

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

ข้อมูลภาพที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้มี 3 ประเภท ประกอบด้วย ข้อมูลภาพใบหน้า ข้อมูลภาพลายนิ้วมือ และข้อมูลภาพลายเซ็น โดยข้อมูลภาพทั้ง 3 ประเภทจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการเตรียมข้อมูลก่อน จากนั้นข้อมูลจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ของ Modified Hausdorff ARTMAP ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองด้วย Modified Hausdorff ARTMAP มีพารามิเตอร์หลายตัวประกอบด้วย

- similar_vigilance คือ ค่า threshold ค่าหนึ่งบอกถึงค่าความแตกต่างที่สามารถยอมรับได้ หากค่าความเหมือนที่หาได้จากการเปรียบเทียบในกระบวนการเรียนรู้มีค่าน้อยกว่าค่า

similar_vigilance แสดงว่ามีความเหมือนกันมากเพียงพอ

- dissimilar_vigilance คือ ค่า threshold ค่าหนึ่งที่บอกถึงค่าความแตกต่างที่สามารถยอมรับได้ หากค่าความเหมือนที่หาได้จากการเปรียบเทียบในกระบวนการเรียนรู้มีค่ามากกว่าค่า dissimilar_vigilance แสดงว่ามีความแตกต่างกันมากเพียงพอ

- x_size คือค่าขนาดความยาวของ reference pattern ในตอนเริ่มต้นของการเรียนรู้ในแต่ละ input pattern

- y_size คือค่าขนาดความกว้างของ reference pattern ในตอนเริ่มต้นของการเรียนรู้ในแต่ละ input pattern

- step คือจำนวนพิกเซลที่ข้ามเพื่อกำหนดจุดศูนย์กลางใหม่จุดถัดไป

- x_area คือพื้นที่ในแนวแกน x ที่ใช้ในการสแกน ในแต่ละด้านของจุดศูนย์กลางภาพ

- y_area คือพื้นที่ในแนวแกน y ที่ใช้ในการสแกน ในแต่ละด้านของจุดศูนย์กลางภาพ

4.2 การทดลอง และผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าด้วย Modified Hausdorff ARTMAP

งานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้ภาพใบหน้าที่เป็นมาตรฐานจำนวน 2 ฐานข้อมูล คือ ฐานข้อมูลใบหน้า ORL [16] และฐานข้อมูลใบหน้า Yale [17]

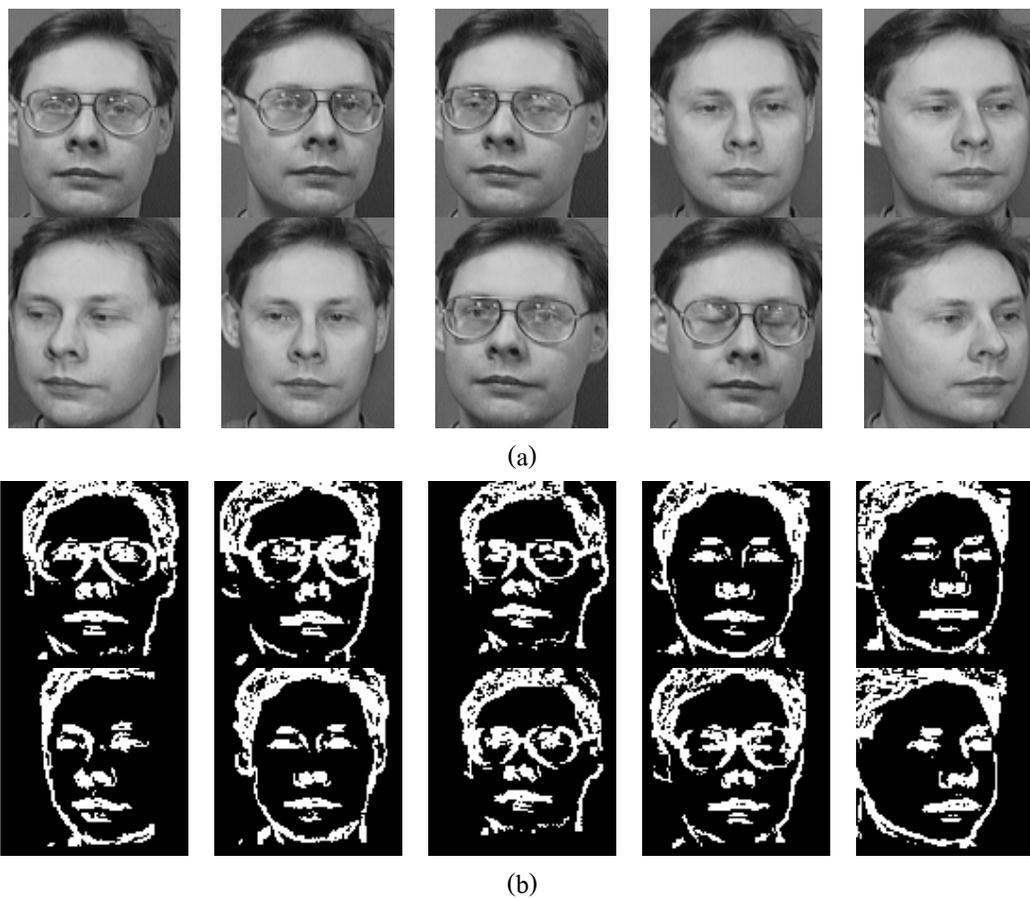
4.2.1 การทดลอง และผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าฐานข้อมูล ORL

4.2.1.1 ผลการทดลองการรู้จำลายภาพใบหน้าฐานข้อมูล ORL ด้วย Modified Hausdorff ARTMAP

