据挖掘的特征提取方法通常需要对输入的雷达数据进行预处理。这包括数据的滤波、去噪、均衡等操作,以确保后续特征提取的准确性和稳定性。基于数据挖掘的特征提取方法采用了一系列的特征提取算法,通过对雷达回波信号进行分析和处理,从中提取出与目标特性相关的特征。这些特征可以包括时域特征、频域特征、时频域特征等。常用的特征包括振铃峰值、散射截面、脉冲重复频率等。为了提高特征的表达能力,研究者们还引入了一些高级特征,如

小波变换、奇异值分解等^[2]。最后,基于数据挖掘的特征提取方法需要利用机器学习算法对提取到的特征进行处理和分析。这些机器学习算法可以是传统的分类算法,如支持向量机、随机森林等,也可以是深度学习算法,如卷积神经网络、循环神经网络等。通过对特征进行学习和训练,可以构建目标模型,实现对目标的自动识别和分类。

2.2 基于机器学习的目标模式建模方法

基于机器学习的目标模式建模方法是一种常用的雷达目标特性知识提取与建模方法。该方法通过对已有雷达数据进行学习和训练,构建目标模式,实现对目标的自动识别和分类。在基于机器学习的目标模式建模方法中,首先需要准备一批经过标记的雷达数据集作为训练样本。这些样本可以包含不同种类的目标,以及它们的雷达回波信号。利用机器学习算法对这些样本进行学习和训练,提取目标的特征,并构建目标模式。常用的机器学习算法包括支持向量机(SVM)、随机森林(RandomForest)、朴素贝叶斯分类器(NaiveBayesClassifier)等。这些算法可以根据训练数据的特征和类别信息,构建出能够区分不同目标的分类模型。同时,对于新的雷达数据,可以利用已训练好的模型进行预测和分类,实现对目标的智能识别。基于机器学习的目标模式建模方法在雷达目标特性知识的提取与建模中具有一定的优势。它可以通过大量的样本数据进行学习和训练,充分利用到雷达回波信号中的信息,实现对目标特性的准确提取和建模^[3]。

2.3 基于深度学习的目标特征提取和识别方法

近年来,基于深度学习的目标特征提取和识别方法在雷达目标特性知识的提取与建模中取得了显著的进展。深度学习算法通过多层神经网络模拟人脑对信息的处理方式,能够从大量的数据中自动学习并提取出具有丰富表达能力的特征。在雷达目标识别中,基于深度学

习的方法可以有效地解决目标特征提取和分类识别的问题。(1) 基于深度学习的目标特征提取方法可以通过卷积神经网络(CNN)来对雷达数据进行特征提取。CNN可以自动学习特征提取器,通过层级化的卷积和池化操作,从输入的雷达数据中提取出多层次、多尺度的特征。这些特征可以包括边缘、纹理、形状等,能够全面、准确地描述目标的特性。(2) 基于深度学习的目标识别方法可以利用深度神经网络进行目标分类和识别。深度神经网络可以将特征映射到目标类别空间,通过训练网络的权重和参数,实现对目标的自动分类。对于雷达目标识别,常用的深度神经网络架构包括全连接神经网络(FCN)、循环神经网络(RNN)和卷积神经网络等。这些网络结构通过将特征映射到最终的输出层,实现对目标的识别和分类^[4]。

