

分类号：
学号：20222108024

密级：公 开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



基于深度学习的膝骨关节炎医学影像辅助诊断 系统设计与实现

| | |
|-------------|--------------------|
| 学 位 申 请 人 | 周叶涛 |
| 指 导 教 师 | 陈 敏 副教授 齐 全 副教授 |
| 申 请 学 位 类 别 | 专业硕士 |
| 专 业 名 称 | 电子信息 |
| 研 究 领 域 | 计算机技术 |
| 所 在 学 院 | 信息科学与技术学院 |

中国·新疆·石河子

2025 年 5 月

分类号：
学号：20222108024

密级：公 开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



基于深度学习的膝骨关节炎医学影像辅助诊断 系统设计与实现

| | |
|-------------|--------------------|
| 学 位 申 请 人 | 周叶涛 |
| 指 导 教 师 | 陈 敏 副教授 齐 全 副教授 |
| 申 请 学 位 类 别 | 专业硕士 |
| 专 业 名 称 | 电子信息 |
| 研 究 领 域 | 计算机技术 |
| 所 在 学 院 | 信息科学与技术学院 |

中国·新疆·石河子

2025 年 5 月

**Design and implementation of medical image aided diagnosis system
for knee osteoarthritis based on deep learning**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

By

Zhou ye-tao

Electronic Information

Dissertation Supervisor: Prof. Chen min and Prof. Qi quan

May, 2025

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：周叶涛

时间：2025 年 5 月 27 日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：周叶涛

时间：2025 年 5 月 27 日

导师签名：陈敏

时间：2025 年 5 月 27 日

摘要

膝骨关节炎（Knee Osteoarthritis, KOA）是一种常见的关节疾病，主要表现为关节软骨的退化、关节间隙的狭窄以及软骨下骨的硬化等病理特征。由于人口老龄化，KOA 的发病率逐年上升，给社会和医疗系统带来了沉重的负担。早期诊断对延缓 KOA 进展至关重要。然而，传统影像学诊断方法在特征表征敏感性与诊断效率方面存在局限性，难以满足临床需求。为解决这一问题，本研究旨在构建一种基于深度学习的新型计算机辅助诊断框架，以提高 KOA 放射学诊断的准确性与鲁棒性。通过引入先进的深度学习技术，自动学习医学影像中的关键特征，为 KOA 早期诊断提供有力支持，具有重要的临床应用价值。本文研究工作主要包括以下三方面：

1. 基于迁移学习的 KOA 辅助诊断模型构建：本研究将 ConvNeXt 模型引入 KOA 辅助诊断领域，建立跨域迁移学习框架。通过利用大规模预训练模型参数初始化策略，ConvNeXt-T 模型在 Knee X-ray Images 数据集上展现出卓越的分类能力，取得最优分类准确率 86.3%。为验证迁移学习策略及模型架构的有效性，本研究设计并实施了两组对比实验。实验结果系统地验证了迁移学习使模型收敛速度提升 2-3 倍，且 ConvNeXt-T 相较于 ResNet、MobileVit 等常用分类模型，分类准确率平均领先 10% 左右，充分证实其架构在医学图像特征提取中的优势。这一成果为后续模型的改进与优化奠定了坚实基础，证明了先进模型架构在 KOA 诊断领域的巨大潜力。

2. 融合注意力和小波变换的 KOA 辅助诊断模型改进：在 ConvNeXt 基础架构之上，本研究进一步引入双路径特征增强模块，以提升模型对病变特征的捕捉与分析能力。一方面，通过门控通道变换，构建了一种通道感知的动态权重分配机制，建立了跨层级特征交互模型。该模型能够有效增强模型对病变区域的空间定位能力，使网络能够更加精准地关注图像中的关键病理区域，减少误诊与漏诊的可能性。另一方面，设计了小波域卷积融合策略，通过小波变换构建多分辨率分析路径。这一策略在抑制高频噪声的同时，显著增强了关节间隙狭窄、软骨下骨硬化等关键病理特征的响应强度，从而提升 KL 分级关键区域特征显著性。实验结果表明，经过上述改进后的 ConvWGCNet 模型在四维评价体系下表现优异：分类准确率达 88.7%，精确率、召回率与 F1 分数分别为 88.9%、88.4% 和 89.1%，较基线模型平均提升 2.4 个百分点。为深入探究各模块的作用，本研究进一步开展了消融实验。实验结果进一步证实，小波变换与通道注意力模块的协同作用显著优于单一特征提取策略，为模型性能的提升提供了有力支撑。

