



## 填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

## 一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

### 1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

在本专业学习过程中，本人对基础理论知识和专业技术知识有了系统而深入的掌握。在基础理论方面，扎实掌握了机器学习的核心算法，包括监督学习、无监督学习和强化学习，能够熟练运用这些算法解决实际问题。同时，对深度学习的理论基础有深刻理解，包括神经网络的基本架构、卷积神经网络（CNN）的原理与应用、循环神经网络（RNN）及其变体（如LSTM和GRU）、图卷积神经网络（GCN）的结构化信息处理能力，以及Transformer的序列处理能力。

在专业技术领域，本人专注于计算机视觉方向，深入学习了计算机视觉的核心理论，包括图像处理、特征提取、目标检测与识别等关键技术。此外，对人体动作感知领域有深入研究，尤其是三维人体姿态估计和人体动作预测任务。熟悉Human3.6M等主流数据集，研究从序列中识别和理解人体动作的复杂模式，并能够运用图卷积神经网络、Transformer架构等前沿技术提升模型性能。在实践方面，参与了多个相关项目，积累了丰富的经验，能够将理论知识与实际应用相结合，解决复杂的人体动作感知问题。

### 2. 工程实践的经历(不少于200字)

2023年4月至2024年4月，本人于宁波市康复医院康复与感知机器人研究实验室进行专业实践。该次实践聚焦于GRAIL情景互动步态测试训练系统（小卡伦），研究深度学习在康复医疗场景下的工程应用。GRAIL(Gait Real-time Analysis Interactive Lab)实时运动分析与训练交互实验室是步态训练、步态评测的一套整体解决方案。围绕着内置测力台的双带跑台、动作捕捉系统以及虚拟现实环境建立起来的GRAIL将患者完全浸入在VR的训练环境中，提供实时的步态监测和反馈，并能在评测的同时立刻开始具有针对性的步态训练。GRAIL把智能跑台、VR环境、动作捕捉、人体模型以及EMG等各类子模块完美的同步在了一起，这种精确的同步实现了实时的数据流动和数据反馈。该次实践基于GRAIL设备采集常人与患者步态数据，研究搭建动作检测神经网络，旨在为康复训练提供更为精确的分析，并已产出一篇会议论文、一个公开步态数据集。

### 3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

本人在宁波市康复医院的专业实践中，参与了“动作行为分析”项目，该项目旨在通过深度学习技术提升康复治疗精准性和效率。通过这一项目，我将所学的专业知识——包括计算机视觉、深度学习、人体姿态估计和动作检测——综合运用解决康复医疗中的复杂工程问题，并取得了部分成果。

宁波市康复医院作为一家专业的康复医疗机构，配备了先进的康复设备，如GRAIL情景互动步态测试训练系统（小卡伦）。该系统能够提供实时的步态监测和反馈，是康复训练中的重要工具。然而，医院在使用该设备时面临以下复杂工程问题：

1、设备操作复杂：小卡伦设备的操作需要专业的技术知识，医院的医护人员在设备使用上

存在一定的学习成本，导致设备的使用效率不高；

2、数据处理困难：设备采集的步态数据量大且复杂，包括实时的运动数据、动作捕捉数据和视频数据等。医院缺乏有效的数据处理和分析工具，难以从海量数据中提取有价值的信息；

3、复效果评估不精准：传统的康复效果评估主要依赖医生的经验和主观判断，缺乏客观、量化的评估指标。这使得康复治疗的效果难以准确评估，也难以根据患者的具体情况调整治疗方案。

为了解决上述问题，我与项目团队成员共同开展了一系列研究和实践工作，综合运用所学知识，提出并实施了以下解决方案：

1、设备操作手册编写与培训：在花费大量时间了解实验环境中的深度摄像头、动作捕捉系统和VR环境和测力台等设备后，综合掌握了GRAIL设备的使用流程。编写了一份详细的设备操作手册，涵盖了设备的基本功能、操作流程、常见问题及解决方案等内容。通过组织多次培训课程，向医院的医护人员详细讲解设备的操作方法和注意事项，显著降低了设备的学习成本，提高了设备的使用效率。医护人员能够更快地掌握设备操作，减少了因操作不当导致的设备故障，提升了康复训练的连续性和稳定性。

2、数据处理与可视化分析开发：结合医学数据知识，利用计算机视觉知识和编程能力，参与开发了数据处理与可视化分析，包括对GRAIL设备采集的步态数据进行清洗、对齐和可视化处理。具体技术涵盖：数据清洗——通过编写Python脚本，去除数据中的噪声和异常值，确保数据的准确性和一致性；数据对齐——

