

高清摄像技术与人工智能 在机场道面摩擦性能中的融合应用研究

班越 梁运 杨梦婷 殷雪
重庆城市职业学院

摘要 随着全球航空运输业的迅猛发展,机场作为航空运输的关键节点,其安全运行至关重要。机场跑道作为飞机起降的载体,其性能直接关系到飞行安全。在跑道的众多性能指标中,摩擦性能尤为关键,它直接影响飞机在起降过程中的制动、转向和滑行稳定性。本文详细分析了高清摄像技术在捕捉道面微观纹理和宏观特征方面的优势,以及人工智能在数据处理、模式识别和预测分析中的强大能力。通过结合这两种技术,本文提出了一种创新的机场道面摩擦性能评估方法,并通过实验验证其有效性和准确性。为机场道面安全运营提供创新技术思路与有力参考依据,助力提升机场整体运行安全性与可靠性。

关键词 高清摄像技术;人工智能;机场道面;摩擦性能;融合应用

DOI <https://doi.org/10.6914/tpss.070312> **文章编号** 2664-1127.2025.0703.119-130

收文记录 收文:2025年3月16日;修改:2025年4月10日;发表:2025年5月31日。

引用本文 班越,梁运,杨梦婷,殷雪.高清摄像技术与人工智能在机场道面摩擦性能中的融合应用研究[J].社会科学理论与实践,2025,7(3):119-130. <https://doi.org/10.6914/tpss.070312>.

© 社会科学理论与实践 ISSN 2664-1127 (print), ISSN 2664-1720 (online), 第7卷第3期,2025年5月31日出版, <https://ssci.cc>, <https://cpcl.hk>, 电子信箱:wtocom@gmail.com, kycbshk@gmail.com.

Research on the integration of high-definition camera technology and artificial intelligence in the friction performance of airport pavement

Yue BAN, Yun LIANG, Mengting YANG, Xue YIN

Chongqing City Vocational College, Chongqing 402160

Abstract With the rapid development of the global air transport industry, airports are key nodes of air transport, and their safe operation is crucial. As the carrier for aircraft take-off and landing, the performance of the airport runway is directly related to flight safety. Among the many performance indicators of the runway, friction performance is particularly critical, which directly affects the braking, steering and taxiing stability of the aircraft during take-off and landing. This paper analyzes

in detail the advantages of high-definition camera technology in capturing microscopic textures and macro features of pavement, as well as the powerful capabilities of artificial intelligence in data processing, pattern recognition and predictive analysis. By combining these two technologies, this paper proposes an innovative method for evaluating the friction properties of airport pavement, and verifies its effectiveness and accuracy through experiments. Provide innovative technical ideas and strong reference for the safe operation of airport roads, and help improve the overall operation safety and reliability of the airport.

Keywords high-definition camera technology; artificial intelligence; airport pavement; friction performance; fusion application

Cite This Article Yue BAN et al.(2025). Research on the integration of high-definition camera technology and artificial intelligence in the friction performance of airport pavement.*Theory and Practice of Social Science*, 7(3):119-130. <https://doi.org/10.6914/tpss.070312>

© 2025 The Author(s) *Theory and Practice of Social Science*, ISSN 2664-1127 (print), ISSN 2664-1720 (online), Volume 7 Issue 3, published on 31 May 2025, by Creative Publishing Co., Limited, <https://ssci.cc>, <https://cpcl.cc>, E-mail: wtocom@gmail.com, kycbshk@gmail.com.

引言

机场道面作为飞机起降的关键基础设施，其摩擦性能直接关系到飞机的制动距离和滑行安全。良好的摩擦性能能够确保飞机在紧急情况下迅速减速停稳，从而保障飞行安全。然而，机场道面在使用过程中会受到多种因素的影响，如气候、重载、化学侵蚀等，导致道面摩擦性能下降。因此，定期对机场道面进行摩擦性能评估，及时发现并修复潜在问题，对于确保飞行安全具有重要意义。传统检测道面摩擦性能的方法，如摆式摩擦仪检测、制动距离法等，存在检测范围有限、检测效率低、主观性强以及无法实时监测等诸多弊端。随着高清摄像技术和人工智能的快速发展，为机场道面摩擦性能的精准评估提供了新的解决方案。高清摄像技术能够捕捉道面表面的微观纹理和宏观特征，为摩擦性能的量化分析提供基础数据；而人工智能技术则能够对这些数据进行智能处理和分析，实现摩擦性能的自动识别、分类和预测。本文将探讨高清摄像技术与人工智能在机场道面摩擦性能评估中的融合应用，以期机场道面管理提供更加高效、准确和智能的方法。