3. KOA 辅助诊断系统的设计与开发：本研究设计了一套基于 B/S 架构的膝骨关节炎智能辅助诊断系统。该系统整合了 Django 框架与 PyTorch 推理引擎，实现了医学影像智能分析的全流程自动化与智能化。系统架构涵盖了影像数据的导入、预处理、模型推理诊断以及结果可视化与报告生成等环节，为临床医生提供了便捷、高效的诊断辅助平台。

关键词：ConvNext；小波变换；注意力；膝骨关节炎辅助诊断系统

Abstract

Knee Osteoarthritis (KOA) is a common joint disease, which is mainly manifested by the degeneration of articular cartilage, the narrowing of joint space and the hardening of subchondral bone. Due to the aging population, the incidence of KOA is increasing year by year, placing a heavy burden on society and the healthcare system. Early and accurate diagnosis is of vital clinical significance to delay disease progression and improve clinical prognosis. However, traditional imaging diagnostic methods have limitations in the sensitivity and efficiency of feature characterization, and it is difficult to meet clinical needs. To solve this problem, this study aims to construct a new computer aided diagnosis framework based on deep learning to improve the accuracy and robustness of KOA radiology diagnosis. Through the introduction of advanced deep learning technology, automatic learning of key features in medical images provides strong support for early diagnosis of KOA, which has important clinical application value. The research work in this thesis mainly includes the following three aspects:

1. Construction of KOA assisted diagnosis model based on transfer learning: This study introduced ConvNeXt model into the field of KOA assisted diagnosis for the first time to establish a cross-domain transfer learning framework. By using the large-scale pre-training model parameter initialization strategy, ConvNeXt-T model showed excellent classification ability on the Knee X-ray Images data set, achieving the optimal classification accuracy of 86.3%. In order to verify the effectiveness of transfer learning strategy and model architecture, two sets of comparative experiments were designed and implemented. The experimental results systematically verified that the convergence speed of the model was improved by 2-3 times by transfer learning, and the classification accuracy of ConvNeXt T was about 10% higher than that of the commonly used classification models such as ResNet and MobileVit, which fully confirmed the advantages of its architecture in the feature extraction of medical images. This result lays a solid foundation for further model improvement and optimization, demonstrating the great potential of advanced model architecture in the field of KOA diagnosis.

2. Improvement of KOA assisted diagnosis model integrating attention and wavelet transform: Based on ConvNeXt infrastructure, this study further introduced a dual-path feature enhancement module to improve the model's ability to capture and analyze lesion features. On the one hand, through gated channel transformation, a dynamic weight allocation mechanism of channel perception is constructed, and a cross-level feature interaction model is established. This model can effectively enhance the spatial localization ability of the model to the lesion area, so that the network can pay more attention to the key pathological areas in the image more accurately, and reduce the possibility of misdiagnosis and missed diagnosis. On the other hand, the convolutional fusion strategy of wavelet domain is designed, and the multi-resolution analysis path is constructed by wavelet transform. This strategy not only suppressed

high-frequency noise, but also significantly enhanced the response intensity of key pathological features such as joint space stenosis and subchondral osteosclerosis, thus improving the feature saliency of key regions of KL grading. The experimental results show that the ConvWGCNet model has excellent performance under the four-dimensional evaluation system: the classification accuracy rate is 88.7%, the accuracy rate, the recall rate and the F1 score are 88.9%, 88.4% and 89.1%, respectively, which are 2.4 percentage points higher than the baseline model. In order to further explore the function of each module, the ablation experiment was further carried out in this study. The experimental results further confirm that the synergistic effect of wavelet transform and channel attention module is significantly better than that of single feature extraction strategy, which provides a strong support for the improvement of model performance.

3. Design and development of KOA auxiliary diagnosis system: This study designed an intelligent auxiliary diagnosis system for knee osteoarthritis based on B/S architecture. The system integrates Django framework and PyTorch inference engine to realize the automation and intellectualization of the whole process of medical image intelligent analysis. The system architecture covers image data import, preprocessing, model inference diagnosis, result visualization and report generation, etc., providing a convenient and efficient diagnostic auxiliary platform for clinicians.