ภาพใบหน้าในฐานข้อมูล ORL [16] ประกอบด้วยภาพใบหน้าบุคคล 40 คน คนละ 10 ภาพ ทั้งหมดเป็นภาพระดับสีเทา ขนาด 92×112 พิกเซล โดยแต่ละภาพมีการให้แสงในตำแหน่งแตกต่างกัน และมีการแสดงสีหน้าแตกต่างกัน เช่น ภาพยิ้มตา ภาพหลับตา ภาพอึ้ง ภาพสวมแว่นตา หลังจากกระบวนการเตรียมข้อมูลภาพทั้งหมดถูกเปลี่ยนจากภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ และขนาดของภาพถูกปรับขนาดเท่ากับ 100×100 พิกเซล งานวิจัยนี้ใช้ภาพในการเรียนรู้คนละ 4 ภาพ และใช้ในการทดสอบหาอัตราความถูกต้องคนละ 6 ภาพ รวมภาพที่ใช้เรียนรู้ทั้งหมด 160 ภาพ และใช้ในการทดสอบทั้งหมด 240 ภาพ โดยรูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างภาพใบหน้าฐานข้อมูล ORL ตารางที่ 4.1 แสดงหมายเลขภาพของแต่ละบุคคลที่ใช้ในการเรียนรู้ ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลอง ซึ่งผลการทดลองใช้พารามิเตอร์ดังนี้

- similar_vigilance = 0.7
- dissimilar_vigilance = 1.5
- x_size = 73
- y_size = 73
- step = 6
- x_area = 6
- y_area = 6



รูปที่ 4.1 (a) แสดงภาพต้นฉบับภาพใบหน้าฐานข้อมูล ORL (b) แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลแล้ว

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงหมายเลขภาพใบหน้าที่ใช้ในการเรียนรู้

บุคคล	ภาพใบหน้าที่ใช้เรียนรู้
1	2, 3, 6, 8
2	12, 14, 15, 16
3	21, 22, 25, 28
4	31, 32, 34, 40
5	42, 43, 46, 50
6	51, 56, 57, 59
7	61, 63, 64, 70
8	73, 76, 79, 80
9	83, 87, 89, 90

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

บุคคล	ภาพใบหน้าที่ใช้เรียนรู้
10	94, 98, 99, 100
11	102, 104, 105, 110
12	113, 116, 117, 118
13	124, 126, 128, 130
14	131, 133, 139, 140
15	142, 144, 145, 148
16	157, 158, 159, 160
17	164, 165, 167, 170
18	172, 175, 176, 177
19	183, 184, 186, 188
20	191, 194, 198, 200
21	204, 205, 207, 210
22	212, 214, 216, 218
23	225, 227, 229, 230
24	231, 233, 237, 238
25	241, 242, 248, 249
26	252, 253, 254, 257
27	261, 262, 267, 270
28	272, 274, 276, 280
29	282, 285, 288, 289
30	293, 294, 295, 296
31	302, 307, 308, 310
32	311, 314, 317, 318
33	321, 325, 326, 328
34	331, 334, 337, 338
35	342, 343, 346, 349
36	352, 355, 357, 360
37	361, 366, 367, 370
38	376, 377, 378, 379
39	382, 384, 385, 390

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

บุคคล	ภาพใบหน้าที่ใช้เรียนรู้
40	392, 393, 397, 400
รวม	160

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

จำนวน reference pattern	จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้	ค่าความถูกต้อง (%)	จำนวนภาพที่ตอบผิด
152	160	100.00	-

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าฐานข้อมูล ORL

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
1	6	4	2	16, 30
2	6	6	-	-
3	6	4	2	38, 40
4	6	5	1	17
5	6	6	-	-
6	6	6	-	-
7	6	6	-	-
8	6	6	-	-
9	6	6	-	-
10	6	6	-	-
11	6	6	-	-
12	6	6	-	-
13	6	6	-	-
14	6	6	-	-
15	6	6	-	-
16	6	6	-	-
17	6	6	-	-
18	6	6	-	-

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
19	6	6	-	-
20	6	6	-	-
21	6	6	-	-
22	6	6	-	-
23	6	3	3	9, 38, 39
24	6	6	-	-
25	6	6	-	-
26	6	6	-	-
27	6	6	-	-
28	6	6	-	-
29	6	6	-	-
30	6	6	-	-
31	6	6	-	-
32	6	6	-	-
33	6	6	-	-
34	6	6	-	-
35	6	6	-	-
36	6	6	-	-
37	6	6	-	-
38	6	6	-	-
39	6	6	-	-
40	6	6	-	-
รวม	240	232	8	-
เปอร์เซ็นต์		96.67	3.33	-

4.2.1.2 ผลการทดลองการรู้จำลายภาพใบหน้าฐานข้อมูล ORL ด้วย Modified Hausdorff ARTMAP เปรียบเทียบกับ Hausdorff ARTMAP [1]

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.3 Modified Hausdorff ARTMAP ให้ค่าความถูกต้อง 96.67 % โดยจำนวนโหนดที่ถูกสร้างใน Cluster Layer มีจำนวนเท่ากับ 152 โหนด ซึ่งขนาดของ

reference pattern ในตอนเริ่มต้นการเรียนรู้มีขนาดเท่ากับ 73×73 พิกเซล แต่เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้ ขนาดของ reference pattern มีขนาดเท่ากับ 83×83 พิกเซล จำนวน 152 โหนด ตารางที่ 4.4 แสดงภาพใบหน้าที่ใช้ในการทดสอบ และภาพใบหน้าที่ตอบผิด รวมทั้งระยะทางที่หาได้จากภาพใบหน้าที่ตอบผิด และภาพใบหน้าในกลุ่มเดียวกัน

ผลการทดลองของ Hausdorff ARTMAP [1] ให้ค่าความถูกต้องระหว่าง 94.17-95.42 % จำนวนโหนดใน Cluster Layer มีจำนวน 152-153 โหนด ค่าความถูกต้อง และจำนวนโหนดที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับลำดับของ input pattern ที่เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ โดยขนาดของ reference pattern ถูกกำหนดไว้ที่ขนาด 100×100 พิกเซล ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดของ input pattern

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงภาพใบหน้า และระยะทางของใบหน้าที่ตอบผิดกลุ่มของฐานข้อมูล ORL