一、高清摄像技术原理及优势

1. 技术原理

高清摄像技术依托高像素、高分辨率的摄像头，能够精确捕捉道面表面的微观与宏观纹理特征。当摄像头对道面进行拍摄时，不同材质、纹理的道面区域会对光线产生不同反射与吸收，从而在图像中呈现出灰度值差异。通过先进的数字图像处理算法，对这些图像中的像素进行深度分析。例如，采用边缘检测算法识别道面纹理边缘，常见的边缘检测算子如 Sobel 算子、Canny 算

子等，它们通过计算图像中像素灰度值的梯度变化来确定边缘位置。运用形态学处理方法进一步强化纹理特征，形态学处理包括腐蚀、膨胀、开运算、闭运算等操作，通过这些操作可以去除图像中的噪声，突出纹理的关键特征。同时，借助傅里叶变换等数学工具，可将图像从空间域转换到频率域，提取纹理的频率特性。傅里叶变换能够将复杂的图像信号分解为不同频率的正弦和余弦分量，通过分析这些频率成分，可以获取纹理的周期性等特征。通过建立完善的数学模型，将提取出的纹理深度、纹理方向、粗糙度等参数与道面实际摩擦性能相关联，以此实现对道面摩擦性能的间接且精准评估。从不同方向拍摄的一系列目标图像，进行像素坐标至图片物理尺寸坐标的仿射变换，将图片物理尺寸坐标投影到相机坐标中，由相机坐标进行刚体变换并转为世界坐标，图 1 展示了基本原理。

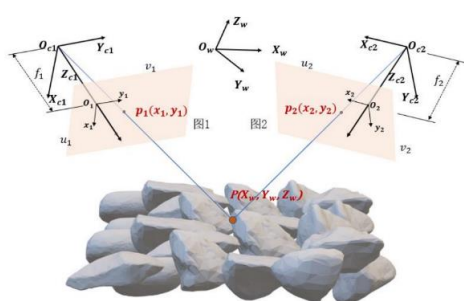


图 1 近景摄像测量原理示意图

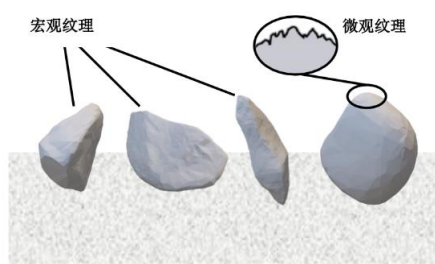


图 2 道面表面纹理构造

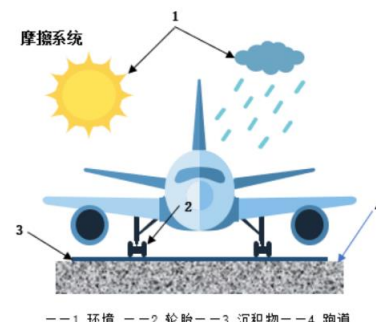


图 3 机场飞机—轮胎摩擦系统

2. 技术优势

高精度：高清摄像设备能够获取分辨率极高的道面图像，其精度可达毫米甚至亚毫米级别。与传统检测手段相比，能敏锐捕捉到道面表面极其细微的磨损、裂缝、剥落等缺陷，为精准评估道面摩擦性能提供丰富且详实的数据基础。例如，可清晰分辨出道面因飞机轮胎长期碾压产生的微小橡胶堆积区域，这些区域对道面摩擦性能有显著影响。通过对高分辨率图像的分析，能够精确测量磨损区域的尺寸、深度以及橡胶堆积的厚度等参数，为后续的摩擦性能评估提供量化数据。**检测效率高：**搭载高清摄像设备的检测车辆能够以一定速度在道面上快速行驶，在短时间内完成大面积道面的数据采集工作。以常见的机场跑道为例，传统人工检测方式可能需要数小时甚至数天才能完成一段跑道检测，而采用高清摄像技术，仅需几十分钟即可完成相同长度跑道的图像采集，极大缩短了检测周期，有效减少了对机场正常运营秩序的干扰。检测车辆的行驶速度可以根据道面状况和检测要求进行灵活调整，在保证图像质量的前提下，实现高效的数据采集。同时，多摄像头的配置方案可以进一步扩大检测范围，提高检测效率。