Key words: ConvNeXt; Wavelet Transform; Attention; Knee Osteoarthritis Auxiliary Diagnosis System

目录

| | |
|-------------------------------|----|
| 摘要 | I |
| Abstract | II |
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景及意义 | 1 |
| 1.2 国内外研究现状 | 2 |
| 1.2.1 深度学习在骨关节炎诊断中的研究现状 | 2 |
| 1.2.2 深度学习在其他疾病诊断中的研究现状 | 3 |
| 1.3 研究内容 | 5 |
| 1.4 技术路线 | 6 |
| 1.5 论文组织结构 | 7 |
| 第 2 章 基础理论与相关技术 | 8 |
| 2.1 医学理论介绍 | 8 |
| 2.1.1 膝骨关节炎概述 | 8 |
| 2.1.2 膝骨关节炎分类及分级 | 9 |
| 2.2 卷积神经网络概述 | 10 |
| 2.3 神经网络常用分类模型 | 11 |
| 2.3.1 VGG | 11 |
| 2.3.2 ResNet | 12 |
| 2.3.3 MobileNet | 13 |
| 2.3.4 Transformer 网络 | 13 |
| 2.4 迁移学习概述 | 16 |
| 2.5 本章小结 | 17 |
| 第 3 章 膝骨关节炎数据集分析及模型训练 | 18 |
| 3.1 膝关节数据集 | 18 |
| 3.1.1 数据集介绍 | 18 |
| 3.1.2 数据集增强 | 19 |
| 3.2 问题定义 | 21 |
| 3.3 模型概述 | 21 |
| 3.3.1 模型构建 | 21 |
| 3.3.2 模型优化改进 | 26 |
| 3.4 实验 | 27 |
| 3.4.1 实验设置 | 27 |
| 3.4.2 实验结果分析 | 29 |

| | |
|--|----|
| 3.5 本章小结 | 32 |
| 第 4 章 基于注意力和小波变换的 KOA 医学影像辅助诊断研究 | 33 |
| 4.1 融合注意力机制的 ConvNeXt 网络 | 33 |
| 4.1.1 损失函数 | 35 |
| 4.1.2 学习策略 | 36 |
| 4.2 小波变换 | 37 |
| 4.2.1 一维小波变换 | 38 |
| 4.2.2 二维小波变换 | 39 |
| 4.3 融入小波变换的卷积 | 39 |
| 4.4 实验结果分析 | 42 |
| 4.4.1 消融实验 | 42 |
| 4.4.2 对比实验 | 43 |
| 4.5 本章小结 | 45 |
| 第 5 章 KOA 医学影像辅助诊断系统设计与实现 | 46 |
| 5.1 需求分析 | 46 |
| 5.2 系统概要设计 | 47 |
| 5.2.1 系统总体框架设计 | 47 |
| 5.2.2 系统功能描述 | 48 |
| 5.3 系统详细设计 | 48 |
| 5.2.2 系统 E-R 图设计 | 49 |
| 5.2.3 数据库设计 | 50 |
| 5.3 系统实现 | 52 |
| 5.3.1 系统开发环境 | 52 |
| 5.3.2 系统功能展示 | 52 |
| 5.4 系统测试 | 56 |
| 5.5 本章小结 | 57 |
| 第 6 章 结论与展望 | 58 |
| 6.1 结论 | 58 |
| 6.2 展望 | 58 |
| 参考文献 | 60 |
| 致谢 | 65 |
| 作者简介 | 66 |

第1章 绪论

1.1 研究背景及意义

随着计算机技术的飞速发展,智能信息和数据处理技术越来越多地被用于解决人类社会的跨学科问题。人工智能等新技术的快速发展,也迫使人类社会向各个领域不断深入。随着人们对自身健康的日益关注,利用图像信息准确检测病变,在疾病发展的早期阶段准确评估病情,对于医生制定适当的诊断和治疗方案至关重要。膝关节是人体最重要的关节之一,与日常生活息息相关。膝骨关节炎是本研究的主题,是一种使人衰弱的关节疾病,多见于老年人、肥胖人群以及久坐人群,其早期诊断对于临床治疗和病理学检查至关重要^[1]。

