

2. การทดลองกระบวนการเรียนรู้สำหรับการหาแบบจำลองของ ANFIS

2.1 กระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS สำหรับการทำ Open-Loop System

Identification

หลังจากได้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลของระบบแขนหุ่นยนต์มาแล้ว เราจะนำเอาข้อมูลเอาท์พุทและอินพุทมาทำการจัดรูปเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับใช้ในกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS ที่เป็นตัวเลือกแบบต่าง ๆ ในที่นี้จะกำหนดให้มีทั้งหมด 7 แบบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 จากนั้นก็นำแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ มาทำการเรียนรู้และจะได้ผลการทดลองในส่วนของการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ สำหรับการหาแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ด้วยวิธี open-loop system identification โดยแสดงผลในตารางที่ 3

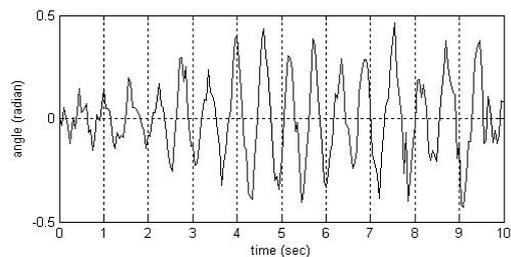
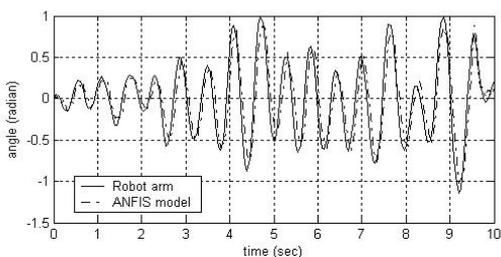
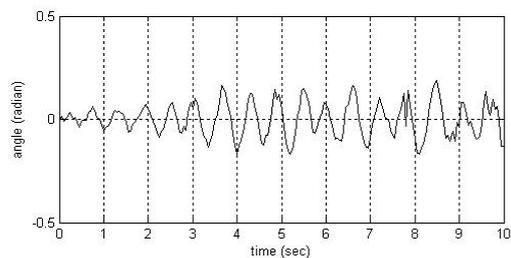
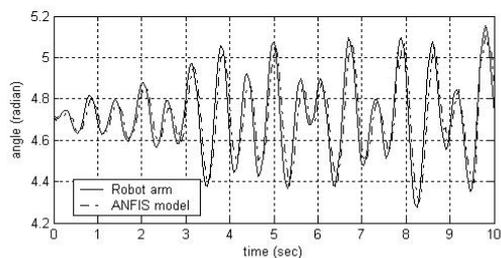
ตารางที่ 2 แบบจำลอง ANFIS ที่ใช้เป็นตัวเลือกแบบต่าง ๆ สำหรับการทดลอง Open-Loop System Identification

แบบจำลอง	ตัวแปรที่ใช้เป็นอินพุทสำหรับแบบจำลอง ANFIS
openSID1	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_2(k)$
openSID2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1)$
openSID3	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_1(k-2), \theta_2(k), \theta_2(k-1), \theta_2(k-2)$
openSID4	$\tau_1(k), \tau_1(k-1), \tau_2(k), \tau_2(k-1), \theta_1(k), \theta_2(k)$
openSID5	$\tau_1(k), \tau_1(k-1), \tau_2(k), \tau_2(k-1), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1)$
openSID6	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_2(k), \dot{\theta}_1(k), \dot{\theta}_2(k)$
openSID7	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1), \dot{\theta}_1(k), \dot{\theta}_2(k)$

ตารางที่ 3 ผลการทดลองในส่วนกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS สำหรับการทำ Open-Loop System Identification

แบบจำลอง	RMSE		เวลาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้	
	แขนหุ่นยนต์ที่1	แขนหุ่นยนต์ที่2	ชั่วโมง	นาที
openSID1	0.0810882	0.197491	-	1
openSID2	0.00349857	0.014905	-	18
openSID3	0.00178135	0.00728405	12	51
openSID4	0.0765901	0.183619	-	21
openSID5	0.00094618	0.00190682	12	3
openSID6	0.00245602	0.0106488	-	20
openSID7	0.000791936	0.00250264	13	18

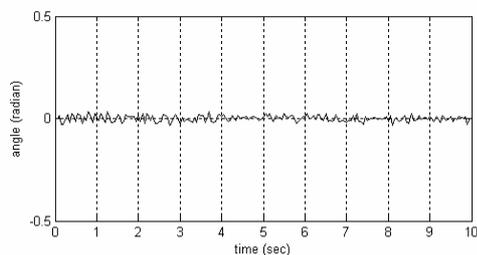
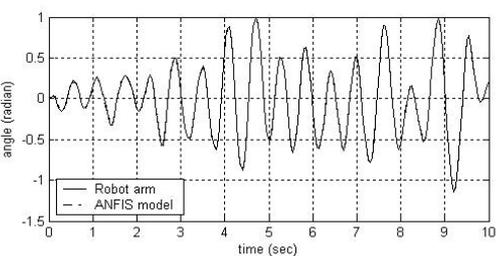
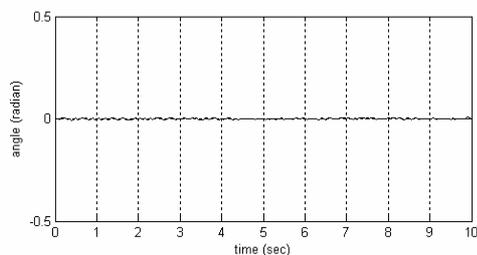
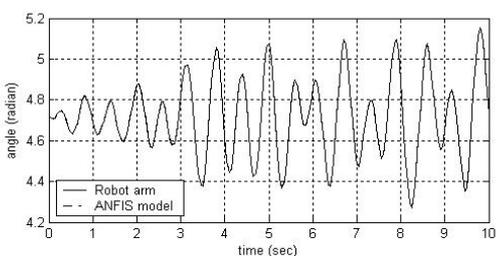
ผลการทดลองแสดงกราฟการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของระบบแขนหุ่นยนต์และข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากแบบจำลองของ ANFIS ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้สามารถแสดงได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง openSID1 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 42 สำหรับแบบจำลอง openSID2 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 43 สำหรับแบบจำลอง openSID3 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 44 สำหรับแบบจำลอง openSID4 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 45 สำหรับแบบจำลอง openSID5 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 46 สำหรับแบบจำลอง openSID6 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 47 และสำหรับแบบจำลอง openSID7 สามารถแสดงได้ดั่งภาพที่ 48