กลุ่มของภาพที่ทดสอบ	ภาพที่ทดสอบ	กลุ่มของภาพที่ตอบผิด	ภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
1		18		1.1167	1.4204
1		30		1.3113	1.4068
3		40		1.0718	1.4627
3		38		1.0438	1.6214
4		17		1.7600	4.3837

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กลุ่มของภาพที่ทดสอบ	ภาพที่ทดสอบ	กลุ่มของภาพที่ตอบผิด	ภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
23		38		0.8719	1.0514
23		9		1.2550	1.5028
23		39		1.4210	1.5657

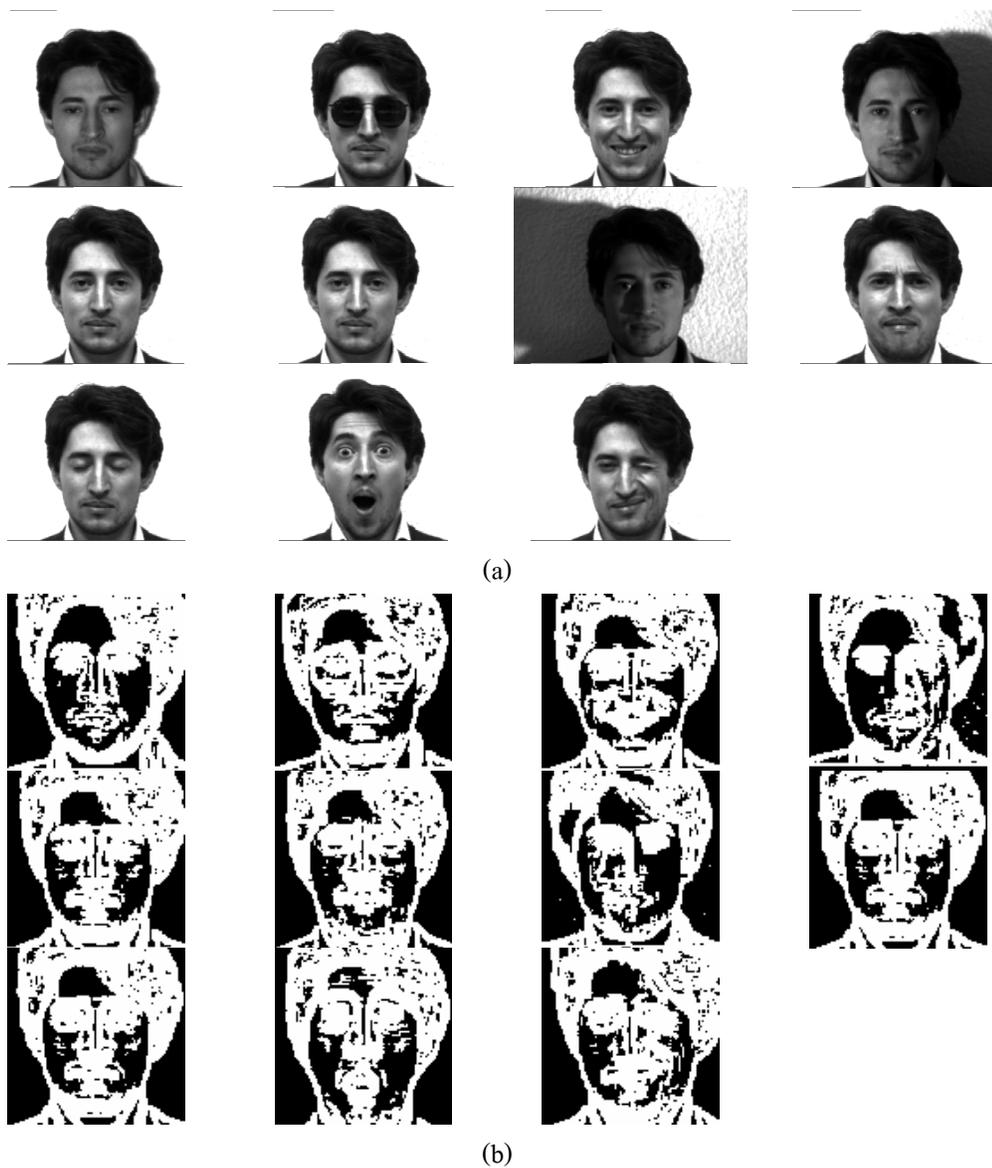
4.2.2 การทดลอง และผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าฐานข้อมูล Yale

4.2.2.1 ผลการทดลองการรู้จำลายภาพใบหน้าฐานข้อมูล Yale ด้วย Modified Hausdorff ARTMAP

ภาพใบหน้าในฐานข้อมูล Yale [17] ประกอบด้วยภาพใบหน้าบุคคล 15 คน คนละ 11 ภาพ ทั้งหมดเป็นภาพระดับสีเทา ขนาด 320×243 พิกเซล โดยแต่ละภาพมีการให้แสงในตำแหน่งแตกต่างกัน และมีการแสดงสีหน้าแตกต่างกัน ได้แก่ ภาพที่มีแสงเข้าจากตรงกลาง (center-light) ภาพสวมแว่นตา (w/glasses) ภาพใบหน้าที่มีความสุข (happy) ภาพที่แสงเข้าจากทางด้านซ้าย (left-light) ภาพใบหน้าที่ไม่สวมแว่นตา (w/no glasses) ภาพใบหน้าในอารมณ์ปกติ (normal) ภาพที่แสงเข้าทางด้านขวา (right-light) ภาพใบหน้าที่แสดงอารมณ์เศร้า (sad) ภาพหลับตา (sleepy) ภาพใบหน้าที่แสดงความประหลาดใจ (surprised) และภาพใบหน้าที่กำลังขยิบตา (wink) หลังจากกระบวนการเตรียมข้อมูลภาพทั้งหมดถูกเปลี่ยนจากภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ และขนาดของภาพถูกปรับขนาดเท่ากับ 100×100 พิกเซล งานวิจัยนี้ใช้ภาพในการเรียนรู้คนละ 6 ภาพ และใช้ในการทดสอบหาอัตราความถูกต้องคนละ 5 ภาพ รวมภาพที่ใช้ในการเรียนรู้ทั้งหมด 90 ภาพ และใช้ในการทดสอบทั้งหมด 75 ภาพ โดยรูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างภาพใบหน้าฐานข้อมูล Yale ตารางที่ 4.5 แสดงประเภทภาพของแต่ละบุคคลที่ใช้ในการเรียนรู้ ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลอง ซึ่งผลการทดลองใช้พารามิเตอร์ดังนี้