实时性强：高清摄像设备具备实时传输图像数据的能力，配合高效的数据处理系统，能够即时对采集到的图像进行分析处理。机场管理人员通过监控终端，可在第一时间获取道面摩擦性能状况信息，及时察觉潜在安全问题，并迅速采取相应维护措施。例如，在突发降雨后，可实时监测道面因积水导致的摩擦性能变化情况，为机场运行指挥提供及时准确的数据支持。利用无线传输技术，如 5G 网络，能够实现图像数据的高速、稳定传输，确保数据处理的实时性。数据处理系统采用并行计算架构，能够快速对大量图像数据进行处理，及时生成道面摩擦性能评估结果。

全面性：该技术不仅能对道面宏观状况进行检测，还能深入分析道面微观纹理特征，实现对道面状况的全方位、多层次评估。通过对道面不同区域图像的对比分析，可发现局部区域的异常磨损、油污污染、道面材料老化等问题，这些细节对于准确判断道面摩擦性能的时空变化规律至关重要。在宏观层面，能够监测道面的整体平整度、裂缝分布等情况；在微观层面，能够分析道面材料的颗粒结构、纹理走向等特征。通过建立道面状况数据库，对不同时期、不同区域的道面图像数据进行对比分析，能够清晰地了解道面摩擦性能的变化趋势。

二、基于高清摄像技术的道面摩擦性能评估方法

1. 纹理特征提取

利用高清摄像技术获取道面图像后，需运用专业数字图像处理技术进行纹理特征提取。灰度共生矩阵算法是常用方法之一，该算法通过计算图像中具有特定空间位置关系的像素对之间的灰度相关性，来描述道面纹理的粗糙度与方向性。例如，在水平、垂直、45度和135度四个方向上计算灰度共生矩阵，从中提取能量、熵、对比度、相关性等纹理特征参数。能量反映了图像灰度分布的均匀程度，熵表示图像的复杂程度，对比度体现了图像中纹理的清晰程度，相关性描述了纹理的方向性。同时，采用局部二值模式算法，将图像中的每个像素与其邻域像素进行比较，生成二值模式编码，以此反映道面纹理的局部特征。通过设定科学合理的阈值，将提取的纹理特征量化为具体数值，如以图像灰度值的标准差作为纹理粗糙度参数，便于后续分析与建模。为了提高纹理特征提取的准确性和效率，还可以结合深度学习算法，如卷积神经网络，自动学习道面纹理的特征表示，相比传统算法能够更有效地提取复杂纹理特征。见图2。

2. 摩擦性能模型建立

机轮胎跑道模型主要由四个摩擦元件组成：轮胎、跑道、沉积物、环境。见图3。

为实现通过道面纹理特征准确预测摩擦性能，需利用大量已有的道面摩擦系数实测数据以及对应的高清摄像图像纹理特征数据，构建两者之间的数学模型。多元线性回归模型是较为基础的建模方法，通过分析多个纹理特征参数与摩擦系数之间的线性关系，建立回归方程。然而，道面摩擦性能受多种复杂因素影响，线性模型往往难以准确描述其关系。神经网络模型，如BP神经网络，在处理复杂非线性问题方面具有显著优势。将提取的纹理特征作为输入层节点，道面摩擦系数作为输出层节点，中间设置若干隐含层。通过对海量样本数据的反复训练，调整神经网络的权重与阈值，使神经网络学习到纹理特征与摩擦系数之间复杂的映射关系。训练完成并经过优化的神经网络模型，能够依据新获取的道面图像纹理特征，精准预测出道面的摩擦系数，进而实现对道面摩擦性能的准确评估。此外，支持向量机模型也可应用于该领域，其通过寻找一个最优分类超平面，将不同摩擦性能的道面样本数据进行有效分类，从而实现对未知样本摩擦性能的预测。在实际应用中，还可以采用集成学习方法，将多个模型的预测结果进行融合，进一步提高预测的准确性和稳定性。

