



Visuelles Imitationslernen mit Stabilitätsgarantien

Das Imitationslernen ist ein leistungsstarkes Verfahren, das es Robotern ermöglicht, neue Bewegungsabläufe durch kinästhetische oder visuelle Demonstration zu erlernen. Kürzlich wurde eine neue Methode vorgestellt, die geometrische Interaktionsprimitive verwendet, um Bewegungsabläufe objektzentriert zu modellieren und so eine größere Flexibilität zu ermöglichen [1]. Diese Methode basiert jedoch auf einem empirisch optimierten Impedanzregler und probabilistischen Movement Primitives, was die Robustheit und Stabilität nicht garantiert und Fragen hinsichtlich Sicherheit und Vorhersehbarkeit unbeantwortet lässt.

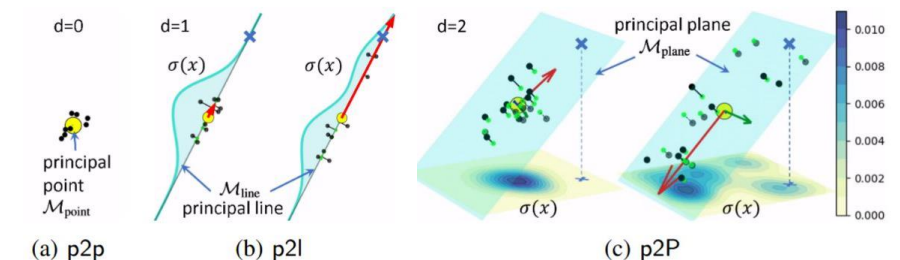
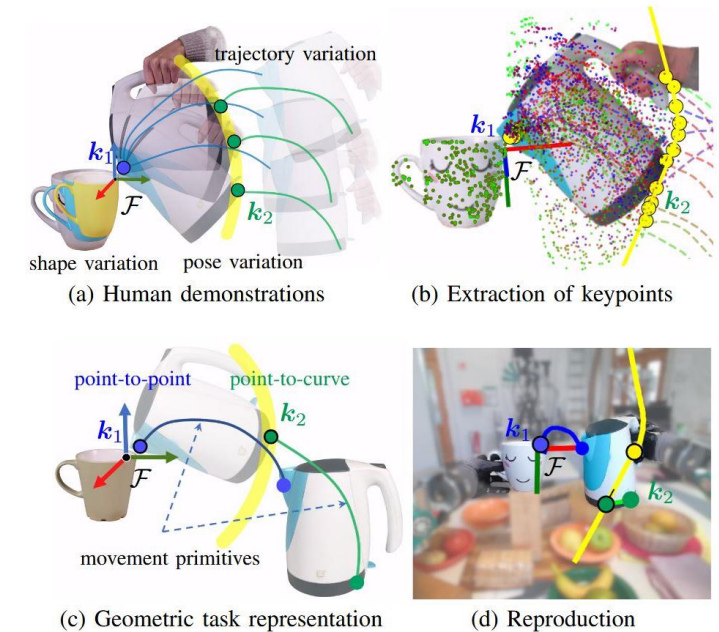
Eine Alternative zu diesen Movement Primitives sind dynamische Bewegungspolicies, die kürzlich mit tiefen neuronalen Netzen kombiniert wurden. Diese Policies bieten durch ihre Konstruktion inhärente Stabilitätsgarantien [2]. Ziel dieser Arbeit ist es, diese mit dem Objekt-Keypoints zu integrieren und das resultierende Modell an einem realen Robotersystem zu evaluieren.

Betreuer:

- Lucas Schwarz, lucas.schwarz@informatik.tu-chemnitz.de

Voraussetzungen:

- Robustes mathematisches Vorwissen
- Grundlegendes Wissen in Regelungstechnik, Robotik, Optimierung & Perzeption
- Machine Learning Grundlagen



[1] Gao, Jianfeng, et al. "K-vil: Keypoints-based visual imitation learning." *IEEE Transactions on Robotics* 39.5 (2023): 3888-3908.