- similar_vigilance = 0.5
- dissimilar_vigilance = 1.1
- x_size = 73
- y_size = 73
- step = 2
- x_area = 2
- y_area = 2



รูปที่ 4.2 (a) แสดงภาพต้นฉบับภาพใบหน้าฐานข้อมูล Yale (b) แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลแล้ว

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงประเภทภาพใบหน้าที่ใช้ในการเรียนรู้

บุคคลที่	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้
1	center-light, happy, w/no glasses, sad, surprised, wink
2	center-light, left-light, w/no glasses, normal, surprised, wink
3	center-light, w/glasses, left-light, right-light, surprised, wink
4	happy, left-light, w/no glasses, normal, right-light, sleepy
5	w/glasses, happy, left-light, w/no glasses, right-light, sleepy

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

บุคคลที่	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้
6	center-light, w/glasses, left-light, w/no glasses, surprised, wink
7	center-light, w/glasses, happy, left-light, right-light, sleepy
8	center-light, w/glasses, left-light, normal, right-light, sad
9	center-light, w/glasses, left-light, normal, right-light, sad
10	center-light, w/glasses, normal, right-light, sad, wink
11	center-light, left-light, w/no glasses, right-light, sleepy, wink
12	center-light, w/glasses, happy, left-light, right-light, surprised
13	center-light, w/glasses, w/no glasses, normal, sad, sleepy
14	w/glasses, happy, left-light, w/no glasses, sad, sleepy
15	center-light, left-light, w/no glasses, normal, right-light, surprised
รวม	90

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

จำนวน reference pattern	จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้	ค่าความถูกต้อง (%)	จำนวนภาพที่ตอบผิด
36	90	96.67	3

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าฐานข้อมูล Yale

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
1	5	5	-	-
2	5	4	1	12
3	5	5	-	-
4	5	5	-	-
5	5	5	-	-
6	5	5	-	-
7	5	5	-	-
8	5	5	-	-
9	5	5	-	-

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
10	5	5	-	-
11	5	5	-	-
12	5	5	-	-
13	5	5	-	-
14	5	5	-	-
15	5	5	-	-
รวม	75	74	1	-
เปอร์เซ็นต์		98.67	1.33	-

4.2.2.2 ผลการทดลองการรู้จำลายภาพใบหน้าฐานข้อมูล Yale ด้วย Modified Hausdorff ARTMAP เปรียบเทียบกับ Hausdorff ARTMAP [1]

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.7 Modified Hausdorff ARTMAP ให้ค่าความถูกต้อง 98.67 % โดยจำนวนโหนดที่ถูกสร้างใน Cluster Layer มีจำนวนเท่ากับ 36 โหนด ซึ่งขนาดของ reference pattern ในตอนเริ่มต้นการเรียนรู้มีขนาดเท่ากับ 73×73 พิกเซล แต่เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้ ขนาดของ reference pattern มีขนาดเท่ากับ 93×93 พิกเซล จำนวน 35 โหนด และขนาด 88×88 พิกเซล จำนวน 1 โหนด ตารางที่ 4.8 แสดงภาพใบหน้าที่ใช้ในการทดสอบ และภาพใบหน้าที่ตอบผิด รวมทั้งระยะทางที่หาได้จากภาพใบหน้าที่ตอบผิด และภาพใบหน้าในกลุ่มเดียวกัน

ผลการทดลองของ Hausdorff ARTMAP [1] ให้ค่าความถูกต้องอยู่ระหว่าง 86.67-96.00 % จำนวนโหนดใน Cluster Layer มีจำนวน 35-43 โหนด ค่าความถูกต้อง และจำนวนโหนดที่ได้เพิ่มขึ้นอยู่กับลำดับของ input pattern ที่เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ โดยขนาดของ reference pattern ถูกกำหนดไว้ที่ขนาด 100×100 พิกเซล ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดของ input pattern

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงภาพใบหน้า และระยะทางของใบหน้าที่ตอบผิดกลุ่มของฐานข้อมูล Yale

กลุ่มของภาพที่ทดสอบ	ภาพที่ทดสอบ	กลุ่มของภาพที่ตอบผิด	ภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
2		12		0.5657	0.8326