随着数字化程度的不断提高和医疗信息系统的不断完善,医学影像可以更快、更清晰地显示病变信息,并迅速产生大量的医学影像数据。作为世界上人口最多的国家,中国医疗系统产生的医学影像数据量特别大,这无疑会给医务人员带来巨大工作量。深度学习通过模仿人脑的神经结构建立完整的模型,逐层叠加,从表层到深层不断提取和重组特征信息,将低层次特征的抽象表达转化为高层次特征,准确分析医学影像数据中的病理信息,为医生提供科学的分析和工具,减少工作量,提高诊断准确性。智能辅助诊疗体系的核心支撑技术之一是医学影像特征分析算法,其核心目标在于构建高效的深度学习架构以捕获输入影像的深层语义特征。通过多层级的特征转换与抽象化处理,最终生成具有显著区分度的图像表征向量,为病理特征的自动化辨识与临床决策提供数据基础。这类算法的优化程度将直接决定下游智能诊疗模块的效能表现,构成整个智能医疗系统的技术基石。

在骨关节疾病诊疗领域,X射线影像技术作为传统应用手段已有长期实践积累。传统诊断流程依赖医师对银盐胶片进行人工标注,通过定位解剖标志点并测算几何参数来实现病理评估。受限于胶片介质的成像分辨率缺陷与动态范围不足,病灶区域的微结构特征常呈现模糊状态,导致诊疗过程普遍存在资源消耗高、判读误差大及时效性不足等瓶颈问题。伴随医学影像数字化与信息处理技术的革新,X射线成像逐步实现数字化存储与传输,这不仅显著降低了医疗机构的运营成本,更通过灰阶增强与细节重构技术有效提升了影像质量。新一代医学影像分析平台(如RadiAnt、DICOM Viewer等)整合了高精度几何参数量化、多模态图像融合及三维重建等先进功能,极大提升了临床诊疗的客观性与可重复性。然而现行系统仍存在人机交互依赖度过高的问题,临床医师需频繁进行界面操作与参数调整。更为关键的是,诊断结论的生成仍高度依赖医师的个体经验积累,这种主观判断模式导致不同观察者间存在显著评估差异,形成临床实践中的决

策不确定性挑战。

综上所述，传统的膝关节骨性关节炎诊断方法存在持续时间长、主观性强、准确性低、智能化程度低等问题。本研究应用数字图像处理 and 深度学习技术，对膝关节骨性关节炎的医学影像进行高效、准确、智能的自动诊断。这项研究不仅能提高诊断效率，还能提高诊断的客观性和准确性，为患者提供更准确的治疗方案。同时，自动诊断系统还可以不断训练和优化，为骨关节炎的临床试验和治疗提供支持，推动医学数字技术的发展。通过这项研究，希望能够简化医务人员的工作，减轻临床医生的工作量，并为患者提供更加方便快捷的诊断服务，从而实现医学的多重效益。此外，辅助诊断系统可以整合图像数据，提供更全面的诊断信息，提高诊断的科学性和可靠性，为膝关节骨性关节炎的早期干预和个性化治疗创造有利环境。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 深度学习在骨关节炎诊断中的研究现状

膝关节骨性关节炎的临床诊断方法学演进可划分为人工判读、半自动化分析及全自动化检测三个技术阶段。当前国内诊疗实践仍以传统人工评估为主导，即便引入计算机辅助技术亦未能突破智能化诊疗的阈值限制。现有医疗辅助系统普遍存在功能局限性，多数仅能提供诊断参考而无法实现独立诊断决策^[2]。值得关注的是，全球范围内已涌现出基于机器学习与深度学习的智能诊疗创新范式^[3]，其中特征工程构建（机器学习^[4]）、知识迁移机制（迁移学习^[5]）以及交互式学习框架（主动学习^[6]）等技术已被成功应用于疾病严重程度分级评估。人机协同诊疗模式的发展有效弥合了算法模型与临床实践间的鸿沟，显著提升了诊疗服务的时效性与精准度^[7]。通过对比分析核磁共振成像（Magnetic Resonance Imaging, MRI）、计算机断层扫描（Computed Tomography, CT）及 X 射线等模态的算法诊断效能，研究发现深度学习在病理特征辨识方面展现出最优异的性能表现^[8]。