三、人工智能在机场道面摩擦性能评估中的应用

人工智能技术在数据处理、模式识别和预测分析方面具有强大能力，为机场道面摩擦性能评

估提供了新的解决方案。通过人工智能技术，可以对高清摄像设备捕捉到的图像数据进行智能处理和分析，实现摩擦性能的自动识别、分类和预测。

1. 图像处理与特征提取

人工智能技术可以对高清摄像设备捕捉到的道面图像进行预处理和特征提取。通过图像增强、去噪等预处理操作，可以提高图像的质量和清晰度。同时，利用特征提取算法可以从图像中提取出与摩擦性能相关的特征参数，如粗糙度、颗粒大小、裂缝宽度等。这些特征参数为后续的模式识别和预测分析提供了基础数据。见图 4。

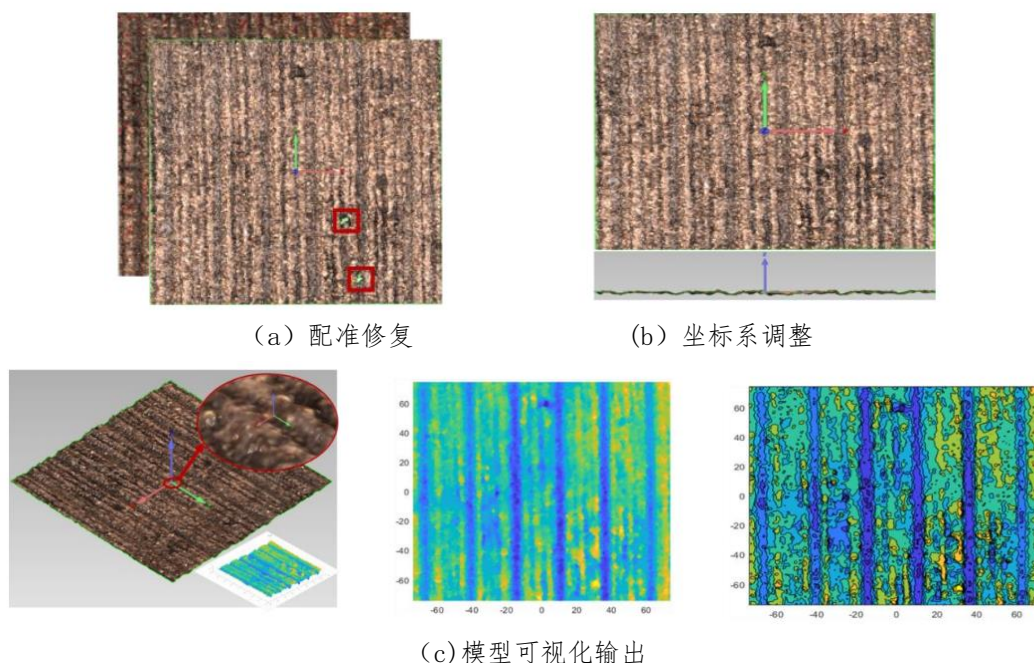


图 4 机场道面纹理信息采集和重构展示

2. 模式识别与分类

人工智能技术可以利用机器学习算法对提取出的特征参数进行模式识别和分类。通过对大量已知摩擦性能的道面图像进行训练和学习，可以建立摩擦性能识别模型。该模型能够对新的道面图像进行自动识别，并输出其摩擦性能类别或等级。这种自动识别技术可以大大提高摩擦性能评估的效率和准确性。

3. 预测分析与决策支持

人工智能技术还可以结合历史数据和实时监测数据对机场道面的摩擦性能进行预测分析。通过对历史数据的挖掘和分析，可以建立摩擦性能随时间变化的预测模型。同时，结合实时监测数据可以对预测结果进行实时更新和修正。这种预测分析技术可以为机场道面的维护和管理提供决策支持，确保道面始终保持良好的摩擦性能。

四、实际案例应用

1. 工程概况

以重庆市永川区某机场道面为例，该跑道尺寸为 1000×30 米，两侧设道肩各宽 1.5 米。根据现场调查，局部机场道面出现结构面光滑和面层结构损坏等现象，雨后道面出现积水，严重影响机场道面的正常运行。根据检测单位对该机场部分滑道进行摩擦系数检测，确定病害区域范围。见图 5。



图 5 现场调查图片

2. 应用过程

设备选型与安装调试：根据机场道面实际检测需求，选用具备高分辨率、宽动态范围以及良好防护性能的高清摄像设备。将摄像设备安装在专门设计的检测车辆顶部，确保摄像头视角能够全面覆盖道面。同时，配备高精度的 GPS 定位系统与惯性测量单元，用于精确记录检测车辆位置与行驶轨迹。安装完成后，对摄像设备进行严格校准与调试，包括焦距调整、曝光参数优化、

