

# 摘 要

关键词： $\text{\LaTeX}$ ；论文

# Abstract

**Keywords:** L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X; Paper

# 目 录

摘 要 .....	I
Abstract .....	II
第一章 绪论 .....	1
1.1 研究背景和意义 .....	1
1.2 国内外研究现状 .....	1
1.2.1 机器人示教研究现状 .....	1
1.2.2 动态运动原语研究现状 .....	2
1.2.3 汉字笔画提取研究现状 .....	2
1.3 研究内容和安排 .....	2
参考文献 .....	3



# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景和意义

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 机器人示教研究现状

尽管如今机器人在社会上的应用越来越广泛，在技术上也取得了许多重大的突破，但对于机器人大部分运动任务的编程方式仍然以手工编程为主。机器人示教方法的研究从 20 世纪 80 年代开始发展至今，相关研究成果已经相当成熟，其目的就是要实现对机器人运动的自动编程。根据示教方法来进行分类，机器人示教主要分为三种：基于物理交互的示教方法，基于遥操作的示教方法和基于视觉的示教方法。下面将分别介绍三种示教方法的现状与优劣。

#### 1) 基于物理交互的示教方法

对于这种示教方法，示教者通常会与机器人进行直接接触，通过拖动机械臂末端等方式进行示教编程。早在 1984 年，Hogan 基于阻抗控制的方法设计出的机械臂动力学模型，就能在无力矩传感器的情形下进行物理交互示教<sup>[1]</sup>。而根据 Goto 等人的工作，通过对重力和摩擦力进行补偿，对于高齿轮比的工业机器人示教者也能轻松的实现牵引拖动<sup>[2]</sup>。这种示教方法可以让示教者和机械臂有直接的力交互，示教过程相当直观。不过，由于这种示教方法需要示教者和机器人进行近距离的接触，在操作上会受到限制。对于大动力机械臂的示教，近距离的接触也存在一定的安全隐患<sup>[3]</sup>。在某些恶劣的、高风险的应用场景下，这种示教方法实现起来也相当困难。

#### 2) 基于遥操作的示教方法

基于遥操作的示教方法与上述方法的差异是，示教者通常不会和机器人有直接的接触，而是借助遥操作装置实现对机器人的控制。遥操作设备的形式多种多样，Fang 等人通过佩戴可穿戴设备将人类手臂的动作映射到七自由度的 Baxter 机器人上<sup>[4]</sup>，Lee 等人利用外骨骼实现对双臂机器人的控制<sup>[5]</sup>，Monferrer 等人将虚拟现实技术（Virtual Reality, VR）和机器人的遥操作结合起来，实现对水下移动机器人的控制，兼具沉浸感和可操作性<sup>[6]</sup>。这种示教方法弥补了基于物理交互示教方法的缺点，可以实现在恶劣的环境下对机器人进行示教学习，例如水下或高温环境。但这种方法存在延时和震颤问题<sup>[7]</sup>，导致跟踪误差的存在。由于遥操作设备本身较为昂贵并且操作复杂，这种方法的使用门槛

也比较高<sup>[8]</sup>。

### 3) 基于视觉的示教方法

基于视觉的示教方法通过相机、定位光标等方式学习技能，主要依赖上述设备采集到的视觉信息来捕获示教者的运动信息，将技能传递给机器人。基于视觉的示教能实现多种方式的示教。例如我们可以通过 Kinect 相机识别示教者的深度视觉信息并映射到机械臂上<sup>[9]</sup>，也可以脱离示教者本身通过识别图片的轨迹信息实现示教<sup>[3]</sup>，甚至我们可以通过无标签的视频演示的就能让机器人进行模仿学习<sup>[10]</sup>。这种方法在成本上相对低廉，对于示教者本身的要求也不高，操作较为简便，很容易能获取到大量的样本数据。但这种方法让示教者缺乏对力度信息的反馈，在示教效果上有所欠缺。

## 1.2.2 动态运动原语研究现状

Giszter 等人在 1993 年对青蛙神经的研究中就开始使用动态系统来描述复杂的运动<sup>[11]</sup>。Ijspeert 和 Stefan Schaal 实验室在 2002 年受到在电机控制领域广泛应用的弹簧阻尼模型的启发，将动态系统方程和机器人领域相结合，设计出动态运动原语<sup>[12]</sup>。他们在 2013 年又做了进一步的改进，结合强化学习并论证了改进 DMP 的方法，让 DMP 在机器人控制领域得到广泛应用<sup>[13]</sup>。

早期传统的 DMP 只使用一条运动轨迹来对动态系统进行学习，通过构建运动基元库实现复杂运动。Mülling 等人通过组合多个 DMP 系统实现了打乒乓球的动作<sup>[14]</sup>。Paraschos 等人利用概率模型搭建起一个统一框架，设计了将多个 MP 系统组合到一起形成复杂运动的方法<sup>[15][16]</sup>。