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

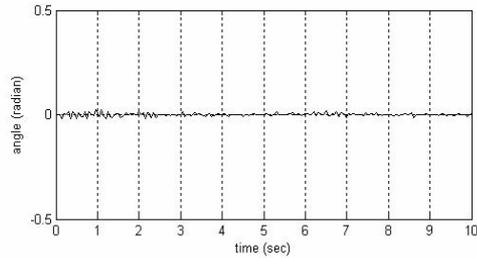
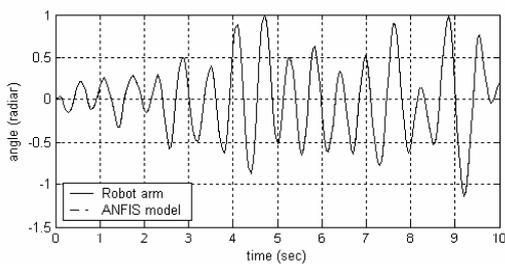
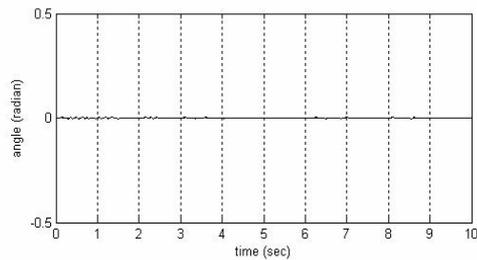
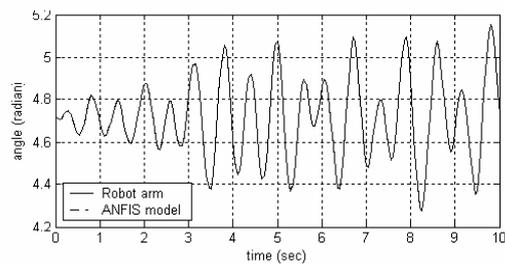
ภาพที่ 42 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID1 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแกนที่ 1 = 0.190521, ของแกนที่ 2 = 0.464457 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

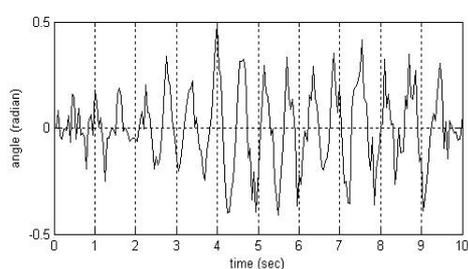
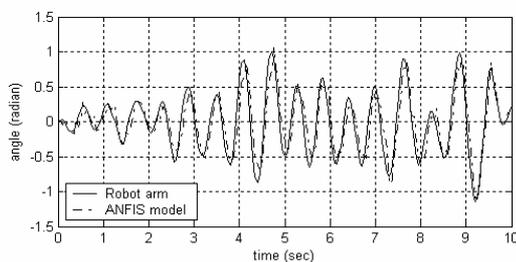
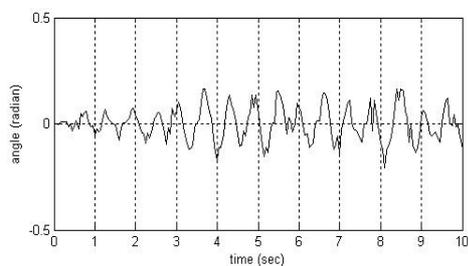
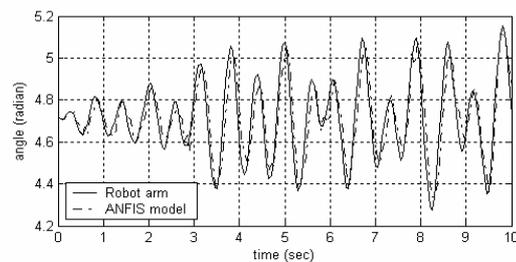
ภาพที่ 43 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแกนที่ 1 = 0.008141, ของแกนที่ 2 = 0.035204 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

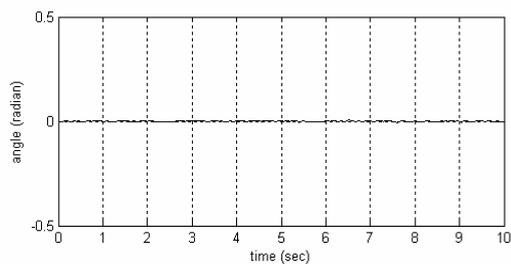
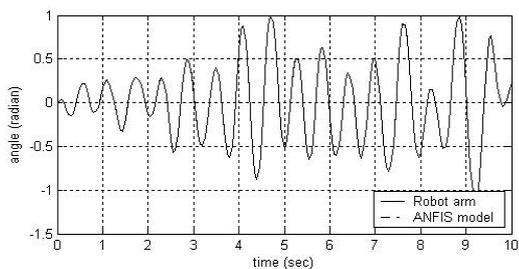
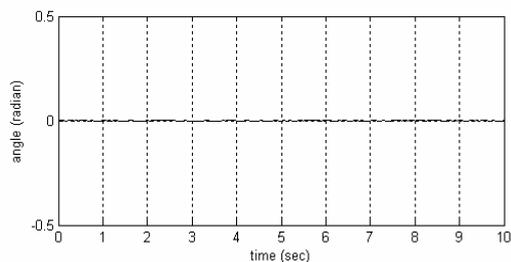
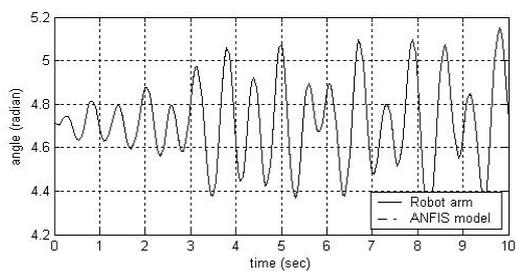
ภาพที่ 44 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID3 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแกนที่ 1 = 0.006263, ของแกนที่ 2 = 0.025638 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

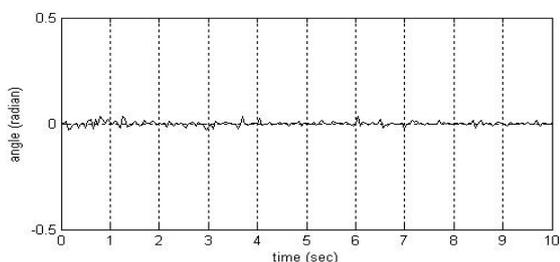
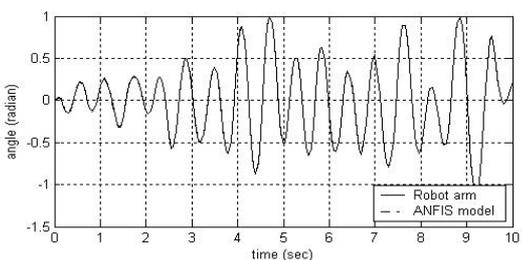
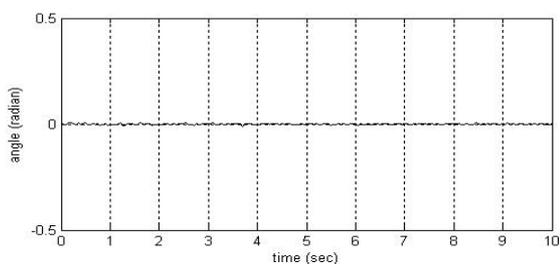
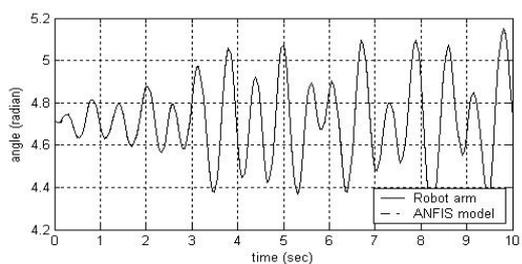
ภาพที่ 45 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID4 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแกนที่ 1 = 0.207895, ของแกนที่ 2 = 0.486322 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุท

(2) ค่าความแตกต่าง

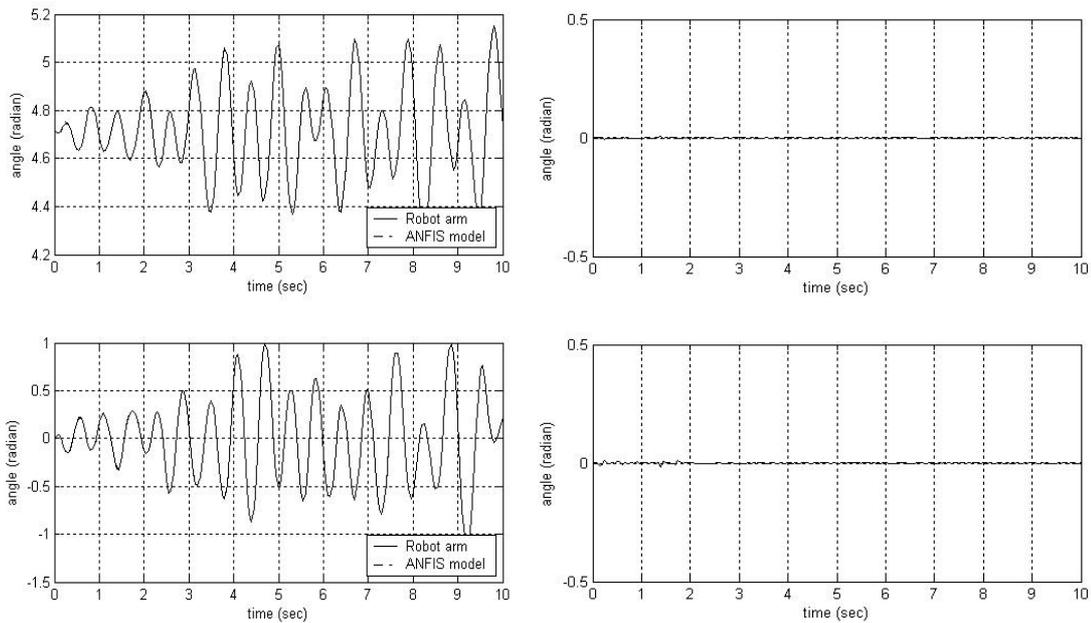
ภาพที่ 46 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุทของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID5 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแกนที่ 1 = 0.004527, ของแกนที่ 2 = 0.008411 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุท

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 47 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุทของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID6 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแกนที่ 1 = 0.010011, ของแกนที่ 2 = 0.035803 เรเดียน)



(1) เอาท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 48 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอาท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง openSID7 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.005477, ของแขนที่ 2 = 0.017485 เรเดียน)

2.2 กระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS สำหรับการทำให้ Closed-Loop System Identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ Feedback Linearization

หลังจากได้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลของระบบแขนหุ่นยนต์มาแล้ว เราจะนำเอาข้อมูลเอาท์พุตและอินพุตมาทำการจัดรูปเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับใช้ในกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS ที่เป็นตัวเลือกแบบต่าง ๆ ในที่นี้จะกำหนดให้มีทั้งหมด 7 แบบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4 จากนั้นก็นำแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ มาทำการเรียนรู้ และจะได้ผลการทดลองในส่วนของกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ สำหรับการหาแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ด้วยวิธี closed-loop system identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization โดยแสดงผลในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แบบจำลอง ANFIS ที่ใช้เป็นตัวเลือกแบบต่าง ๆ สำหรับการทดลอง Closed-Loop System Identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ Feedback Linearization

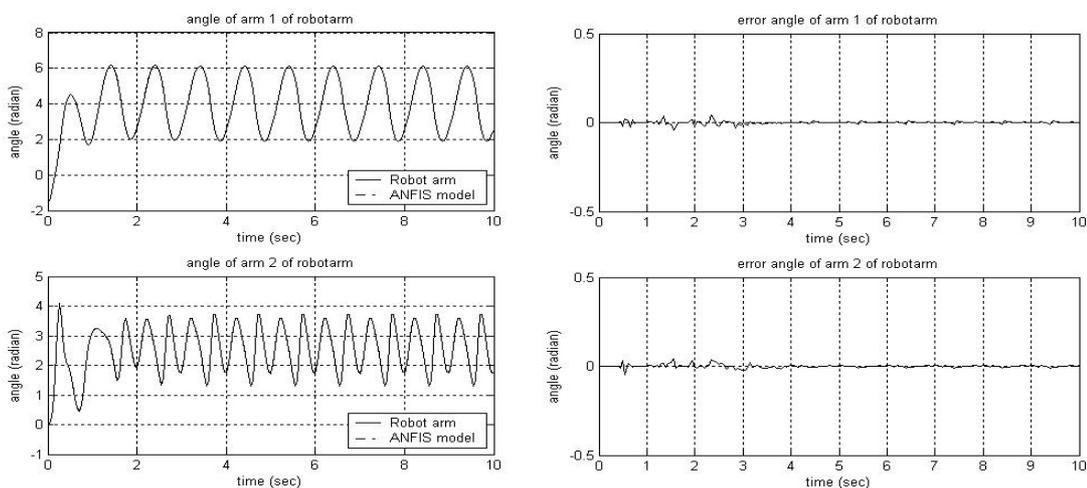
แบบจำลอง	ตัวแปรที่ใช้เป็นอินพุตสำหรับแบบจำลอง ANFIS
closedSID1	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_2(k)$
closedSID2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1)$
closedSID3	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_1(k-2), \theta_2(k), \theta_2(k-1), \theta_2(k-2)$
closedSID4	$\tau_1(k), \tau_1(k-1), \tau_2(k), \tau_2(k-1), \theta_1(k), \theta_2(k)$
closedSID5	$\tau_1(k), \tau_1(k-1), \tau_2(k), \tau_2(k-1), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1)$
closedSID6	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_2(k), \dot{\theta}_1(k), \dot{\theta}_2(k)$
closedSID7	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1), \dot{\theta}_1(k), \dot{\theta}_2(k)$