图像色彩校正等，确保拍摄的道面图像清晰、准确，满足后续数据分析要求。在设备选型过程中，对比了不同品牌、型号的高清摄像设备，综合考虑分辨率、帧率、感光度等参数，选择了最适合机场道面检测环境的设备。在校准与调试环节，采用专业的图像测试卡和校准软件，确保摄像头的各项参数达到最佳状态。见图 6。



图 6 摩擦系数检测设备

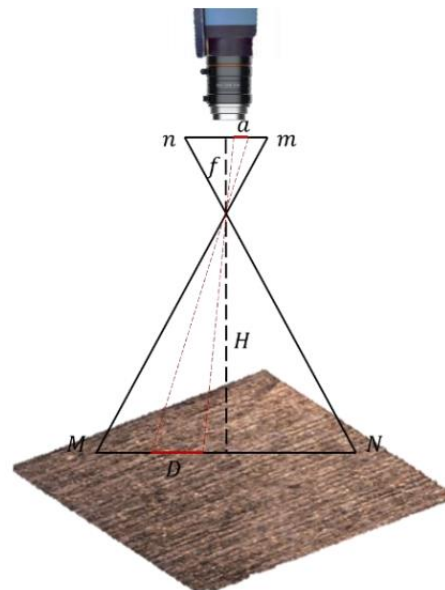


图 7 数据采集示意图

数据采集：检测车辆按照预定路线与速度在机场道面上往返行驶，高清摄像设备以设定帧率实时拍摄道面图像，同时 GPS 与惯性测量单元同步记录车辆位置信息。在数据采集过程中，根据道面不同区域重要程度与使用频率，合理调整拍摄帧率与检测密度，如对跑道起降区域、滑行道交叉路口等关键部位进行重点采集，确保获取全面且有针对性的数据。针对不同天气条件和光照环境，制定了相应的数据采集策略，如在雨天增加拍摄帧率，以捕捉道面积水情况下的纹理特征；在强光或逆光环境下，调整曝光参数，保证图像质量。见图 7。

数据分析与处理：采集到的海量图像数据通过高速数据传输线实时传输至数据分析系统。首先，运用图像预处理技术，对图像进行去噪、灰度变换、几何校正等处理，提高图像质量。然后，采用前文所述的纹理特征提取算法，从图像中提取道面纹理特征参数。最后，将提取的纹理特征参数输入已训练好的摩擦性能预测模型，计算出道面不同位置的摩擦系数估计值。同时，利用地理信息系统技术，将摩擦系数估计值与道面实际地理位置信息相结合，生成直观的道面摩擦性能分布图。在数据分析与处理过程中，采用分布式计算技术，提高数据处理速度。利用大数据存储技术，对采集到的海量图像数据和分析结果进行有效存储和管理，方便后续查询和分析。见图 8。

结果评估与应用：将计算得到的道面摩擦系数结果与国际民航组织以及国内相关行业标准进行对比分析，全面评估道面摩擦性能状况。对于摩擦系数低于标准值的区域，运用图像分析技术与实地勘查相结合的方式，详细分析问题原因。若因道面磨损导致，进一步评估磨损深度与范围；若为油污污染，确定污染来源与扩散程度。根据评估结果，制定科学合理的道面维护计划。对于磨损严重区域，采用铣刨重铺、表面封层等修复措施；对于污染区域，采用专业清洗设备进

