1. **Tecniche di System Identification e Stabilizzazione per il Pendolo Inverso.**
2. **Machine Learning per l’Identificazione e il Controllo di un Pendolo Inverso**.

**Indice**

**Introduzione**

* Contesto e motivazioni (?)
* Obiettivi della tesi
* Struttura del lavoro (anticipazione sintetica dei seguenti capitoli)

**Capitolo 1: Il Pendolo Inverso**

* 1.1 Descrizione del sistema
* 1.2 Sfide nella stabilizzazione

**Capitolo 2: Modellazione del Sistema**

* 2.1 Modellazione fisica: equazioni del moto
* 2.2 Simulazione in ambiente software
* 2.3 Linearizzazione e modello spazio stato

**Capitolo 3: Stabilizzazione PID e Generazione Dati**

* 3.1 Progettazione di un controllore PID base
* 3.2 Stabilizzazione preliminare del sistema simulato
* 3.3 Acquisizione di dati input-output dal modello stabilizzato
* 3.4 Analisi dei dati e preparazione per l’identificazione

**Capitolo 4: Identificazione del Modello con Machine Learning**

* 4.1 Introduzione all’identificazione di sistemi
* 4.2 Tecniche di Machine Learning per l’identificazione (regressione e tecniche fornite dal SI toolbox di Matlab)
* 4.3 Training e validazione del modello identificato
* 4.4 Confronto tra modello fisico e modello ML

**Capitolo 5: Progetto del Controllore State Feedback**

* 5.1 Richiami teorici sul controllo a retroazione di stato
* 5.2 Pole-placement (manualmente o con tecniche come LQR) e calcolo del guadagno K
* 5.3 Implementazione e simulazione del controllore
* 5.4 Verifica della stabilità e prestazioni del sistema a ciclo chiuso

**(?) Capitolo 6: Calibrazione PID con Machine Learning**

* 6.1 Applicazione dell’intelligenza artificiale al tuning PID
* 6.2 Risultati comparativi

**Capitolo 6: Implementazione su Sistema Reale**

* 6.1 Descrizione dell’hardware e dell’ambiente sperimentale
* 6.2 Porting del controllore PID sul sistema fisico
* 6.3 Test sperimentali e risultati
* 6.4 Considerazioni sulla mancata stabilizzazione con state feedback
* 6.5 Confronto tra simulazione e realtà

**Conclusioni e Sviluppi Futuri**

* Sintesi dei risultati ottenuti
* Vantaggi e limiti delle tecniche analizzate
* Implementazioni su sistema reale

**Appendici**

* Codici MATLAB e di altro software
* Parametri utilizzati nei modelli
* Tabelle e grafici supplementari