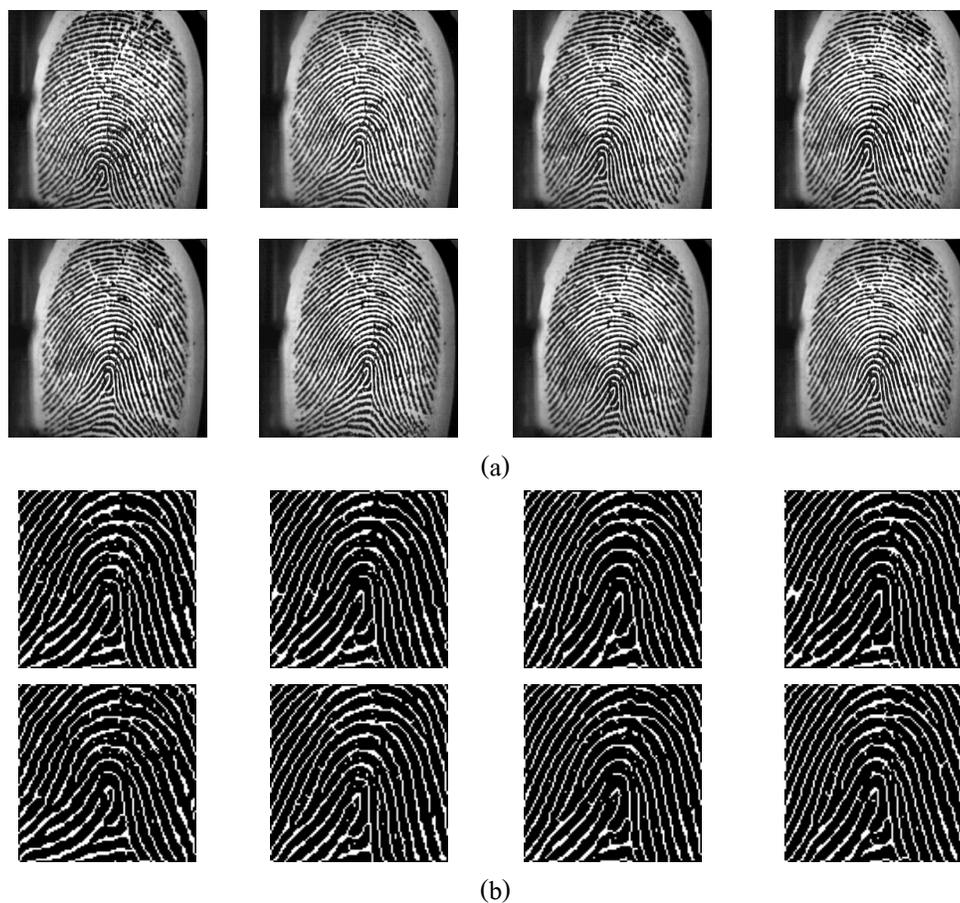
4.3 การทดลอง และผลการทดลองการรู้จำลายนิ้วมือ

4.3.1 ผลการทดลองการรู้จำลายนิ้วมือด้วย Modified Hausdorff ARTMAP

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้ข้อมูลลายนิ้วมือ FINGDB [13] ประกอบด้วยภาพลายนิ้วมือนิ้วหัวแม่มือของบุคคล 21 คน คนละ 8 ภาพ ทั้งหมดเป็นภาพระดับสีเทา ขนาด 256×256 พิกเซล หลังจากกระบวนการเตรียมข้อมูลมีขั้นตอนการแปลงภาพจากภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาวดำ มีขั้นตอนการหาจุดซิงกูลาร์ และมีการปรับขนาดภาพให้มีขนาดเท่ากับ 100×100 พิกเซล กระบวนการเตรียมข้อมูลนี้ทำให้ภาพที่บางภาพไม่สามารถใช้ในการเรียนรู้ได้ เนื่องจากการหาจุดซิงกูลาร์ไม่ได้ หรือเนื่องจากมีขนาดของภาพไม่ได้ตามขนาดที่กำหนดไว้ ทำให้ภาพลายนิ้วมือที่สามารถใช้ในการเรียนรู้ได้มีจำนวน 138 ภาพ โดยหมายเลขภาพลายนิ้วมือที่สามารถใช้ในการเรียนรู้ และหมายเลขภาพที่ใช้ในการทดสอบ แสดงไว้ในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือฐานข้อมูล FINGDB 4.10 แสดงผลการทดลองระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลอง ซึ่งผลการทดลองใช้พารามิเตอร์ดังนี้

- similar_vigilance = 0.9
- dissimilar_vigilance = 1.1
- x_size = 73
- y_size = 73
- step = 3
- x_area = 6
- y_area = 6



รูปที่ 4.3 (a) แสดงภาพต้นฉบับภาพลายนิ้วมือฐานข้อมูล FINGDB (b) แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลแล้ว

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงหมายเลขภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการเรียนรู้และการทดสอบ

บุคคล	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้	ภาพที่ใช้ในการทดสอบ
1	1, 3, 4, 5, 6	7, 8
2	1, 2, 3, 4, 5	6, 8
3	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
4	1, 2, 3, 4, 5	6, 8
5	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
6	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
7	1, 4, 5, 7	8
9	1, 2, 3, 4	5, 7
10	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

บุคคล	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้	ภาพที่ใช้ในการทดสอบ
11	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
12	1, 2, 3, 4	6, 8
13	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
14	1, 2, 3, 4, 6	7, 8
15	2, 3, 4, 5, 6	7, 8
16	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
17	1, 2, 3, 5	7, 8
18	1, 2, 3, 4, 5, 6	7, 8
19	1, 4, 5, 6	7, 8
20	1, 2, 3, 4	7, 8
21	1, 4, 7	8
รวม	100	38

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการรู้จำภาพใบหน้าระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

จำนวน reference pattern	จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้	ค่าความถูกต้อง (%)	จำนวนภาพที่ตอบผิด
39	100	100.00	-

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการรู้จำภาพลายนิ้วมือฐานข้อมูล FINGDB

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
1	2	2	-	-
2	2	2	-	-
3	2	2	-	-
4	2	2	-	-
5	2	2	-	-
6	2	2	-	-
7	1	1	-	-
9	2	2	-	-

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
10	2	2	-	-
11	2	2	-	-
12	2	2	-	-
13	2	2	-	-
14	2	2	-	-
15	2	2	-	-
16	2	2	-	-
17	2	2	-	-
18	2	2	-	-
19	2	2	-	-
20	2	2	-	-
21	1	1	-	-
รวม	38	38	0	-
เปอร์เซ็นต์		100.00	0.00	-

4.3.2 ผลการทดลองการรู้จำลายนิ้วมือด้วย Modified Hausdorff ARTMAP เปรียบเทียบกับ Hausdorff ARTMAP [1]

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.11 Modified Hausdorff ARTMAP ให้ค่าความถูกต้อง 100 % โดยจำนวนโหนดที่ถูกสร้างใน Cluster Layer มีจำนวนเท่ากับ 39 โหนด ซึ่งขนาดของ reference pattern ในตอนเริ่มต้นการเรียนรู้มีขนาดเท่ากับ 73×73 พิกเซล แต่เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้ขนาดของ reference pattern มีขนาดเท่ากับ 83×83 พิกเซล จำนวน 31 โหนด ขนาด 78×78 พิกเซล จำนวน 3 โหนด และขนาด 73×73 พิกเซล จำนวน 5 โหนด