尽管我国医疗诊断技术持续迭代升级，但在膝关节骨性关节炎的智能化诊断领域仍存在显著研究缺口。当前国内前沿技术探索主要集中于多模态影像融合方向，包括但不限于：肌骨超声动态成像^[9]、双能 CT 物质分离成像^[10]、磁共振多序列分析^{[11][12]}等创新性研究路径。在 X 射线影像自动化诊断领域，郭铮团队^[13]采用梯度优化算子与主动轮廓模型实现了膝关节解剖结构分割，但其研究缺乏定量诊断效能的验证环节。此外，何方向等学者^[14]通过深度卷积网络实现了骨肿瘤的辅助检测，而任会峰研究组^[15]则创新性地开发了具有旋转不变性的非线性编码算法用于关节特征提取。值得注意的是，曹传贵等

人^[16]首次将 VGG 网络架构应用于 SPECT 骨显像的关节炎分类，吴穗岚团队^[17]则通过红外热成像与卷积神经网络的结合开辟了新的研究维度。

相较于国际研究进展，国内学界在基于 OAI 数据库的膝关节研究仍显薄弱。国际前沿研究中，Antony 等人^[18]提出改进型卷积神经网络架构，通过距离特征映射实现了 59.6% 的分类准确率，并验证了连续评估体系较传统分类方法的优越性。其后续研究^[19]引入全卷积网络与权重优化策略，将量化精度提升至 60.5%。Tiulpin 研究组^[20]开发的透明化计算框架取得 0.83 的二次 Kappa 系数与 66.71% 的多类准确率，其多模态融合模型^[21]更是整合了影像学、临床指征及病史数据，达到 0.79 的 AUC 值。Wijaya 团队^[22]创新性地结合 LSTM 时序分析与 CNN 特征提取，构建的评估系统实现 75.28% 的准确率与 0.09 的低损失值。Górriz 等人^[23]设计的注意力机制增强型网络，通过无监督 ROI 检测模块使分类准确率提升至 64.3%，Kappa 一致性达 0.63。这些技术突破为膝关节骨性关节炎的智能化诊断提供了重要的方法论参考。

1.2.2 深度学习在其他疾病诊断中的研究现状

医学影像智能解析作为现代医学诊断的重要支柱，其技术发展经历了从传统机器学习到深度学习的范式转变。传统医学影像分类方法并非依赖单一算法，而是构建了一个包含多个算法模块的复杂系统，主要包含五个关键技术环节：影像预处理、质量增强、特征提取、维度压缩及模式识别^[24]。由于不同医学影像设备（如 CT、MRI、PET 等）生成的数据格式存在显著差异（包括 DICOM、NIFTI、NRRD 等标准），必须通过灰度归一化、解剖结构分割、几何校正及梯度运算等预处理步骤，将异构数据转化为标准化特征表示。在特征提取阶段，需要从像素级统计特征、形态学特征、纹理特征及相关性特征等多个维度进行特征挖掘，随后采用线性判别分析、主成分分析及遗传算法等降维技术消除特征冗余，最终通过支持向量机、决策树、聚类算法等经典机器学习模型实现病理表征分类。这种传统方法虽然在某些特定场景下展现出良好的可解释性和诊断能力，但其特征提取过程高度依赖领域专家经验，存在人工干预多、参数调整复杂、跨中心泛化能力弱等固有缺陷。

深度学习技术的出现彻底革新了医学影像分析的范式，通过端到端的特征学习机制，将图像语义特征提取和分类过程整合到统一模型中。主流深度学习架构包括多层感知器（Multilayer Perceptron, MLP）^[24]、卷积神经网络（Convolutional Neural Networks, CNN）^[26]、循环神经网络（Recurrent Neural Network, RNN）^[27]、深度信念网络（Deep Belief Network, DBN）^[28]、生成对抗网络（Generative Adversarial Networks, GAN）^[29]以及 Transformer^[30]等。其中，CNN 凭借其局部感知特性在医学影像领域展现出显著优势。研究表明，通过调整卷积核尺寸（如采用 2×2 微型卷积核）可以增强模型对微观纹理

特征的捕获能力，而增加非线性激活层的深度则能提升高阶特征的抽象水平^[31]。迁移学习策略通过“预训练-微调”的范式有效缓解了医学影像数据稀缺的问题，例如 DenseNet201 模型经过 ImageNet→ChestX-ray14→COVID-19 的多阶段迁移学习后，在新冠肺炎分类任务中取得了 98.9% 的优异准确率^[32]。此外，特征提取与分类器的协同优化策略也取得了重要突破，如 CNN-SVM 混合模型在 COVID-19 胸片分类任务中展现出卓越性能^[33]。