[2] Totsila, Dionis, et al. "Sensorimotor Learning With Stability Guarantees via Autonomous Neural Dynamic Policies." *IEEE Robotics and Automation Letters* (2025).



NEUROROBOTICS

Thesis Call

Visual Imitation Learning with Stability Guarantees

Imitation learning is a powerful paradigm, which enables robots to learn new movement skills either by kinesthetic or visual demonstration. Recently, a new method has been proposed that leverages geometric object interaction primitives to model new movement skills in an object-centric manner, providing new levels of flexibility in general [1]. However, this method relies on an empirically tuned admittance controller and probabilistic movement primitives, that do not provide robust stability guarantees, raising questions of safety and predictability.

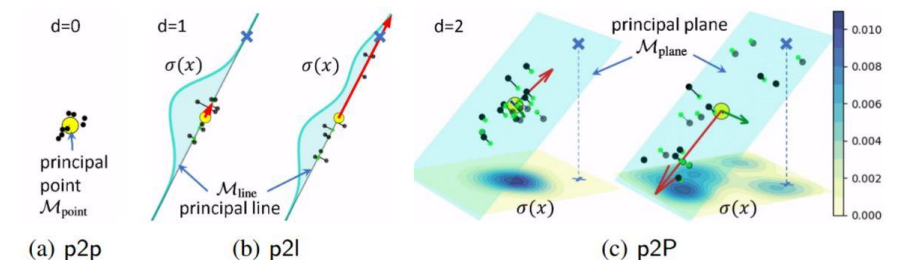
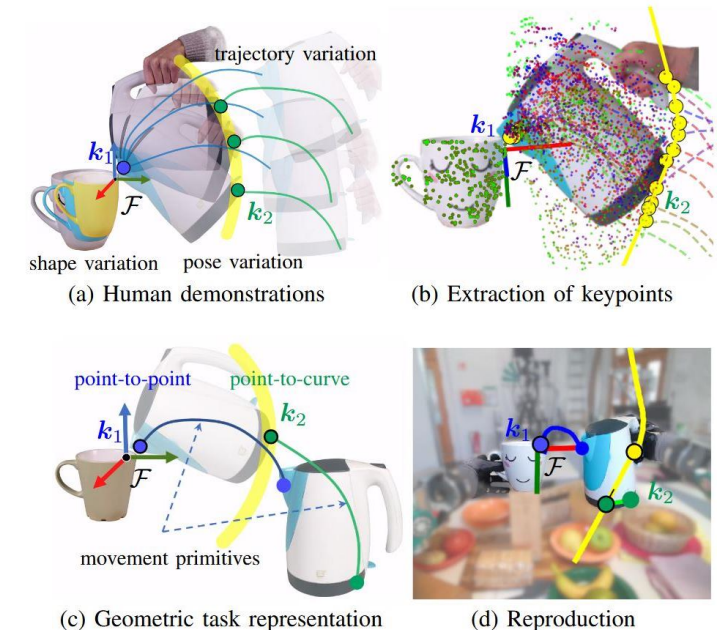
An alternative to movement primitives are dynamical system – based movement policies that recently have been integrated with deep neural networks. These provide a-priori stability guarantees by design [2]. The goal of this thesis would be to integrate these policies with keypoint-based imitation learning and to evaluate the resulting model on a real robotic system.

Advisor:

- Lucas Schwarz, lucas.schwarz@informatik.tu-chemnitz.de

Requirements:

- Strong mathematical foundations
- Basic knowledge in control theory, robotics, optimization & perception
- Machine Learning fundamentals



[1] Gao, Jianfeng, et al. "K-vil: Keypoints-based visual imitation learning." *IEEE Transactions on Robotics* 39.5 (2023): 3888-3908.

[2] Totsila, Dionis, et al. "Sensorimotor Learning With Stability Guarantees via Autonomous Neural Dynamic Policies." *IEEE Robotics and Automation Letters* (2025).