ผลการทดลองของ Hausdorff ARTMAP [1] ให้ค่าความถูกต้อง 100 % เช่นกัน แต่จำนวนโหนดใน Cluster Layer มีจำนวนเท่ากับ 57 โหนด โดยขนาดของ reference pattern ถูกกำหนดไว้ที่ขนาด 80×80 พิกเซล

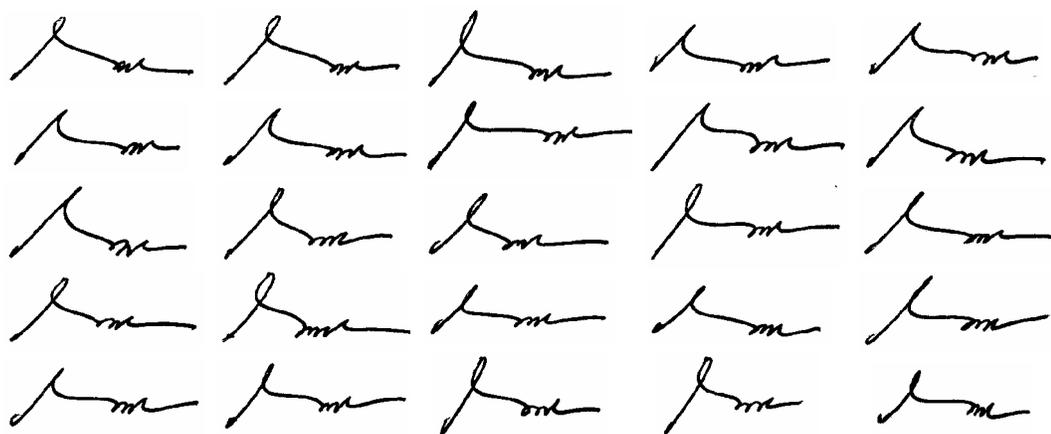
4.4 การทดลอง และผลการทดลองการรู้จำลายเซ็นด้วย Modified Hausdorff ARTMAP

4.4.1 ผลการทดลองการรู้จำลายเซ็นด้วย Modified Hausdorff ARTMAP

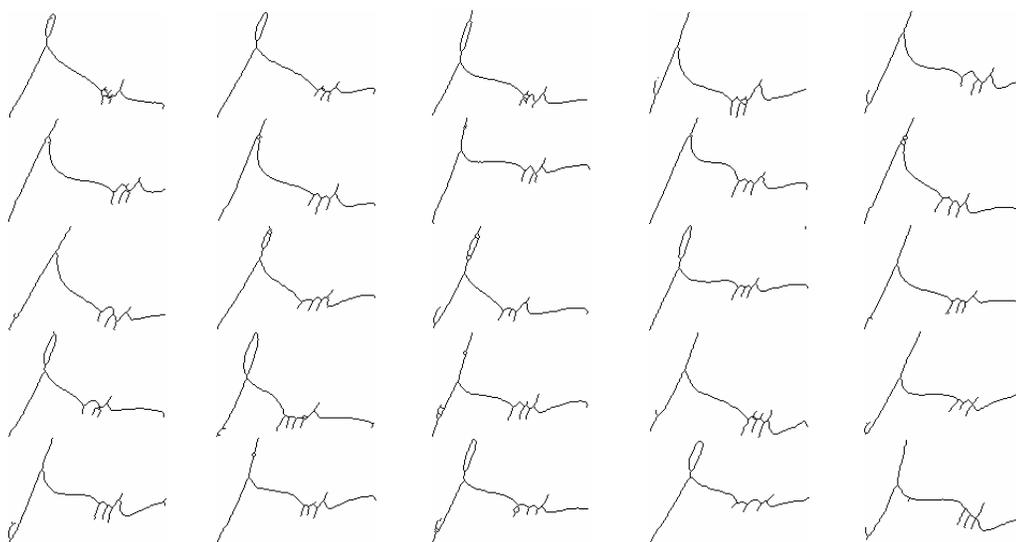
งานวิจัยชิ้นนี้ทำการเก็บลายเซ็นด้วยตัวผู้ทำวิจัยเอง โดยให้ผู้เซ็นลายเซ็น เช่นลายเซ็นลงบนกระดาษ A4 สีขาว โดยทำการเก็บลายเซ็นจำนวน 50 คน คนละ 40 ลายเซ็น ภาพทั้งหมดนำเข้าสู่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์โดยสแกนเนอร์ ใช้ความละเอียดในการสแกนเท่ากับ 300 dpi และเลือกชนิดการสแกนแบบสีขาวดำ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการเตรียมข้อมูล ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หลังจากกระบวนการเตรียมข้อมูลทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนที่ใช้ในการเรียนรู้จำนวนคนละ 10 ภาพ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ใช้ในการทดสอบจำนวนคนละ 15 ภาพ รวมภาพที่ใช้ในการเรียนรู้ทั้งหมด 500 ภาพ และใช้ในการทดสอบทั้งหมด 750 ภาพ โดยรูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างภาพลายเซ็นตารางที่ 4.12 แสดงหมายเลขภาพลายเซ็นของแต่ละบุคคลที่ใช้ในการเรียนรู้ 4.13 แสดงผลการทดลองระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลอง ซึ่งผลการทดลองใช้พารามิเตอร์ดังนี้

- similar_vigilance = 0.0182
- dissimilar_vigilance = 0.5
- x_size = 103
- y_size = 63
- step = 1
- x_area = 2
- y_area = 2



(a)



(b)

รูปที่ 4.4 (a) แสดงภาพต้นฉบับภาพลายเซ็น (b) แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลแล้ว

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงหมายเลขภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการเรียนรู้ และการทดสอบ

บุคคล	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้	ภาพที่ใช้ในการทดสอบ
1	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
5	1, 6, 8, 9, 14, 16, 22, 27, 28, 29	2, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 20, 21, 23, 25, 26
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
7	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	16, 17, 18, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 37, 39
8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