3 雷达目标特性知识引导的智能识别系统设计与实现

3.1 系统框架设计

基于雷达目标特性知识的智能识别系统是一个重要的应用领域。为了实现高效准确的目标识别,系统设计至关重要。下面是一个基于雷达目标特性知识引导的智能识别系统的示例系统框架设计:(1) 数据获取和预处理:系统首先需要获取雷达数据,可以是实时的雷达回波信号或已保存的数据。然后进行数据预处理,包括去噪、均衡、滤波等操作,以提高后续特征提取和识别的质量。(2) 特征提取与选择:在此步骤中,系统利用数据挖掘或深度学习算法对预处理后的数据进行特征提取。对于雷达目标特性知识引导的方法,可采用传统方法或深度学习方法提取目标特征,并进行特征选择以降低维度和去除冗余信息。(3) 目标模式建模:这一阶段是将提取到的目标特征进行模式建模,以实现目标的建模和分类。可以使用机器学习算法,如支持向量机、随机森林等,或深度学习模型,如卷积神经网络等,构建目标模型。(4) 目标识别与分类:在此步骤中,利用已构建的目标模型对新样本进行目标识别和分类。将目标特征输入到模型中,通过模型的输出判断目标类型。这一步可以使用传统的分类算法或深度学习算法,根据具体应用场景选择合适的方法。(5) 结果评估和优化:系统对识别结果进行评估,与实际标签进行比较,计算准确率、召回率、精确度等指标,以评估系统的性能。如发现识别错误较多或准确度不满足需求,需要针对性地优化系统模型、特征提取方法或参数设置^[1]。(6) 反馈机制和迭代优化:根据评估结果,系统可以进行反馈机制和迭代优化。通过收集用户反馈、修正错误样本标签、重新训练模型等方式,进一步优化系统的性能和准

确度。

3.2 数据预处理与特征提取模块

3.2.1 数据预处理

在接收雷达数据之前,需要进行数据预处理操作,包括噪声去除、干扰抑制、信号补偿等。这些操作可以有效地提高雷达数据的信噪比和清晰度,从而为目标特性提取提供更好的数据基础。

3.2.2 特征提取

在进行特征提取时,需要考虑到雷达目标特性的多样性和动态性。因此,需要设计一种自适应的特征提取方法,能够根据不同的目标和环境条件自动调整特征提取的策略和参数。在特征提取的过程中,需要将原始的雷达信号转化为目标特性表示,这些特性可以包括目标的位置、速度、姿态、反射面积等。

3.3 知识引导的目标特性提取与优化

在知识引导的目标特性提取与优化中,需要利用先验知识和历史数据进行目标特性的预测和优化。这些先验知识和历史数据可以包括目标类型、运动模式、环境条件等,通过这些知识的引入可以进一步提高目标特性提取的准确性和可靠性。此外,还需要通过数据挖掘和机器学习的技术手段,利用大量的雷达数据进行模型的训练和学习,从而提高智能识别系统的鲁棒性和泛化性能^[2]。

3.4 基于知识引导的智能识别算法设计

在进行基于知识引导的智能识别算法设计时,需要将先验知识和历史数据引入到智能识别算法中,从而提高算法的准确性和可靠性。例如,可以利用神经网络和深度学习的方法进行目标识别,同时将先验知识和历史数据作为输入之一,进行网络的训练和学习。此外,还需要进行多传感器融合和数据融合等技术手段的引入,进一步提高智能识别系统的性能和精度

4 雷达目标特性知识引导的智能识别技术在实际应用中的挑战与思考

4.1 数据稀缺性与标记困难性

雷达目标特性知识引导的智能识别技术在现代雷达监测、目标跟踪、无人驾驶等领域中具有广泛的应用前景。

4.1.1 数据稀缺性

雷达目标特性知识引导的智能识别技术需要大量的数据进行训练和学习。然而,在实际应用中,往往由于数据采集困难、数据存储成本高昂等原因,导致可用的数据量相对较少。这会限制智能识别模型的性能和泛化能力,增加模型过拟合的可能性。为了解决这个问题,可以采用数据增强、迁移学习等技术手段,提高模型的鲁棒性和泛化性能。通过多源数据融合、传感器网络等