ตารางที่ 5 ผลการทดลองในส่วนกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS สำหรับการทำ Closed- Loop System Identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ Feedback Linearization

แบบจำลอง	RMSE		เวลาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้	
	แขนหุ่นยนต์ที่ 1	แขนหุ่นยนต์ที่ 2	ชั่วโมง	นาที
closedSID1	0.00862249	0.00916862	-	1
closedSID2	0.000143036	0.000170813	-	19
closedSID3	0.0000779193	0.000108299	12	37
closedSID4	0.000537421	0.000610442	-	17
closedSID5	0.000113219	0.000124208	12	6
closedSID6	0.000086744	0.00006675	-	18
closedSID7	0.0000445959	0.0000743614	12	43

ผลการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของระบบแขนหุ่นยนต์และข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากแบบจำลองของ ANFIS ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้สามารถแสดงได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง closedSID1 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 49 สำหรับแบบจำลอง closedSID2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 50 สำหรับแบบจำลอง closedSID3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 51 สำหรับแบบจำลอง closedSID4 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 52 สำหรับแบบจำลอง closedSID5

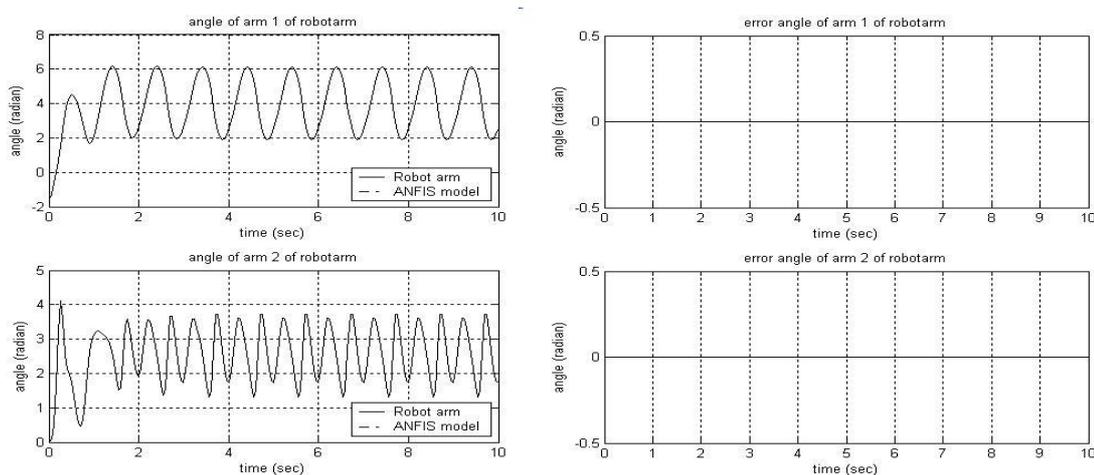
สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 53 สำหรับแบบจำลอง closedSID6 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 54 และสำหรับแบบจำลอง closedSID7 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 55



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

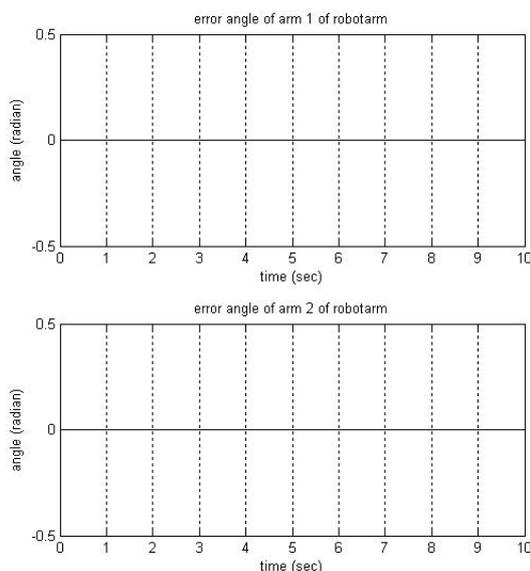
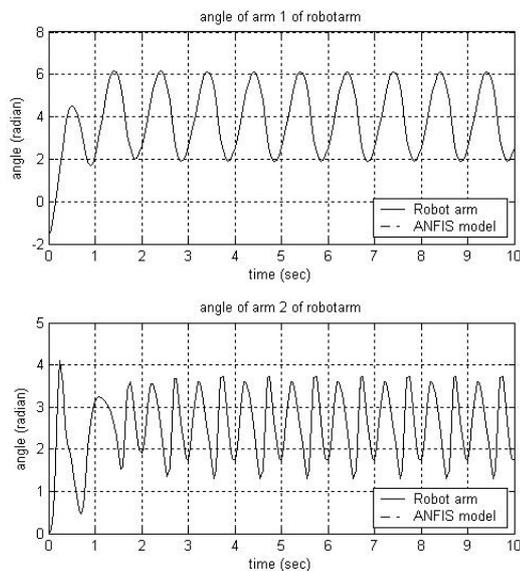
ภาพที่ 49 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID1 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.040516, ของแขนที่ 2 = 0.048274 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

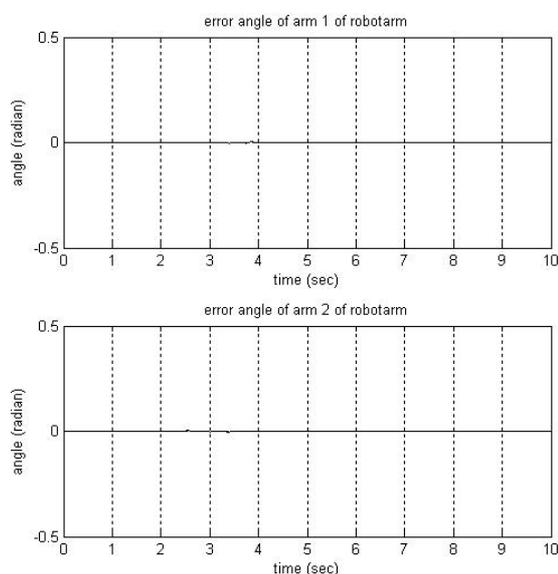
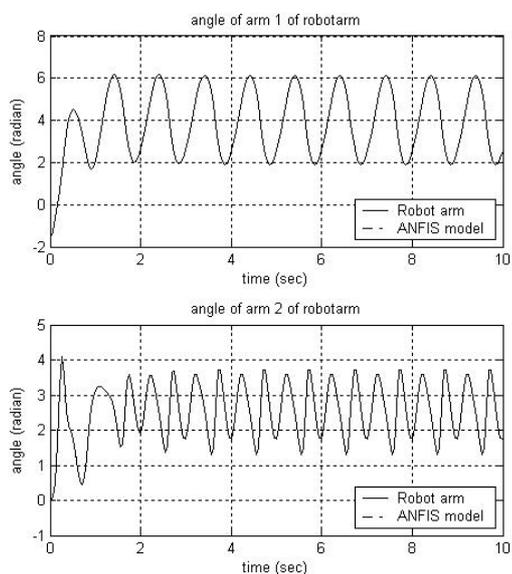
ภาพที่ 50 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000518, ของแขนที่ 2 = 0.001168)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