## 1.2.3 汉字笔画提取研究现状

对于汉字笔画提取的研究，国内外有许多学者做了不少工作。Liu 等人通过 B 样条曲线拟合实现对汉字笔画的提取<sup>[17]</sup>。Wang 等人通过 Canny 算子和 CDT 将汉字分解为一组三角形网格，对汉字进行建模，并且使用 PBOD 分解汉字的轮廓<sup>[18]</sup>。Tang 等人设计的图像处理算法，过滤噪声和阴影等因素，通过视频实现对汉字笔画的提取<sup>[19]</sup>。Zhou 等人首先通过八邻域窗口检测模糊区域，然后移除模糊区域将笔画区分开<sup>[20]</sup>。Wu 等人结合生成对抗网络和深度强化学习，让机器人能直接从图片学习到书法技能<sup>[21]</sup>。上述的汉字笔画提取算法都存在计算量较大的问题，在实时性要求比较高的场合适用性不高。

## 1.3 研究内容和安排

## 参考文献

- [1] Hogan N. Impedance Control: An Approach to Manipulation[C]//1984 American Control Conference. 1984: 304-313.
- [2] Goto S, Nakamura M, Kyura N. Property of Force-Free Control with Independent Compensation for Inertia, Friction and Gravity of Industrial Articulated Robot Arm[C]//Proceedings of the 41st SICE Annual Conference. SICE 2002. Vol. 1. 2002: 408-412 vol.1.
- [3] Li X, Dai S L, Yang C. Vision-Based Robot Handwriting Skill Reproduction and Generalization[C]//2021 27th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP). 2021: 469-474.
- [4] Fang B, Wei X, Sun F, et al. Skill Learning for Human-Robot Interaction Using Wearable Device[J]. Tsinghua Science and Technology, 2019, 24(6): 654-662.
- [5] Lee H, Kim J, Kim T. A Robot Teaching Framework for a Redundant Dual Arm Manipulator with Teleoperation from Exoskeleton Motion Data[C]//2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots. 2014: 1057-1062.
- [6] Monferrer A, Bonyuet D. Cooperative Robot Teleoperation through Virtual Reality Interfaces[C]//Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation. 2002: 243-248.
- [7] Yang C, Jiang Y, Li Z, et al. Neural Control of Bimanual Robots With Guaranteed Global Stability and Motion Precision[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2017, 13(3): 1162-1171.
- [8] Li X, Si W, Yang C. An Observation Based Method for Human Robot Writing Skill Transfer[C]//2022 IEEE 17th International Conference on Control & Automation (ICCA). 2022: 412-417.
- [9] Xu Y, Yang C, Zhong J, et al. Robot Teaching by Teleoperation Based on Visual Interaction and Extreme Learning Machine[J]. Neurocomputing, 2018, 275: 2093-2103.
- [10] Sermanet P, Lynch C, Chebotar Y, et al. Time-Contrastive Networks: Self-Supervised Learning from Video[C]//2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 2018: 1134-1141.
- [11] Giszter S, Mussa-Ivaldi F, Bizzi E. Convergent Force Fields Organized in the Frog's

- Spinal Cord[J]. The Journal of Neuroscience, 1993, 13(2): 467-491.
- [12] Ijspeert A, Nakanishi J, Schaal S. Learning Attractor Landscapes for Learning Motor Primitives[C]//Advances in Neural Information Processing Systems: vol. 15. MIT Press, 2002.
- [13] Ijspeert A J, Nakanishi J, Hoffmann H, et al. Dynamical Movement Primitives: Learning Attractor Models for Motor Behaviors[J]. Neural Computation, 2013, 25(2): 328-373.
- [14] Mülling K, Kober J, Kroemer O, et al. Learning to Select and Generalize Striking Movements in Robot Table Tennis[J]. The International Journal of Robotics Research, 2013, 32(3): 263-279.
- [15] Paraschos A, Lioutikov R, Peters J, et al. Probabilistic Prioritization of Movement Primitives[J]. IEEE Robotics and Automation Letters, 2017, 2(4): 2294-2301.
- [16] Paraschos A, Daniel C, Peters J, et al. Using Probabilistic Movement Primitives in Robotics[J]. Autonomous Robots, 2018, 42(3): 529-551.
- [17] Liu X, Jia Y. Character Stroke Extraction Based on B-Spline Curve Matching by Constrained Alternating Optimization[C]//Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007): vol. 1. 2007: 13-17.
- [18] Wang X, Liang X, Sun L, et al. Triangular Mesh Based Stroke Segmentation for Chinese Calligraphy[C]//2013 12th International Conference on Document Analysis and Recognition. 2013: 1155-1159.
- [19] Tang X, Lin F, Liu J. Video-Based Handwritten Chinese Character Recognition[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2005, 15(1): 167-174.
- [20] Zhou Z, Zhan E, Zheng J. Stroke Extraction of Handwritten Chinese Character Based on Ambiguous Zone Information[C]//2017 2nd International Conference on Multimedia and Image Processing (ICMIP). 2017: 68-72.
- [21] Wu R, Zhou C, Chao F, et al. Integration of an Actor-Critic Model and Generative Adversarial Networks for a Chinese Calligraphy Robot[J]. Neurocomputing, 2020, 388: 12-23.