บุคคล	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้	ภาพที่ใช้ในการทดสอบ
9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 28, 29
14	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
16	6, 11, 14, 17, 18, 30, 38, 43, 49, 53	1, 5, 7, 8, 12, 15, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 39, 50
17	12, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18
18	1, 4, 6, 9, 13, 15, 21, 22, 23, 27	5, 7, 8, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 28, 29, 30
19	12, 18, 25, 27, 34, 35, 36, 37, 39, 40	2, 3, 4, 7, 8, 11, 15, 21, 22, 23, 26, 29, 30, 31, 32
20	1, 3, 4, 6, 10, 11, 29, 31, 34, 36	7, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 35, 37
21	19, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38	1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 26
22	2, 9, 17, 18, 26, 27, 31, 32, 36, 40	1, 3, 8, 10, 11, 13, 15, 20, 21, 23, 24, 30, 33, 37, 39
23	11, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 34, 38, 40	1, 2, 3, 4, 5, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 28, 29, 36
24	3, 4, 13, 14, 21, 22, 23, 25, 33, 36	2, 5, 7, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 24, 26, 28, 32, 34, 37
25	57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15, 16, 20, 21, 22, 28
26	12, 19, 26, 29, 32, 33, 37, 39, 40, 44	1, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22
27	7, 10, 14, 16, 23, 25, 28, 33, 34, 37	2, 4, 8, 9, 11, 12, 15, 17, 18, 21, 24, 26, 29, 30, 31
28	9, 13, 20, 21, 26, 28, 29, 32, 34, 38	3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 22, 23, 25
29	8, 11, 12, 18, 20, 23, 24, 31, 33, 36	5, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 26, 29, 32, 38
30	26, 28, 30, 32, 34, 36, 40, 43, 49, 50	1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31
31	8, 18, 31, 32, 34, 37, 38, 40, 42, 43	1, 2, 4, 6, 7, 11, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28
32	12, 14, 17, 21, 24, 29, 32, 35, 36, 40	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 18, 26, 27, 28, 30, 38, 39
33	1, 2, 5, 6, 8, 16, 20, 23, 25, 30	3, 4, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 24, 29
34	1, 3, 4, 9, 10, 25, 30, 31, 36, 37	6, 7, 11, 12, 13, 15, 19, 21, 24, 27, 32, 33, 34, 35, 38
35	20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 37	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19
36	11, 16, 22, 25, 30, 32, 34, 39, 43, 48	4, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 23, 26, 27, 33, 35
37	2, 7, 11, 15, 19, 22, 25, 32, 33, 34	4, 5, 14, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 35, 38, 40
38	3, 7, 26, 27, 30, 32, 33, 36, 38, 39	1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 31
39	17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 30, 31	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16
40	1, 3, 10, 11, 16, 18, 23, 26, 28, 34	2, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 21, 24, 29, 33, 36, 38, 39
41	6, 8, 12, 18, 20, 23, 31, 35, 36, 40	4, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34
42	6, 7, 9, 24, 25, 26, 27, 33, 34, 39	1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

บุคคล	ภาพที่ใช้ในการเรียนรู้	ภาพที่ใช้ในการทดสอบ
43	7, 9, 24, 25, 26, 29, 30, 32, 33, 37	1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
44	3, 9, 26, 29, 30, 31, 36, 37, 38, 40	2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24
45	6, 8, 15, 20, 23, 26, 27, 30, 35, 39	2, 5, 7, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 22, 24, 28, 29, 31, 40
46	4, 5, 10, 19, 22, 27, 31, 32, 33, 39	6, 7, 8, 9, 14, 15, 17, 18, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 40
47	23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34	1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
48	1, 11, 12, 13, 18, 21, 24, 25, 32, 35	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 30, 31, 36, 37, 38, 39, 40
49	4, 5, 6, 7, 8, 9, 32, 34, 38, 39	1, 3, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 28, 30
50	4, 5, 6, 7, 8, 9, 24, 31, 36, 40	1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
รวม	500	750

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบการรู้จำภาพใบหน้าระหว่าง reference pattern กับชุดข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้

จำนวน reference pattern	จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้	ค่าความถูกต้อง (%)	จำนวนภาพที่ตอบผิด
452	500	99.60	2

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการรู้จำภาพลายเซ็น

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
1	15	15	-	
2	15	14	1	38
3	15	9	6	7
4	15	14	1	1
5	15	11	4	25, 26, 36
6	15	15	-	-
7	15	15	-	-
8	15	14	1	7
9	15	15	-	-
10	15	14	1	8
11	15	13	2	12, 22
12	15	10	5	10, 13, 14, 25, 30

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
13	15	15	-	-
14	15	12	3	13
15	15	14	1	48
16	15	12	3	35, 43
17	15	15	-	-
18	15	12	3	12, 35
19	15	13	2	10, 40
20	15	12	3	24, 39, 47
21	15	14	1	2
22	15	14	1	13
23	15	13	2	6
24	15	11	4	9, 19, 29, 36
25	15	13	2	2, 3
26	15	14	1	25
27	15	12	3	1
28	15	11	4	4, 13, 21
29	15	13	2	9, 48
30	15	12	3	10, 13, 27
31	15	12	3	18, 26
32	15	10	5	2, 4, 20, 29, 47
33	15	15	-	-
34	15	11	4	4, 13, 27
35	15	14	1	21
36	15	14	1	21
37	15	10	5	16, 19, 27, 30, 34
38	15	11	4	1, 4
39	15	14	1	1
40	15	15	-	-
41	15	11	4	4

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

บุคคล	จำนวนภาพที่ใช้ในการทดสอบ	จำนวนภาพที่ตอบถูก	จำนวนภาพที่ตอบผิด	ลำดับบุคคลที่ตอบผิด
42	15	14	1	3
43	15	13	2	27
44	15	11	4	36, 40, 50
45	15	11	4	40, 50
46	15	12	3	20, 43
47	15	13	2	10, 30
48	15	10	5	1, 4, 40, 41
49	15	13	2	24, 41
50	15	14	1	40
รวม	750	639	111	
เปอร์เซ็นต์		85.20	14.80	-