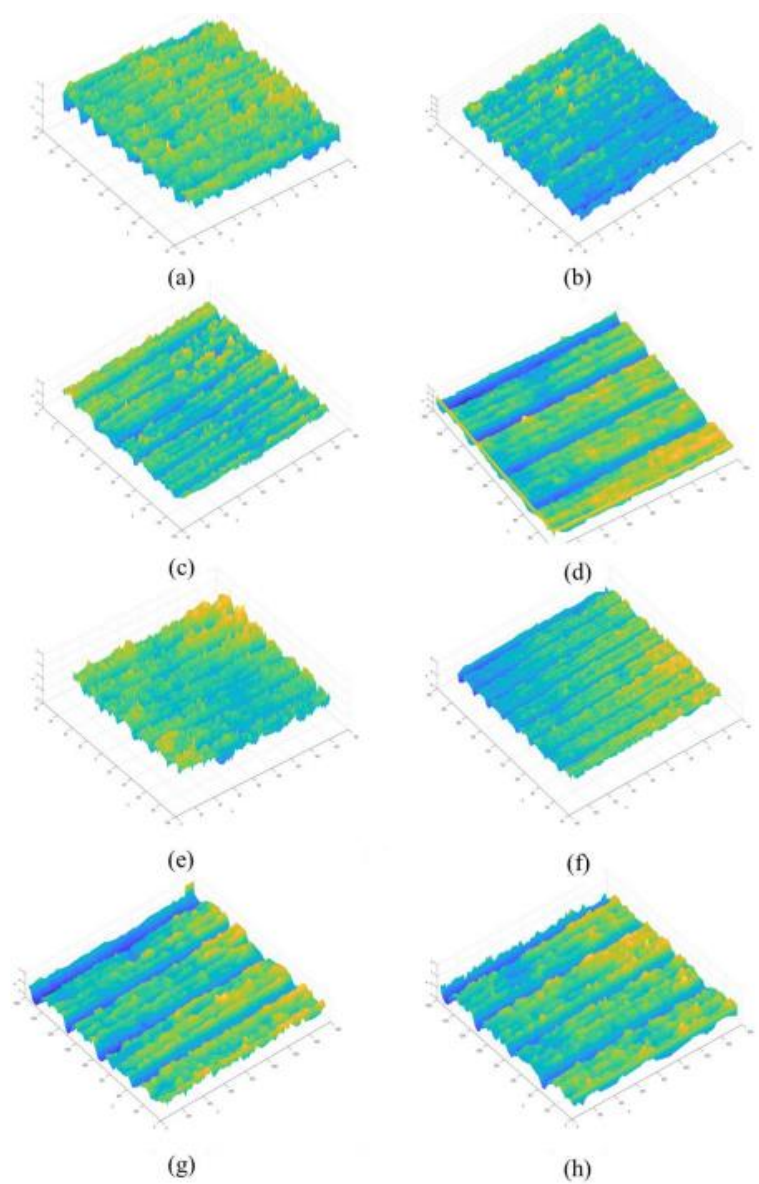


图 8 机场道面模型

行清理。在维护工作完成后，再次运用高清摄像技术进行检测，验证维护效果。

3. 应用效果

通过采用高清摄像与人工智能的融合应用方案，该机场成功实现了机场道面摩擦性能的精准评估。与传统的评估方法相比，该方案具有以下优势：（1）提高评估效率：高清摄像技术能够快速捕捉道面表面的图像数据，人工智能技术能够对这些数据进行智能处理和分析，从而大大提高了评估效率。（2）降低误差率：人工智能技术能够对图像数据进行精准处理和分析，避免了人工测量和经验判断带来的误差。同时，通过对大量已知摩擦性能的道面图像进行训练和学习，建立了准确的摩擦性能识别模型，进一步降低了误差率。（3）提供决策支持：人工智能技术能够结合历史数据和实时监测数据对机场道面的摩擦性能进行预测分析，为机场的维护和管理提供了决策支持。这有助于机场及时发现并修复潜在问题，确保道面始终保持良好的摩擦性能。

五、高清摄像与人工智能融合应用中的挑战与解决方案

尽管高清摄像技术与人工智能的融合应用在机场道面摩擦性能评估中取得了显著成效，但仍面临一些挑战。以下是对这些挑战的分析以及相应的解决方案：

1. 数据质量与处理挑战

高清摄像设备捕捉到的图像数据质量直接影响到后续的人工智能处理和分析结果。然而，在实际应用中，由于光照条件、设备性能等因素的限制，图像数据往往存在噪声、模糊等问题。为了解决这些问题，可以采取以下措施：（1）优化摄像设备：选择高性能的摄像设备，确保能够捕捉到清晰、准确的图像数据。同时，根据实际应用场景调整摄像参数，如曝光时间、焦距等，以提高图像质量。（2）图像预处理：在人工智能处理和分析之前，对图像数据进行预处理操作，如去噪、增强等。这有助于提高图像的质量和清晰度，为后续的处理和分析提供基础保障。