利用时间戳和传感器数据，将不同模态的数据（如运动数据和视频数据）进行精确对齐，为后续分析提供基础；数据可视化——

通过编写Python脚本，开发可视化界面，能够展示步态数据的分析结果，包括步态周期、关节角度、运动轨迹等信息。该能力的开发极大地提高了数据处理的效率和准确性，使医护人员能够快速从海量数据中提取有价值的信息，为康复治疗提供了科学依据。通过可视化界面，医护人员能够直观地了解患者的步态特征和康复进展，从而更精准地调整治疗方案。

3、步态数据集搭建与步态细粒度动作检测模型构建：通过在项目中采集和处理真实数据，搭建了一个公开细粒度步态数据集，涵盖119位受试者（其中正常受试者97人，病人受试者22人），包括视频、骨骼和光流等多种数据流，收集420个字段（跑台速度、左右腿步态周期、各个mark的三维坐标、各关节力矩等），并完成了数据预处理与分类，为细粒度动作检测领域提供了数据支撑，并为项目后续研究提供了基础。基于深度学习技术，参与搭建了一个步态细粒度动作检测模型，用于从视频序列中精准定位和分析患者的步态动作。该模型采用大规模预训练与参数高效微调等训练方法，结合了Transformer架构和卷积神经网络，能够捕捉长距离依赖关系和局部特征，显著提升了动作检测的精度。通过在真实数据集上训练和验证，该模型能够准确识别患者的步态周期和动作阶段，为康复训练提供了更为精确的分析工具。医护人员可以根据模型的分析结果，更科学地评估患者的康复效果，并制定个性化的康复方案。

通过上述解决方案的实施，项目取得了部分知识成果，发布公开数据集一个、论文一篇，不仅解决了医院在设备使用和数据处理上的难题，还提升了康复治疗的精准性和效率。

(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
Forecasting Distillation: Enhancing 3D Human Motion Prediction with Guidance Regularization	会议论文	2024年07月02日	Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, 2024	1/6	
利用图谱散射提取特权知识的人体轨迹预测方法	发明专利申请	2024年01月16日	申请号: 202311375594.X	1/5	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

<b>(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况</b>	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 90 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 84 分
<b>本人承诺</b>	
<p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名： <u>杜雅良</u></p>	



浙江大学研究生院  
攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22260383	姓名: 杜雅雯	性别: 女	学院: 工程师学院	专业: 电子信息	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 25.0学分		已获得: 27.0学分		入学年月: 2022-09	毕业年月:						
学位证书号:			毕业证书号:		授予学位:						
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	智能无人系统及应用实践		2.0	89	专业选修课	2022-2023学年冬季学期	机器视觉及其应用		2.0	92	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	创新设计方法		2.0	通过	专业选修课	2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	90	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	92	专业学位课	2022-2023学年春季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	81	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程伦理		2.0	89	专业学位课	2022-2023学年春季学期	优化理论基础		2.0	96	专业选修课
2022-2023学年秋冬季学期	高阶工程认知实践		3.0	89	专业学位课	2022-2023学年春季学期	研究生论文写作指导		1.0	91	专业选修课
2022-2023学年秋冬季学期	研究生英语		2.0	95	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	89	公共学位课
2022-2023学年冬季学期	自然辩证法概论		1.0	99	公共学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期	光电遥感技术与应用		2.0	90	专业选修课						

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。  
2. 备注中 “\*” 表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2025-03-20





# Forecasting Distillation: Enhancing 3D Human Motion Prediction with Guidance Regularization

Yawen Du<sup>1</sup>, Zhihao Wang<sup>2</sup>, Yinming Li<sup>3</sup>, Xiaosong Yang<sup>4</sup>, Chao Wu<sup>5</sup>, and Zhao Wang<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou, China

<sup>2</sup>Ningbo Innovation Center, Zhejiang University, Ningbo, China

<sup>3</sup>College of Information Science and Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, China

<sup>4</sup>National Centre for Computer Animation, Bournemouth University, Bournemouth, United Kingdom

