

## บทคัดย่อ

เทคนิคการควบคุมจากการทำซ้ำแบ่งออกเป็นสองประเภทคือการควบคุมแบบเรียนรู้ที่มีการย้อนกลับไปสู่ภาวะเริ่มต้นและการควบคุมแบบเรียนรู้ที่ทำแบบต่อเนื่อง การควบคุมทั้งสองประเภทยังนำข้อมูลค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขบวนการทำซ้ำครั้งก่อนมาปรับปรุงสัญญาณที่ป้อนให้กับการทำซ้ำครั้งถัดไป โดยในการควบคุมแบบเรียนรู้ที่มีการย้อนกลับ ระบบจะทำการปรับค่าเริ่มต้นต่างๆให้เข้าสู่ค่าเดิมทุกครั้งก่อนที่จะมีการทำซ้ำครั้งถัดไป ในขณะที่การควบคุมแบบเรียนรู้ที่ทำแบบต่อเนื่องนั้น ระบบจะทำซ้ำไปเรื่อยๆ ไม่มีการปรับค่าเริ่มต้นใดๆก่อนการทำซ้ำครั้งถัดไป งานวิจัยนี้จะเป็นการออกแบบตัวควบคุมแบบเรียนรู้ที่มีการย้อนกลับไปสู่ภาวะเริ่มต้นและวิธีการทดสอบความมีเสถียรภาพของระบบ โดยมีเทคนิคการออกแบบตัวควบคุม 2 วิธี คือวิธีที่หนึ่งเป็นการนำเทคนิคการทำ optimization แบบ steepest descent method มาใช้ปรับค่าเกนในตัวควบคุมแบบเรียนรู้ที่มีการย้อนกลับไปสู่ภาวะเริ่มต้นที่มีการดัดแปลงมาจากตัวควบคุมแบบเรียนรู้ที่ทำแบบต่อเนื่องที่ออกแบบมาจากโดเมนความถี่ของระบบ ในขณะที่วิธีการที่สองอาศัยหลักการหาค่าเฉลี่ยจากโมเดลที่จำลองสร้างขึ้นโดยให้มีค่าพารามิเตอร์ของระบบเปลี่ยนแปลงไปเพื่อทดสอบความมีเสถียรภาพของตัวควบคุมแบบเรียนรู้ที่มีการย้อนกลับไปสู่ภาวะเริ่มต้นพื้นฐานต่างๆที่ออกแบบมาจากการหาค่าเฉลี่ย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพในการลดค่าความผิดพลาดได้อย่างดีเยี่ยม อีกทั้งการออกแบบตัวควบคุมทั้งสองเป็นเรื่องที่ไม่ซับซ้อนและสามารถนำไปใช้งานได้จริงต่อไป

คำสำคัญ: การควบคุมจากการทำซ้ำ, การควบคุมแบบเรียนรู้ที่มีการย้อนกลับไปสู่ภาวะเริ่มต้น, การควบคุมแบบเรียนรู้ที่ทำแบบต่อเนื่อง

## Abstract

Iterative learning control (ILC) applies to systems performing a tracking maneuver repeatedly. The error in each run is used to adjust the command in the next run, aiming to converge to zero error. Control applications include high precision pick-and-place robots executing the same trajectory in every run. This work focuses on how to design effective ILC controllers based on two different techniques. The former uses an optimization technique on the second hand, the latter makes use of an averaging concept. The first work converts these effective repetitive control (RC) design methods so that they apply to the ILC problem, and produce convergence to zero tracking error that is monotonic with iterations in the sense of the Euclidean norm. One first fills the ILC gain matrix with the RC gains, and then adjusts a few gains associated with the first few time steps, using a steepest descent or other similar algorithm. The method is simple to apply, and allows one to make use of a very effective RC design method in ILC applications, and represents a powerful way to apply frequency response ideas to finite time ILC problems. The second work designs robustified controllers that are found by minimising cost functions averaged over either multiple analytical time-domain models or experimental frequency-domain data. The aim is to produce a technique that is simple and general, and can be applied to any iterative learning control (ILC) design that involves the minimisation of a cost function. Substantial improvement in convergence to zero tracking error in the presence of model uncertainties has been observed for ILC by this averaging technique.

Key words: Iterative Learning Control, Repetitive Control, Steepest Descent, Averaging