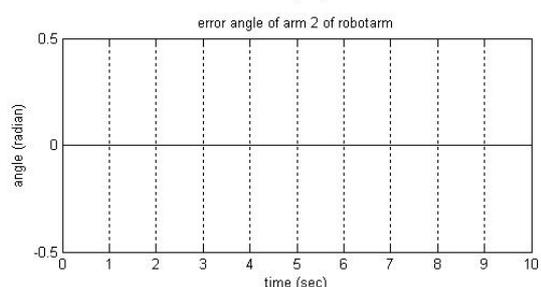
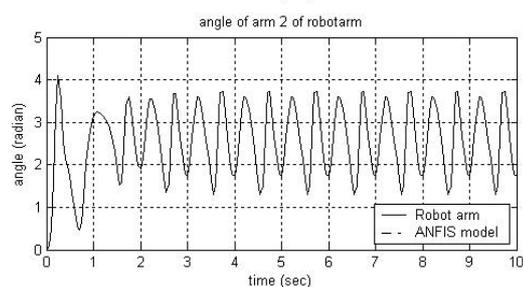
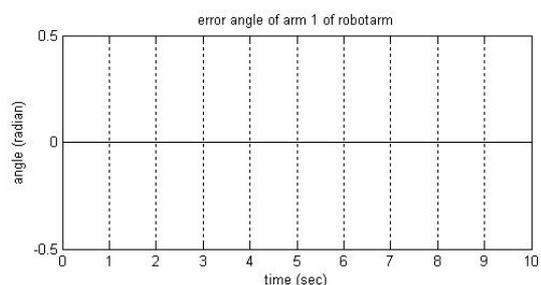
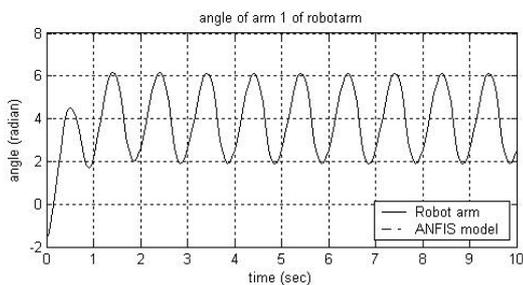
ภาพที่ 51 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID3 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000490, ของแขนที่ 2 = 0.000998 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

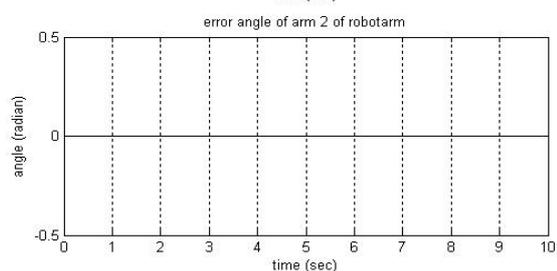
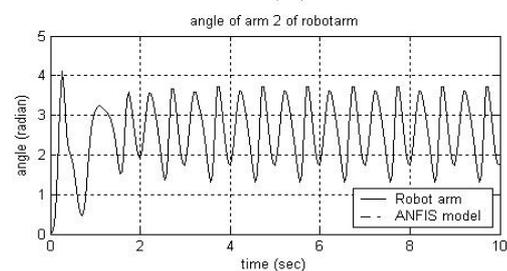
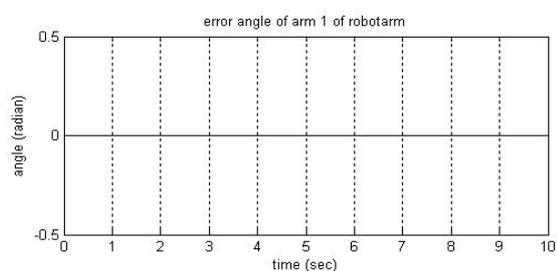
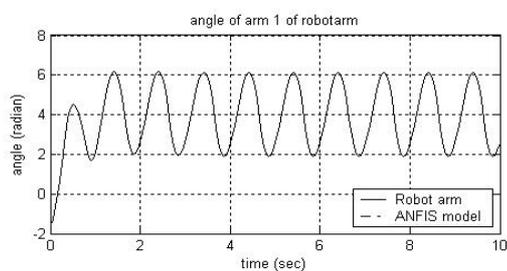
ภาพที่ 52 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID4 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.003899, ของแขนที่ 2 = 0.003433 เรเดียน)



(1) เอาร์ทพุต

(2) ค่าความแตกต่าง

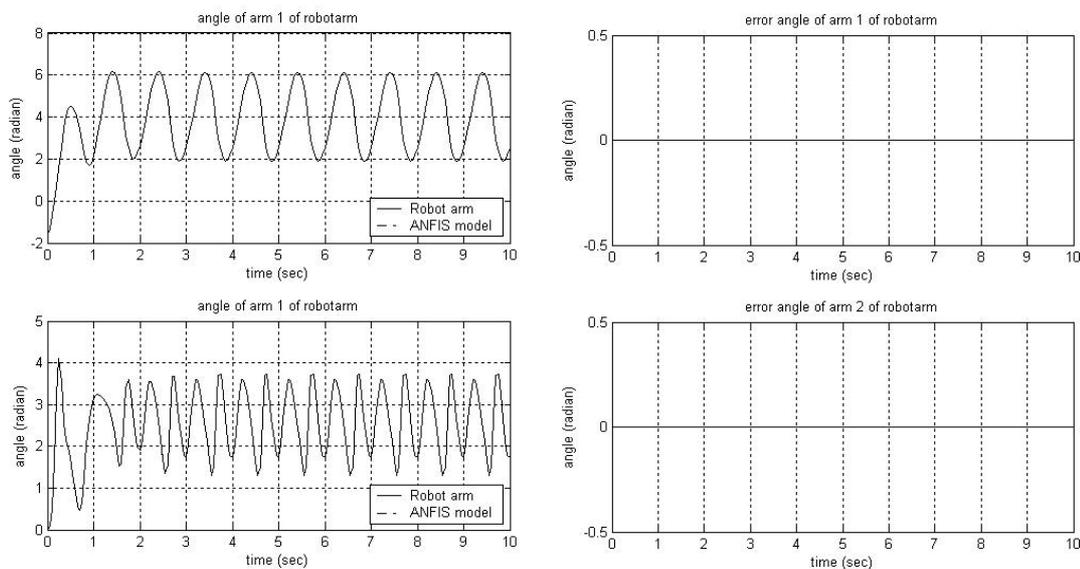
ภาพที่ 53 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอาร์ทพุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID5 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000881, ของแขนที่ 2 = 0.000724 เรเดียน)