技术手段,扩展数据的来源和种类,提高数据的可用性和多样性^[3]。

4.1.2 标记困难性

雷达目标特性知识引导的智能识别技术需要准确的目标标签作为训练和学习的标记。然而,在实际应用中,往往由于目标类型多样、环境条件复杂等原因,导致目标标签的标记工作困难且易出错。这会直接影响模型分类的准确率和召回率,进而影响整个智能识别系统的性能。为了解决这个问题,可以采用半监督学习、无监督学习等技术手段,利用未标记的数据进行训练和学习,提高模型的泛化性能。还可以通过自动化标注、人工审核等方式,提高标记的效率和准确性。

4.2 信号干扰与噪声问题

4.2.1 信号干扰

雷达系统在探测目标时,往往会受到来自周围环境和目标的信号干扰。这些干扰信号可能来自于其他雷达、电磁辐射、无线通信等,也可能来自于目标自身的反射和散射。这些干扰信号会掩盖目标真实的反射信号,导致目标特性提取的不准确,甚至无法识别目标^[4]。为了解决这个问题,可以采用信号滤波和抑制技术,对干扰信号进行抑制和消除,从而提高雷达信号的纯净度和可识别性。此外,还可以通过优化雷达系统和改进目标特性提取算法,提高算法对干扰信号的鲁棒性和适应性。

4.2.2 噪声问题

雷达系统在传输和接收信号时,往往会受到各种噪声的干扰,包括电子器件的热噪声、传输介质的损耗等。这些噪声会影响雷达信号的质量和可识别性,导致目标特性的提取出现误差。为了解决这个问题,可以采用多种噪声抑制技术,包括硬件降噪、信号处理降噪等。还可以通过改进目标特性提取算法和分类算法,提高算法对噪声的鲁棒性和准确性。

4.3 跨领域的融合与应用

由于不同领域目标的特性和环境条件存在差异,因此需要针对不同领域进行定制化的智能识别模型设计和优化。(1)跨领域融合:雷达目标特性知识引导的智能识别技术需要融合不同领域的数据和知识,包括雷达数

据、图像数据、语音数据等。这些数据和知识来自于不同的传感器和源,具有不同的表示方式和特征维度。为了实现跨领域的数据融合和知识共享,需要设计通用的数据接口和特征提取方法,以支持不同类型的数据输入和处理。此外,还需要开展多学科交叉研究,引入多模态学习、多任务学习等先进技术,提高智能识别模型的泛化性能和跨领域适应性。(2)应用领域扩展:雷达目标特性知识引导的智能识别技术的应用领域不断扩展,涉及到军事、安全、交通、航天等多个领域。每个领域都具有特殊的目标特性和环境条件,需要定制化的智能识别模型设计和优化。例如,在军事领域中,需要识别敌方目标和武器装备的类型、型号、数量等信息;在交通安全领域中,需要识别车辆、行人、道路标志等信息;在航天领域中,需要识别卫星、空间站、航天器等信息。为了满足不同领域的需求,需要开展针对性的研究和开发,提高智能识别技术的实用性和可靠性。

结束语

雷达目标特性知识引导的智能识别技术是一种基于数据驱动的智能识别方法,它通过提取雷达目标特性,利用先验知识和历史数据进行目标识别和分类。此外,还需要加强基础研究和应用研究,进一步发展和完善该技术,提高其在实际应用中的性能和可靠性。

参考文献

- [1]周剑雄,鲍庆龙,吴文振,胡卫东.雷达目标多维特性分析与应用[J].电波科学学报,2020,35(04):551-562. DOI:10.13443/j.cjors.2020040901.
- [2]王华柯.新型发射分集MIMO雷达方向图设计及信号处理研究[D].西安电子科技大学,2021. DOI:10.27389/d.cnki.gxadu.2021.000001.
- [3]张超.雷达目标电磁散射特性的仿真研究[J].电子制作,2020(18):28-30. DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tm.2020.18.012
- [4]于涛,张克舟,许佳奇.基于电磁计算理论的雷达成像仿真研究[J].现代雷达,2019,41(02):26-30. DOI:10.16592/j.cnki.1004-7859.2019.02.006.