针对医学影像标注数据匮乏这一核心挑战，自监督学习范式开辟了新的技术路径。无监督学习方法（如 SCAN^[34]和 IMSAT^[35]）完全摆脱了对标注数据的依赖，而半监督学习方法（包括 MixMatch^[36]、UDA^[37]、FixMatch^[38]等）则通过少量标注数据引导模型学习。具体而言，黄鸿等人^[39]提出的改进型肺结节分类算法，通过将部分标注数据与三维肺部 CT 数据相结合，先利用大量未标注数据进行自监督预训练，再用少量标注数据进行监督微调，有效解决了跨域迁移中的分布不匹配问题。Zhuang 等人^[40]受魔方重建任务的启发，开发了一种三维医学影像自学习模型，在脑部病变分类和肿瘤分割任务中表现优异。Li 等人^[41]基于对比学习思想，设计了考虑患者多模态特征的损失函数，使模型能够学习医学影像的多模态不变性和患者相似性特征。Chen 等人^[42]提出的上下文恢复方法，通过随机置换图像块并训练模型恢复原始结构，有效提升了特征学习能力。Hu 等人^[43]开发的上下文编码框架，创新性地利用 DICOM 元数据作为弱监督信号，学习超声图像的鲁棒表示。Vu 等人^[44]提出的 MedAug 方法，基于 MoCo 框架，通过同一患者的多视角 CT 图像构建正样本对，显著提升了模型性能。多实例对比学习（MICLe）则通过跨模态特征对齐，在皮肤病和胸部 X 光图像分类任务中取得了极高的准确率。

尽管深度学习在医学影像分析领域取得了显著进展，但仍面临诸多挑战：跨设备影像质量差异导致的域偏移问题、小样本病症建模能力不足、多模态数据融合效率低下等。未来研究方向应聚焦于动态元学习框架的构建、解剖先验知识的嵌入机制以及可解释性特征可视化技术的发展，从而推动智能影像诊断系统向临床实用化阶段迈进。特别是在膝关节骨性关节炎的诊断领域，需要进一步探索多模态数据融合、三维重建技术以及基于深度学习的定量评估方法，以实现更精准、更高效的智能诊断。

在对膝关节骨性关节炎诊断技术发展的研究文献进行深入研读和综合分析后，发现虽然这些文献在一定程度上推动了该领域的研究进展，但仍存在一些问题。

(1) 算法准确率低：部分文献在探讨传统诊断方法的局限性时，对于新兴的深度学习技术在膝关节骨性关节炎诊断中的应用，虽然提到了其优势，但在模型优化、算法改进等关键环节缺乏深入探讨，未能充分挖掘如何进一步提升诊断准确率和效率的潜在方法。

(2) 模型优化不够：膝关节骨性关节炎诊断涉及医学、影像学、计算机科学、生物信息学等多学科领域，各学科研究人员之间的合作不够紧密，导致研究成果在综合性和创新

性上有所不足。未能充分利用医学专业知识指导模型设计与优化，对深度学习技术的前沿进展和应用潜力挖掘不够充分，使用的模型过于老旧，限制了诊断技术的创新发展。

因此，本文将针对这两方面问题对 KOA 辅助诊断系统展开研究，并提出改进方法。

1.3 研究内容

考虑到基于传统视觉特征的图像分类方法不足以从复杂数据集中提取特征，且易受环境影响，本文采用基于深度学习的方法研究 KOA 诊断。ConvNeXt 网络结合了变换网络 and 传统卷积网络的优点，为学习过程提供了一种功能强大、准确、可解释且简单的网络结构，在各种计算机视觉任务中取得了优异的成绩。因此，本研究旨在将 ConvNeXt 网络应用于图像分类研究，通过分析医学图像数据，开发一种高精度的数据挖掘方法，并建立相应的系统。膝关节炎作为关节退行性病变的典型病理表征，其早期精准诊断对于延缓疾病进展、改善临床预后、提升患者生活质量具有极为重要的临床价值。传统影像学诊断方法在特征表征敏感性与诊断效率方面存在显著局限，难以满足临床对 KOA 早期诊断与精准干预的需求。本研究基于深度学习技术，构建了一种新型计算机辅助诊断框架，提出融合多尺度频域特征与全局上下文建模的卷积神经网络架构 ConvWGCNet，致力于提升 KOA 放射学诊断的准确性、鲁棒性与智能化水平。本研究工作主要涵盖以下三个方面：