(1) เอาร์ทพุต

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 54 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอาร์ทพุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID6 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000342, ของแขนที่ 2 = 0.000534 เรเดียน)



(1) เอาท์พุท

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 55 ผลการเปรียบเทียบระหว่างเอาท์พุทของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID7 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000347, ของแขนที่ 2 = 0.000538 เรเดียน)

2.3 กระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS สำหรับการทำให้ Closed-Loop System Identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD

หลังจากได้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลของระบบแขนหุ่นยนต์มาแล้ว เราจะนำเอาข้อมูล เอาท์พุทและอินพุทมาทำการจัดรูปเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับใช้ในกระบวนการเรียนรู้ของ แบบจำลอง ANFIS ที่เป็นตัวเลือกแบบต่าง ๆ ในที่นี้จะกำหนดให้มีทั้งหมด 7 แบบ สามารถแสดง ได้ดังตารางที่ 6 จากนั้นก็นำแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ มาทำการเรียนรู้ และจะได้ผลการ ทดลองในส่วนของกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ สำหรับการหา แบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ด้วยวิธี closed-loop system identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD โดยแสดงผลในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 แบบจำลอง ANFIS ที่ใช้เป็นตัวเลือกแบบต่าง ๆ สำหรับการทดลอง Closed-Loop System Identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD

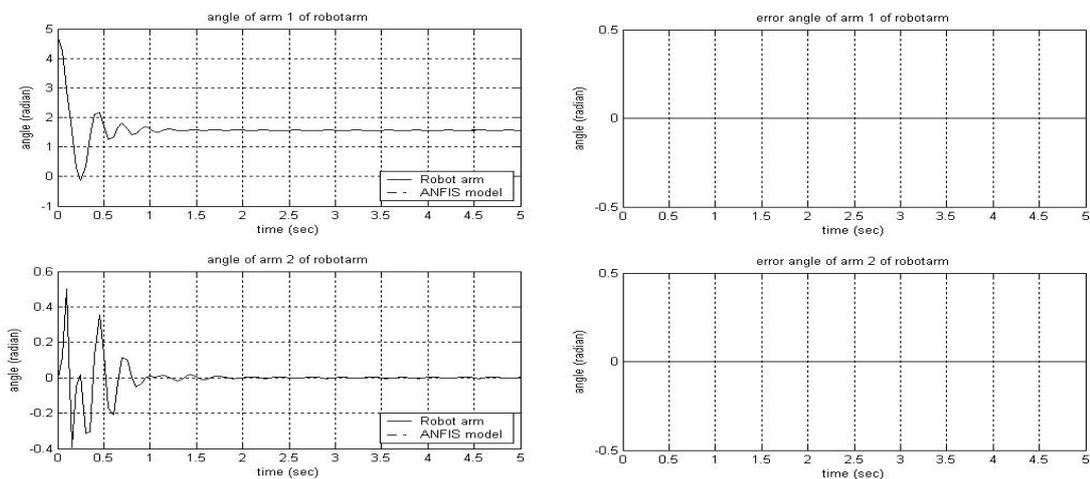
แบบจำลอง	ตัวแปรที่ใช้เป็นอินพุตสำหรับแบบจำลอง ANFIS
closedSID1_Exp2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_2(k)$
closedSID2_Exp2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1)$
closedSID3_Exp2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_1(k-2), \theta_2(k), \theta_2(k-1), \theta_2(k-2)$
closedSID4_Exp2	$\tau_1(k), \tau_1(k-1), \tau_2(k), \tau_2(k-1), \theta_1(k), \theta_2(k)$
closedSID5_Exp2	$\tau_1(k), \tau_1(k-1), \tau_2(k), \tau_2(k-1), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1)$
closedSID6_Exp2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_2(k), \dot{\theta}_1(k), \dot{\theta}_2(k)$
closedSID7_Exp2	$\tau_1(k), \tau_2(k), \theta_1(k), \theta_1(k-1), \theta_2(k), \theta_2(k-1), \dot{\theta}_1(k), \dot{\theta}_2(k)$

ตารางที่ 7 ผลการทดลองในส่วนกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS สำหรับการทำ Closed- Loop System Identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD

แบบจำลอง	RMSE		เวลาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้	
	แกนหุ่นยนต์ที่ 1	แกนหุ่นยนต์ที่ 2	ชั่วโมง	นาที
closedSID1_Exp2	0.000178785	0.000341932	-	1
closedSID2_Exp2	0.000136422	0.000292875	-	11
closedSID3_Exp2	0.00012667	0.000239127	6	23
closedSID4_Exp2	0.0000956273	0.000253568	-	11
closedSID5_Exp2	0.00011007	0.000235813	6	13
closedSID6_Exp2	0.000100794	0.000206897	-	12
closedSID7_Exp2	0.000234	0.000617	6	9

ผลการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของระบบแกนหุ่นยนต์และข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากแบบจำลองของ ANFIS ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้สามารถแสดงได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง closedSID1_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 56 สำหรับแบบจำลอง closedSID2_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 57 สำหรับแบบจำลอง closedSID3_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 58 สำหรับแบบจำลอง closedSID4_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 59

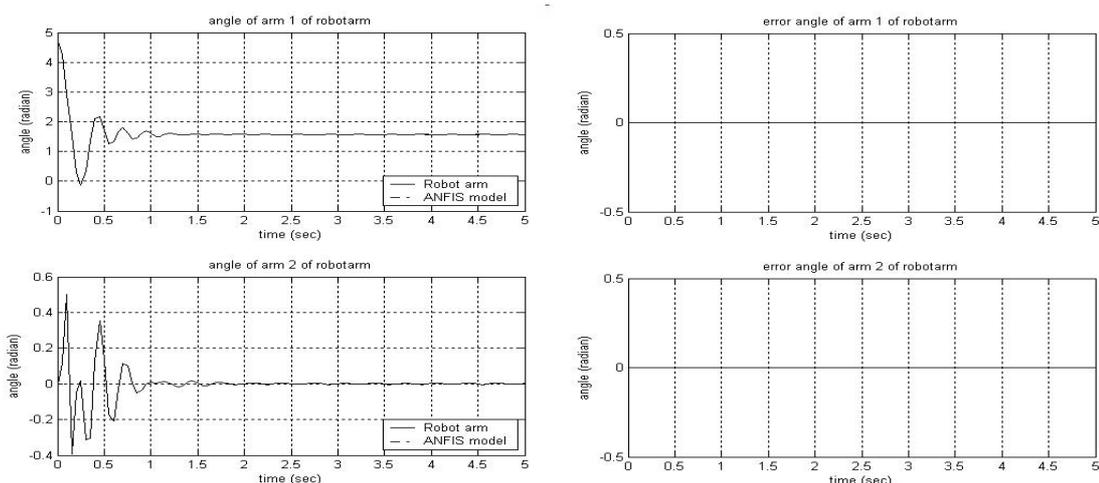
สำหรับแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 60 สำหรับแบบจำลอง closedSID6_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 61 และสำหรับแบบจำลอง closedSID7_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 62