4.4.2 ผลการทดลองการรู้จำลายเซ็นด้วย Modified Hausdorff ARTMAP เปรียบเทียบกับ

Hausdorff ARTMAP [1]

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.14 Modified Hausdorff ARTMAP ให้ค่าความถูกต้อง 85.20 % โดยจำนวนโหนดที่ถูกสร้างใน Cluster Layer มีจำนวนเท่ากับ 452 โหนด ซึ่งขนาดของ reference pattern ในตอนเริ่มต้นการเรียนรู้มีขนาดเท่ากับ 63×103 พิกเซล แต่เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเรียนรู้ ขนาดของ reference pattern มีขนาดเท่ากับ 93×133 พิกเซล จำนวน 452 โหนด ตารางที่ 4.15 แสดงระยะทางที่หาได้จากภาพลายเซ็นที่ตอบผิด และภาพลายเซ็นในกลุ่มเดียวกัน

ผลการทดลองของ Hausdorff ARTMAP [1] ให้ค่าความถูกต้อง 81.07 % เช่นกัน จำนวนโหนดใน Cluster Layer มีจำนวนเท่ากับ 497 โหนด โดยขนาดของ reference pattern ถูกกำหนดไว้ที่ขนาด 100×150 พิกเซล ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดของ input pattern

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงระยะทางของลายเซ็นที่ตอบผิด

กลุ่มของลายเซ็นที่ทดสอบ	กลุ่มของลายเซ็นที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
2	38	0.0302	0.0314
3	7	0.0136	0.0138
3	7	0.0129	0.0140

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

กลุ่มของลายเซ็นที่ทดสอบ	กลุ่มของลายเซ็นที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
3	7	0.0116	0.0130
3	7	0.0131	0.0141
3	7	0.0124	0.0134
3	7	0.0122	0.0133
4	1	0.0230	0.0235
5	36	0.030	0.0301
5	14	0.0294	0.0297
5	26	0.0287	0.0308
5	26	0.0288	0.0301
8	7	0.0147	0.0149
10	8	0.0285	0.0292
11	22	0.0326	0.0327
11	16	0.0343	0.0344
12	10	0.0277	0.0304
12	13	0.0266	0.0292
12	25	0.0281	0.0287
12	30	0.0292	0.0300
12	14	0.0280	0.0288
14	13	0.0237	0.0244
14	13	0.0268	0.0269
14	13	0.0237	0.0242
15	48	0.0312	0.0323
16	43	0.0325	0.0328
16	43	0.0287	0.0313
16	35	0.0311	0.0314
18	16	0.0396	0.0398
18	35	0.0408	0.0410
18	35	0.0381	0.0391
19	40	0.0349	0.0355

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

กลุ่มของลายเซ็นที่ทดสอบ	กลุ่มของลายเซ็นที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
19	7	0.0290	0.0295
20	39	0.0366	0.0368
20	47	0.0388	0.0409
20	24	0.0304	0.0304
21	2	0.0189	0.0192
22	16	0.0232	0.0238
23	6	0.0705	0.0707
23	6	0.0657	0.0667
24	9	0.0280	0.0287
24	29	0.0434	0.0435
24	36	0.0339	0.0356
24	19	0.0358	0.0358
25	2	0.0233	0.0246
25	3	0.0241	0.0251
26	28	0.0255	0.0288
27	1	0.0191	0.0197
27	1	0.0205	0.0207
27	1	0.0191	0.0192
28	13	0.0283	0.0284
28	4	0.0260	0.0265
28	4	0.0273	0.0278
28	21	0.0323	0.0324
29	48	0.0377	0.0379
29	9	0.0362	0.0365
30	10	0.0295	0.0295
30	13	0.0269	0.0275
30	27	0.0277	0.0282
31	18	0.0419	0.0445
31	26	0.0430	0.0452

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

กลุ่มของลายเซ็นที่ทดสอบ	กลุ่มของลายเซ็นที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
31	26	0.0436	0.0460
32	47	0.0449	0.0459
32	2	0.0461	0.0478
32	29	0.0410	0.0467
32	4	0.0429	0.0453
32	20	0.0442	0.0468
34	4	0.0275	0.0276
34	21	0.0274	0.0276
34	21	0.0246	0.0247
34	13	0.0253	0.0264
35	21	0.0296	0.0327
36	21	0.0256	0.0280
37	30	0.0357	0.0367
37	34	0.0382	0.0395
37	27	0.0338	0.0373
37	16	0.0382	0.0407
37	19	0.0372	0.0377
38	4	0.00268	0.0037
38	1	0.0257	0.0260
38	1	0.0234	0.0266
38	4	0.0241	0.0265
38	1	0.0254	0.0262
41	4	0.0232	0.0268
41	4	0.0242	0.0261
41	4	0.0277	0.0279
41	4	0.0229	0.0255
42	3	0.0190	0.0228
43	27	0.0246	0.0256
43	27	0.0229	0.0249

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

กลุ่มของลายเซ็นที่ทดสอบ	กลุ่มของลายเซ็นที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่ตอบผิด	ระยะทางของภาพที่น้อยที่สุดในกลุ่มเดียวกัน
44	40	0.0405	0.0415
44	50	0.0430	0.0435
44	50	0.0403	0.0404
44	36	0.0384	0.0387
45	40	0.0425	0.0430
45	50	0.0384	0.0421
45	50	0.0403	0.0411
45	40	0.0411	0.0442
46	20	0.0417	0.0446
46	43	0.0337	0.0358
46	43	0.0288	0.0325
47	10	0.0362	0.0367
47	30	0.0358	0.0359
48	1	0.0286	0.0290
48	40	0.0305	0.0321
48	28	0.0308	0.0309
48	4	0.0262	0.0272
48	41	0.0278	0.0283
49	41	0.0346	0.0375
49	24	0.0312	0.0367
50	40	0.0376	0.0381