(1) 基于迁移学习的 KOA 诊断模型构建

针对传统诊断模型在跨域数据适应性与泛化能力方面的不足，本研究计划将 ConvNeXt 模型引入 KOA 辅助诊断领域。通过建立跨域迁移学习框架，利用 ConvNeXt-T 模型的预训练参数初始化策略，期望在 Knee X-ray Images 数据集上取得更优的分类效果。同时，通过系统的对比实验，验证迁移学习在提升模型收敛速度、缩短训练周期以及提高分类准确率方面的优势，从而为医学影像诊断模型的泛化问题提供新的解决方案。

(2) 融合注意力和小波变换的 KOA 辅助诊断模型改进

在 ConvNeXt 基础架构中，本研究打算引入双路径特征增强模块。一方面，通过门控通道变换与通道感知的动态权重分配机制，建立跨层级特征交互模型，以增强模型对病变区域的空间定位能力，使模型能够更精准地捕捉 KOA 病变在不同层级的特征表达。另一方面，设计小波域卷积融合策略，通过离散小波变换构建多分辨率分析路径，在抑制高频噪声的同时，显著增强关键病理特征的响应强度，进一步提升 KL 分级关键区域特征的显著性，为 KOA 的精准诊断提供更丰富、更精准的特征信息。

(3) KOA 辅助诊断系统的设计与开发

基于上述理论研究成果,本研究准备构建一套 B/S 架构的 KOA 智能辅助诊断系统。该系统将集成 Django 框架与 PyTorch 推理引擎,以实现从影像数据的导入和预处理,到模型推理诊断,再到结果可视化与报告生成的全流程自动化与智能化。这一系统的开发,旨在为临床医生提供便捷、高效的诊断辅助工具,同时也为 KOA 的临床诊断与研究开辟新的平台与视角。

1.4 技术路线

本文基于膝关节 X 光图像数据,融合深度学习方法构建 KOA 医学影像辅助诊断模型,并将所构建的模型应用到 KOA 辅助诊断系统中。本文的总体技术路线图如图 1-1 所示。