(1) เอ้าท์พุท

(2) ค่าความแตกต่าง

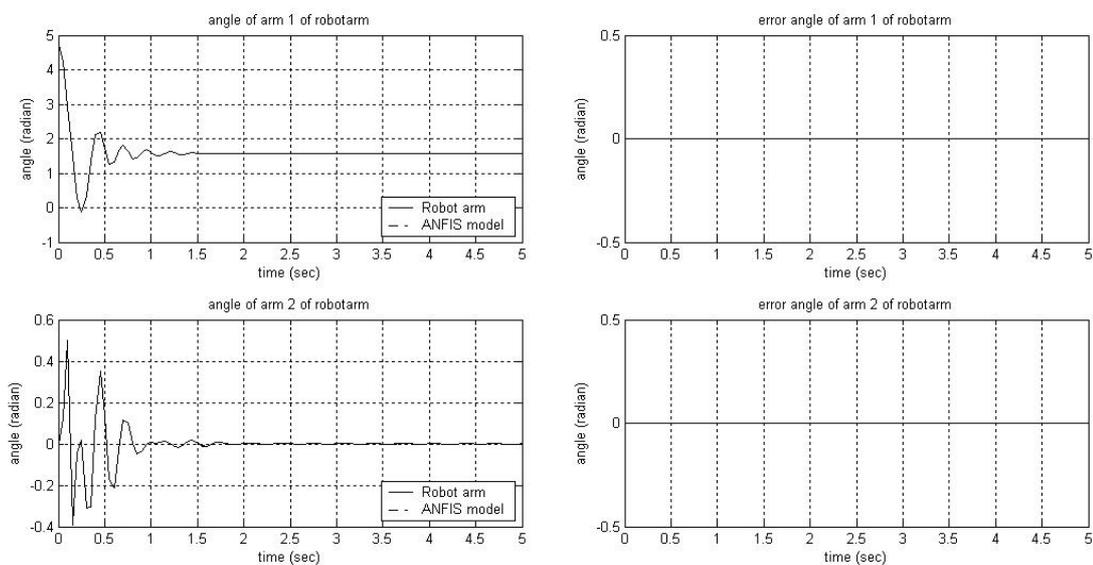
ภาพที่ 56 ผลการเปรียบเทียบเอ้าท์พุทของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID1_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000757, ของแขนที่ 2 = 0.001049 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุท

(2) ค่าความแตกต่าง

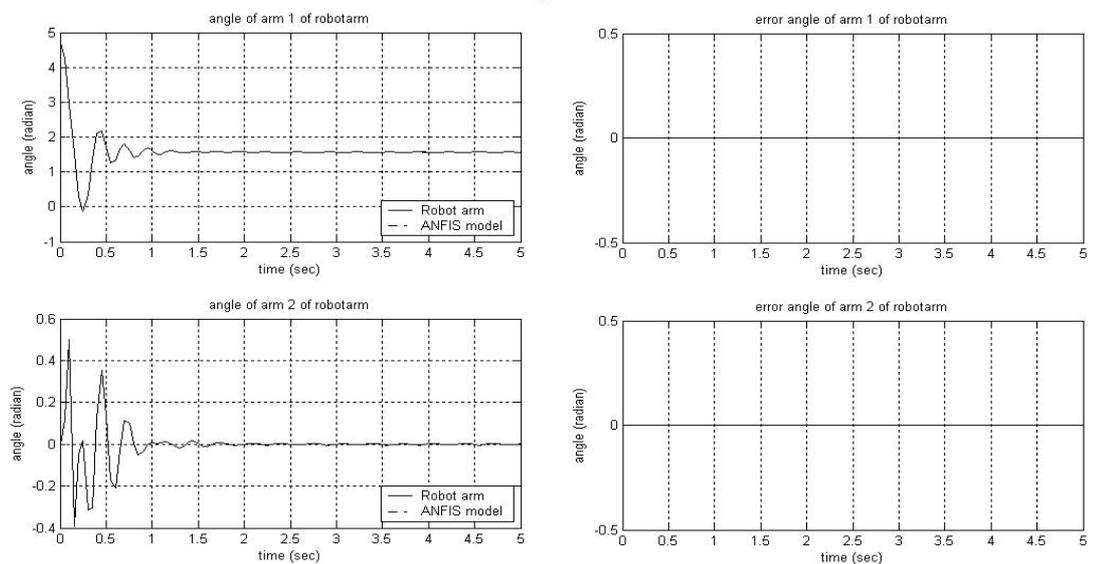
ภาพที่ 57 ผลการเปรียบเทียบเอ้าท์พุทของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID2_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000519, ของแขนที่ 2 = 0.000750 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

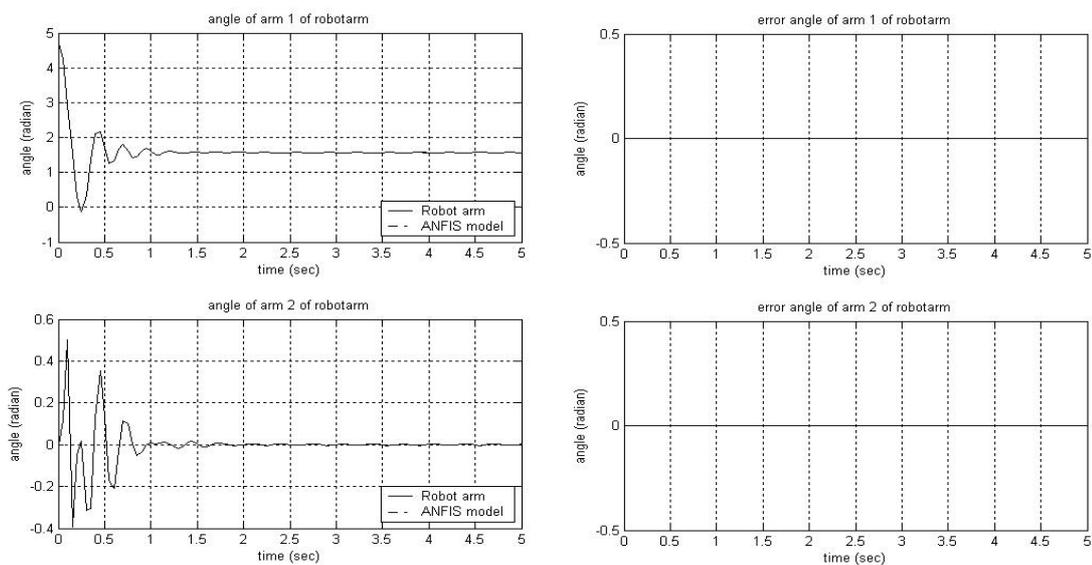
ภาพที่ 58 ผลการเปรียบเทียบเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID3_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000436, ของแขนที่ 2 = 0.000796 เรเดียน)