<sup>5</sup>School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou, China

\*Email: zhao\_wang@zju.edu.cn

**Abstract**—Human motion prediction aims to forecast future body poses from historically observed sequences, which is challenging due to motion’s complex dynamics. Existing methods mainly focus on dedicated network structures to model the spatial and temporal dependencies. The predicted results are required to be strictly similar to the training samples with  $\ell_2$  loss in the current training pipeline. It needs to be pointed out that most approaches predict the next frame conditioned on the previously predicted sequence, where a small error in the initial frame could be accumulated significantly. In addition, recent work indicated that different stages could play different roles. Hence, this paper considers a new direction by introducing a model learning framework with motion guidance regularization to reduce uncertainty. The guidance information is extracted from a designed Fusion Feature Extraction network (FE-Net) while knowledge distilling is conducted through intermediate supervision to improve the multi-stage prediction network during training. Incorporated with baseline models, our guidance design exhibits clear performance gains in terms of 3D mean per joint position error (MPJPE) on benchmark datasets Human3.6M, CMU Mocap, and 3DPW datasets, respectively. Related code will be available on <https://github.com/tempAnonymous2024/MotionPredict-GuidanceReg>.

**Index Terms**—motion prediction, knowledge distillation, graph neural networks

## I. INTRODUCTION

Humans have an innate ability to predict how future evolution of actions could be extrapolated. Equipping machines with the ability to anticipate human behavior remains a paramount challenge, which has gradually garnered widespread attention from researchers in recent years, particularly with the surge in applications such as robotics, autonomous driving, and human-computer interaction [1]. The task of human motion prediction can be described as predicting future possible human action sequences based on the given human pose sequences that already occurred. Anticipating the future movement of the 3D human skeleton is a complex and challenging task due to the complex spatial-temporal modality and the great uncertainty of the future.

Early works have used statistical or probability models for motion prediction such as nonlinear Markov models [2], Gaussian process dynamic models [3], and restricted Boltzmann machines [4]. Many deep neural networks have also

been applied to tackle the problem. Recurrent Neural Networks (RNNs) [5], [6] have been employed since they are naturally designed to handle temporally correlated sequences. However, RNNs could meet gradient disappearance and gradient explosion problems, which makes it ineffective in processing long sequence data.

Recently, Graph Convolutional Networks (GCNs) [7]–[14] have received widespread attention and research in this field, since it is capable to model the spatial dependencies naturally. These approaches regard each human pose as a graph composed of joints and bones and use graph convolution to model spatial information. Many complicated and sophisticated GCNs have been designed to improve the model’s ability to capture more various spatial-temporal relationships in the motions. For instance, MSR-GCN [10] and MGCN [15] have employed a coarse-to-fine strategy to learn more multi-scale correlations of motion data. Transformers and attentions have been combined with GCNs [16], [17] to model how human skeletons evolve spatially and temporally over time.

However, the aforementioned work only focuses on exploiting the spatial and temporal relationships and designing more complicated models, largely overlooking the study of the uncertainty property of motion. The uncertainty of motion prediction mainly refers to its challenging variation, especially for non-periodic behaviors. We observe that most of the existing models use the average loss form which counts the error of each future frame equally. Actually, the uncertainty of human motion is not equal in each future frame. Long-term error accumulation has been recognized as one of the biggest issues that bring performance degradation in motion prediction problems. As most approaches predict the next frame conditioned on the previously predicted sequence, a small error in the initial frame could be accumulated significantly. Hence, it’s essential to tackle the accumulation error issue for the motion prediction task.

Latest methods such as PGBIG [13] employs a multi-stage network structure, which conduct motion prediction as a consecutive process composed of many round. Their work [13] proves that a different initial pose could bring sharper performance gains than an individual method. An intermediate target is employed which is adopted through an Accumulated

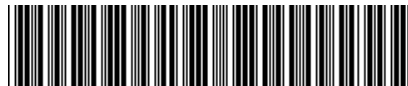


310013

浙江省杭州市西湖区古墩路 701 号紫金广场 C 座 1506 室 杭州求是  
专利事务所有限公司  
傅朝栋(0571-87911726-812)张法高(0571-87911726)

发文日:

2023 年 10 月 23 日



申请号: 202311375594.X

发文序号: 2023102301796590

### 专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 202311375594X

申请日: 2023 年 10 月 23 日

申请人: 浙江大学

发明人: 杜雅雯, 王朝, 周渝林, 李英明, 吴超

发明创造名称: 利用图谱散射提取特权知识的人体轨迹预测方法  
经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1 份 6 页, 权利要求项数: 10 项

说明书 1 份 13 页

说明书附图 1 份 2 页

说明书摘要 1 份 1 页

专利代理委托书 1 份 2 页

发明专利请求书 1 份 5 页

实质审查请求书 文件份数: 1 份

申请方案卷号: 傅-231-213

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 自动受理  
联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部



200101  
2022.10

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
电子申请, 应当通过专利业务办理系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。