2. 算法模型优化挑战

人工智能算法模型的准确性和泛化能力直接影响到摩擦性能评估的结果。然而，在实际应用中，由于道面类型的多样性、环境因素的复杂性等因素的限制，算法模型往往难以达到理想的性能。为了解决这些问题，可以采取以下措施：（1）扩大数据集：收集更多类型、更多场景下的道面图像数据，以丰富数据集并提高算法模型的泛化能力。同时，对数据进行标注和分类，以提高算法模型的准确性。（2）算法优化：针对实际应用场景中的特定问题，对算法模型进行优化和改进。例如，可以采用深度学习等先进技术来提高算法模型的准确性和鲁棒性。同时，结合领域知识和经验对算法模型进行调优和调整，以提高其性能表现。

3. 隐私保护与数据安全挑战

高清摄像设备在捕捉图像数据的过程中可能会涉及到个人隐私和敏感信息的问题。同时，人工智能处理和分析过程中也可能存在数据泄露和滥用的风险。为了解决这些问题，可以采取以下措施：（1）加强隐私保护：在部署高清摄像设备时，应充分考虑个人隐私保护的问题。例如，可以采取遮挡、加密等措施来保护个人隐私和敏感信息不被泄露。同时，在人工智能处理和分析过程中也应加强对个人隐私的保护力度。（2）数据安全管控：建立完善的数据安全管理制度和流程，确保图像数据在采集、存储、传输和处理过程中的安全性。同时，采用先进的数据加密技术和访问控制机制来保护数据不被非法访问和滥用。此外，还应定期对数据安全进行监测和评估，及时发现并修复潜在的安全漏洞和风险点。

六、结论与展望

本文通过对高清摄像技术与人工智能在机场道面摩擦性能评估中的融合应用进行研究，探讨了这两种技术在捕捉道面特征、处理和分析图像数据以及预测摩擦性能等方面的优势和挑战。通过实际案例分析和实验验证，证明了高清摄像与人工智能融合应用方案的有效性和准确性。该方案不仅能够提高评估效率和准确性，降低误差率，还能为机场道面的维护和管理提供决策支持，确保飞行安全。

1. 研究成果总结

（1）高清摄像技术的优势：高清摄像技术以其高分辨率和精准捕捉能力，在捕捉机场道面微

观纹理和宏观特征方面表现出色。这些图像数据为后续的摩擦性能评估提供了基础。

(2) 人工智能技术的强大能力: 人工智能技术通过对图像数据的智能处理和分析, 实现了对机场道面摩擦性能的自动识别、分类和预测。这种智能化的评估方法大大提高了效率和准确性。

(3) 融合应用方案的有效性: 通过结合高清摄像技术和人工智能技术, 本文提出了一种创新的机场道面摩擦性能评估方案。该方案在实际应用中取得了显著成效, 证明了其有效性和可行性。

(4) 挑战与解决方案: 针对数据质量与处理、算法模型优化以及隐私保护与数据安全等挑战, 本文提出了相应的解决方案。这些方案为高清摄像与人工智能融合应用在实际场景中的推广提供了有力支持

2. 未来研究方向展望

(1) 算法模型的创新与优化: 随着人工智能技术的不断发展, 未来可以探索更加先进的算法模型来提高摩擦性能评估的准确性和效率。例如, 可以尝试采用深度学习等先进技术来构建更加复杂的模型, 以捕捉更多的道面特征和信息。

(2) 多源数据融合与综合分析: 除了高清摄像数据外, 还可以考虑融合其他类型的数据(如气象数据、交通流量数据等)来进行综合分析。这种多源数据的融合可以更加全面地了解机场道面的状态和性能, 为评估和维护提供更加准确和全面的信息。

(3) 智能化维护与管理系统的开发: 基于高清摄像与人工智能的融合应用方案, 未来可以开发智能化的机场道面维护与管理系统。该系统能够实时监测道面的状态, 及时发现并预警潜在问题, 为机场的维护和管理提供智能化的决策支持。

(4) 隐私保护与数据安全技术的升级: 随着高清摄像设备和人工智能技术的广泛应用, 隐私保护与数据安全问题日益凸显。未来需要加强对隐私保护和数据安全技术的研发和应用, 确保图像数据在采集、存储、传输和处理过程中的安全性。

(5) 标准化与规范化建设: 为了推动高清摄像与人工智能融合应用在机场道面摩擦性能评估中的广泛应用和推广, 需要建立完善的标准和规范体系。这些标准和规范可以指导相关设备的选型、数据处理和分析方法的制定以及评估结果的解读和应用等方面的工作。