(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

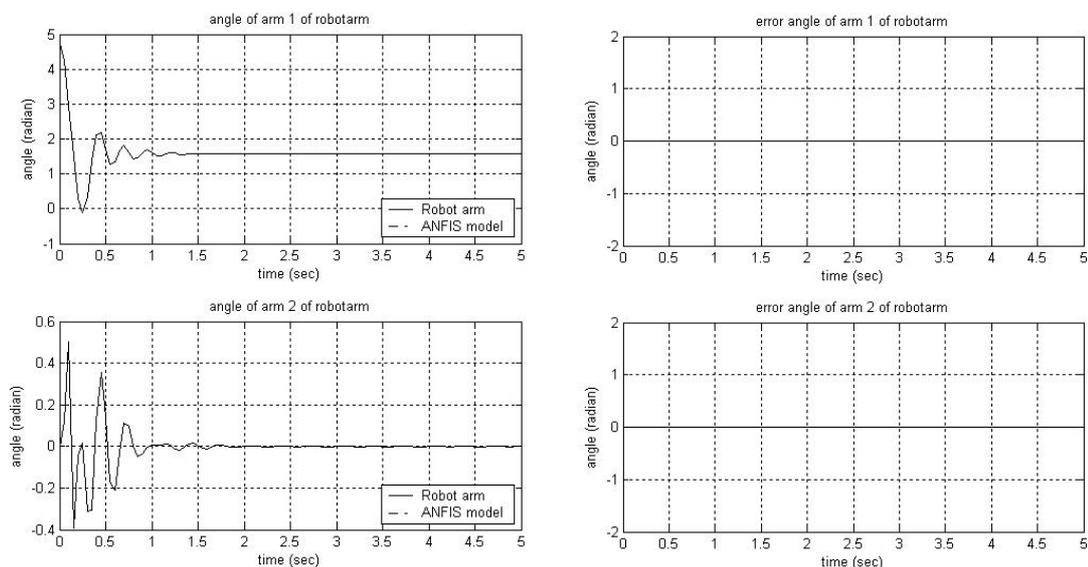
ภาพที่ 59 ผลการเปรียบเทียบเอ้าท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID4_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000242, ของแขนที่ 2 = 0.000702 เรเดียน)



(1) เอาท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

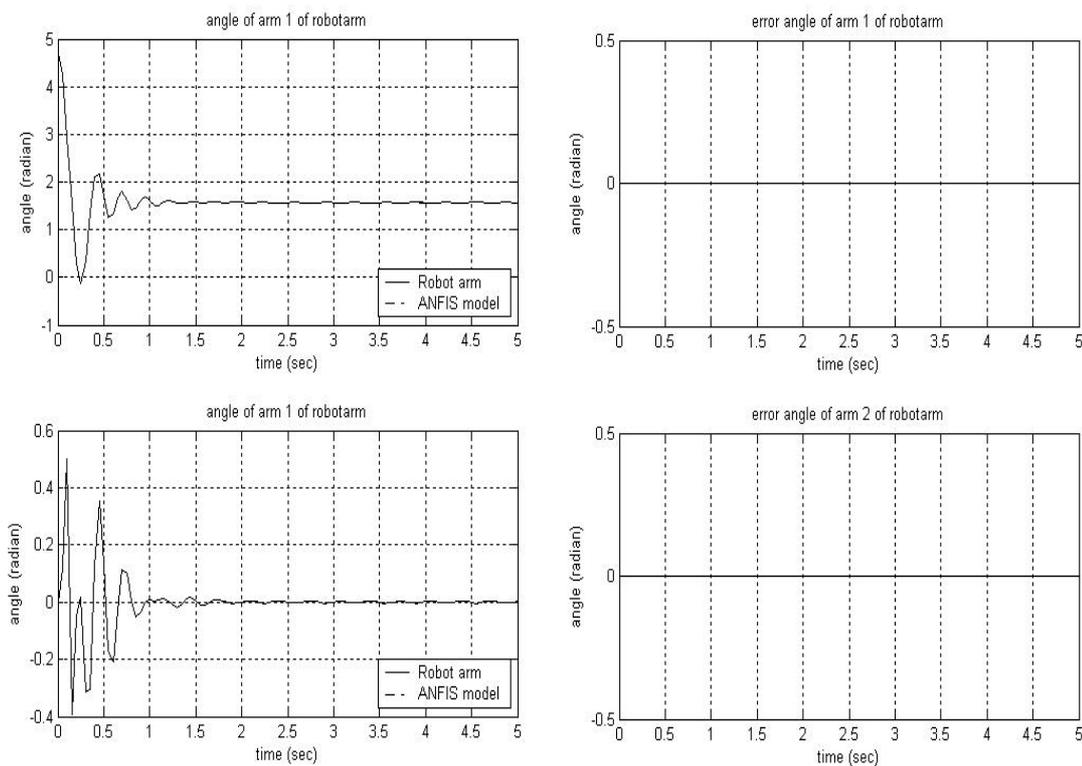
ภาพที่ 60 ผลการเปรียบเทียบเอาท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID5_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000243, ของแขนที่ 2 = 0.000688 เรเดียน)



(1) เอาท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 61 ผลการเปรียบเทียบเอาท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID6_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000298, ของแขนที่ 2 = 0.000581 เรเดียน)



(1) เอาท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 62 ผลการเปรียบเทียบเอาท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง closedSID7_Exp2 (มีค่าความแตกต่างสูงสุด ของแขนที่ 1 = 0.000234, ของแขนที่ 2 = 0.000617 เรเดียน)

2.4 วิเคราะห์ผลการทดลองกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ANFIS

จากผลการทดลองในส่วนของกระบวนการเรียนรู้ตามตารางที่ 3, 5 และตารางที่ 7 และจากการสังเกตภาพแสดงผลการเปรียบเทียบเอาท์พุตของระบบแขนหุ่นยนต์และเอาท์พุตของแบบจำลอง ANFIS ตั้งแต่ภาพที่ 42 จนถึงภาพที่ 62 จะพบว่าแบบจำลองของ ANFIS แบบ openSID1 และ แบบ openSID4 จะให้ค่าความผิดพลาด RMSE จากกระบวนการเรียนรู้ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง ANFIS แบบที่เหลือ ดังนั้นเราจะไม่ทำการเลือกแบบจำลอง openSID1 และ openSID4 มาใช้เป็นแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ ส่วนแบบจำลอง ANFIS ที่เหลือจะต้องนำมาผ่านการตรวจสอบอีกว่าสามารถนำมาใช้เป็นแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ได้หรือไม่