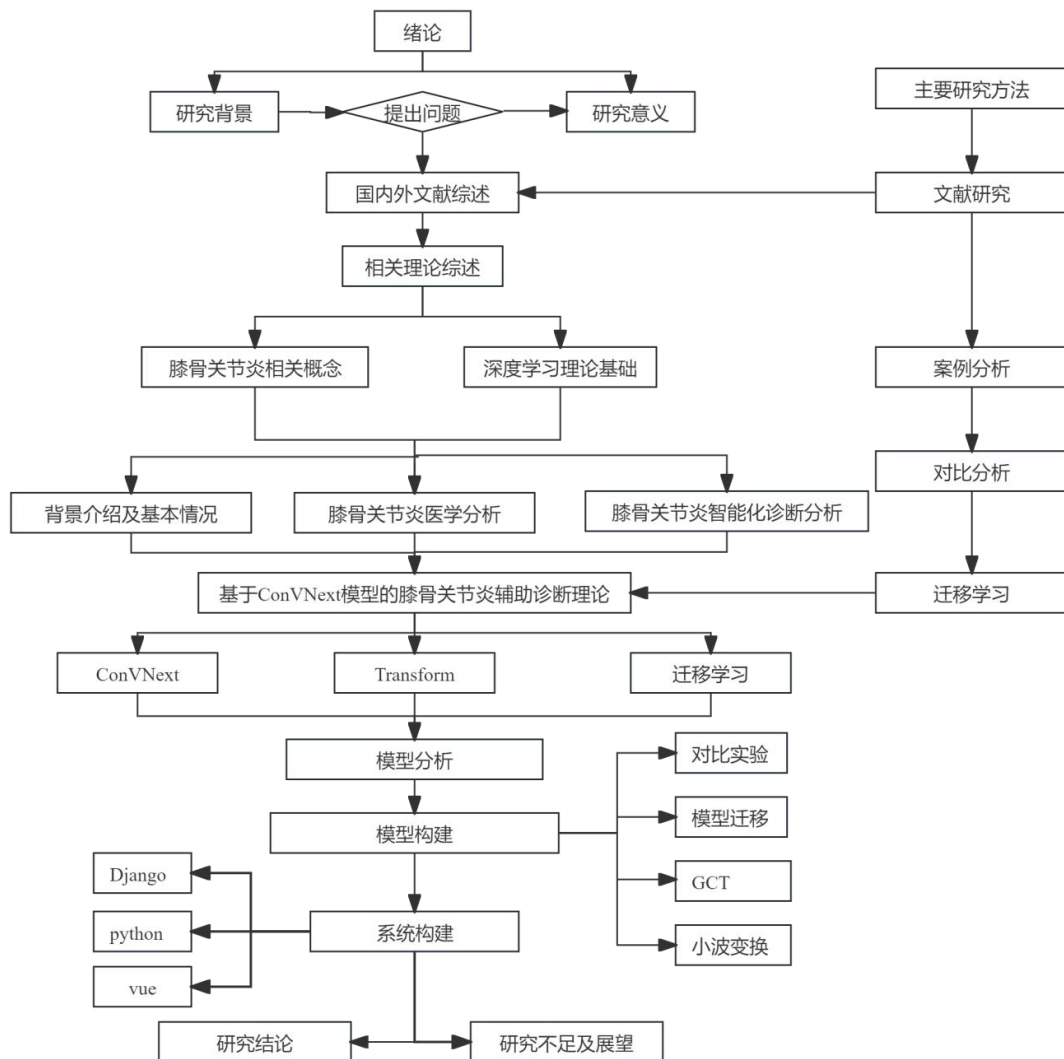


图 1-1 论文技术路线图

Figure 1.1 Paper Technical Roadmap

1.5 论文组织结构

本篇论文共分六章，其中每章主要涵盖以下内容：

第1章是绪论，开篇深入剖析膝骨关节炎诊断领域的研究背景，阐明其在医学领域的关键意义。系统梳理国内外基于深度学习的诊断方法。最终明确本文研究内容及章节布局。

第2章是基础理论与相关技术，首先系统地讲解了膝骨关节炎诊断的基本流程。接着，对膝骨关节炎进行了全面概述，包括其病理特征、临床表现等。此外，还阐述了卷积神经网络的基本概念、经典架构以及注意力机制等关键理论，深入探讨了这些理论在图像识别与分类中的作用。最后，介绍了迁移学习的原理和应用，为模型优化提供了方法论支持。

第3章是膝骨关节炎数据集分析及模型训练，本章通过迁移学习和对比实验，确定了基于 ConvNeXt 网络作为基础架构的膝骨关节炎诊断算法模型。首先，对膝骨关节炎数据集进行了分析，其次对多种网络架构进行了对比分析，评估它们在膝骨关节炎诊断任务上的性能表现。然后，详细描述了迁移学习在模型训练中的应用，包括预训练模型的选择、微调策略等。最后将通过一系列实验验证模型的有效性和优越性。

第4章是基于注意力和小波变换的 KOA 医学影像辅助诊断研究，本章在第三章基础上，详细介绍了 GCT 通道注意力机制，并阐述了如何将其巧妙地应用到 ConvNeXt 网络中，以增强模型对特征通道的关注度，提升分类准确性。接着，介绍了小波变换的相关理论，探讨了其在图像特征提取中的独特作用，并将其成功融入模型之中。最终将构建一个基于 ConvNeXt 网络的高效图像特征提取模型，然后通过大量实验，充分证明本章模型在图像分类方面的卓越有效性和先进性。

第5章是 KOA 医学影像辅助诊断系统设计与实现，本章详细描述了一个基于本文提出算法的 KOA 辅助诊断系统的软件设计与实现过程。首先，进行了全面的需求分析，明确了系统应具备的功能和性能要求。然后，精心设计系统的整体架构和各个模块的详细设计，包括用户界面设计、数据处理流程等。接着，对数据库进行了科学设计，确保数据的高效存储与管理。最后，展示系统的实际运行效果，验证了系统的稳定性和实用性。

第6章是结论与展望，本章全面回顾研究内容，总结各章节核心要点。深入探讨未来研究方向与趋势，客观分析研究成果与不足，为后续研究提供参考经验。