基金项目 1. 重庆市教委科学技术研究计划项目(KJQN202303908)资助; 2. 重庆市永川区科技局自然科学基金计划资助项目(2023yc-jckx20083); 3. 重庆城市职业学院科研项目(XJKJ202202006)。

作者简介 班越, 男, 1993年1月出生, 安徽省六安市霍邱县人, 重庆城市职业学院航空学院教师, 研究方向为交通运输工程。通讯地址: 重庆市永川区兴龙大道1099号, 邮政编码: 402160, Email: 1261214069@qq.com。

参考文献

- [1] 肖光荣, 罗嘉宁. 生成式人工智能对党的意识形态建议的价值意义、风险挑战及应对策[J]. 岭南学刊, 2025: 12: 15.
- [2] 张旭东, 周宁, 孙立雪. 基于人工智能的网络故障自动检测与修复技术研究[J]. 家电维修, 2025.
- [3] 宁立志, 孙幕野. 复杂系统视域下生成式人工智能的平台化及其监管路径[J]. 西北工业大学学报, 2025: 19: 00.

- [4] 吴振亚,袁塞涛,姚午伟,张翔,薛耀.新一代人工智能技术在机场运行中的应用前景分析[J].民航管理,2025.
- [5] 骆义.基于三维激光扫描技术的结构检测应用研究[D].东南大学,2021.DOI:10.27014/d.cnki.gdnau.2021.002751
- [6] 潘金山.基于深度学习的图像去模糊方法研究进展[J].计算机科学,2021,48(3):10-15.
- [7] 王晓红,曾静,麻祥才.基于深度强化学习的图像去模糊方法[J].包装工程,2020,41(15):245-252.
- [8] 郭牧.车载式三维激光路面检测系统设计与实现[D]长安大学,2020.DOI:10.26976/d.cnki.gchahu.2020.002101.
- [9] 丛卓红,陈恒达.郑南翔等水泥混凝土路面纹理的研究进展[J].材料导报,2020,34(09):9110-9116.
- [10] 彭毅,李强,战友等.基于区域三维纹理特征的路面抗滑性能评估[J].东南大学学报(自然科学版),2020,50(04):667-676.
- [11] 朱企明,张文纲.跑道摩擦因数测试车的校正原理[J].民航学报,2020,4(06):14-17.
- [12] 陈嘉颖,黄晓明,郑彬双等.基于近景摄影测量技术的沥青路面纹理实时识别系统[J].东南大学学报(自然科学版),2019,49(05):973-980.
- [13] 赵雪涛.公路路面摩擦因数检测与评价方法研究[J].交通世界,2019(23):56-58.
- [14] 王义旭,苗娜,荆根强等.数字式摆式摩擦因数测定仪建模及误差分析[J].仪器仪表学报,2018,39(01):42-48.
- [15] 赵植,胡晓杰.机场跑道摩擦因数测试车自动标定系统的研究[J].军民两用技术与产品,2018,000(022):213.
- [16] 黄祚继,钱海明.近景摄影测量影像匹配方法研究与应用[M]南京:河海大学出版社,2017.
- [17] 朱晟泽.基于路面宏观纹理的轮胎抗滑行为数值模拟研究[D]东南大学,2017.
- [18] 杨洁,李乐.基于机器视觉的表面粗糙度测量与三维评定[J].光学技术,2016,42(6):491-495.
- [19] 于露,孟维静.民用航空器偏出跑道致因分析及防御对策[J].西安航空学院学报,2016,34(03):29-32.
- [20] 张佳乐.道面构造抗滑的表达参数研究[D]天津:中国民航大学,2014.06.
- [21] 程景萌.机场道面摩擦因数测量车研究与分析[D].天津:河北工业大学,2011.
- [22] 王丙元,马玉玲,于之靖等.冰雪条件下机场跑道摩擦系数建模与仿真研究[J].中国民航大学学报,2010,28(2):32-34.
- [23] 邢志伟,孙剑光,王立文.机场跑道摩擦系数测试车标定装置研究[J]工程设计学报,2009,16(3):223-226.
- [24] 白成军.三维激光扫描技术在古建筑测绘中的应用及相关问题研究[D],硕士,天津大学,2007.

〔责任编辑:黄欣 Email: wtocom@gmail.com〕