

บทคัดย่อภาษาไทย.....	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	IV
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ.....	VII
สารบัญตาราง	XI
สารบัญภาพ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ	16
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	Error! Bookmark not defined.
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	Error! Bookmark not defined.
1.3 สมมติฐานในการทำวิจัย.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย	Error! Bookmark not defined.
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....	Error! Bookmark not defined.
1.6 โครงร่างของงานวิจัย	Error! Bookmark not defined.
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดภาพสามมิติให้ตรงกันและการซ้อนทับภาพ	15
2.1 บทนำ.....	15
2.2 วรรณกรรมของการซ้อนทับภาพ	15
บทที่ 3 เรขาคณิตเชิงอนุพันธ์	18
3.1 บทนำ.....	18
3.2 ความโค้งเกาส์เซียน.....	18
3.3 ความโค้งเฉลี่ย.....	19
บทที่ 4 การซ้อนทับภาพพื้นผิวใบหน้าสามมิติ	20
4.1 บทนำ.....	20
4.2 ประเภทของการซ้อนทับภาพ	20
4.2.1 การซ้อนทับภาพระหว่างภาพวัตถุเดียวกันและถ่ายภาพด้วยวิธีเดียวกัน.....	20

4.2.2 การซ้อนทับภาพระหว่างภาพวัตถุเดียวกันและถ่ายภาพต่างวิธีกัน	20
4.2.3 การซ้อนทับภาพระหว่างภาพวัตถุต่างชนิดกัน	21
4.3 วิธีการซ้อนทับภาพ.....	21
4.4 การคำนวณเส้นโค้งเชิงพาราโบลาเป็นจุดเด่นเอกลักษณ์เพื่อการซ้อนทับภาพสามมิติ ..	21
4.5 การคำนวณค่าปริมาตรเป็นศูนย์และแรงบิดเป็นศูนย์เป็นจุดเด่นเอกลักษณ์เพื่อการซ้อนทับภาพสามมิติ	23
บทที่ 5 การจัดพื้นผิวให้ตรงกัน.....	25
5.1 บทนำ.....	25
5.2 การหาความสอดคล้องระหว่างจุดเด่นเอกลักษณ์	25
5.3 การหาเมตริกซ์การแปลงระหว่างเส้นโค้งเชิงพาราโบลา	26
บทที่ 6 ระบบการถ่ายภาพและการคำนวณตัวแปร	29
6.1 บทนำ.....	29
6.2 การถ่ายภาพด้วยเทคนิคสเตอริโอ.....	29
6.3 การสร้างภาพพื้นผิวสามมิติ	30
6.4 เวคเตอร์สัมผัส.....	32
6.5 เวคเตอร์ปกติ.....	33
6.6 คำนวณหาความโค้งเกาส์เซียน	33
6.7 การคำนวณหาเส้นโค้งเชิงพาราโบลา	35
6.8 การคำนวณหาตำแหน่งจุดเด่นเอกลักษณ์.....	37
บทที่ 7 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง	40
7.1 บทนำ.....	40
7.2 การทดลองเกี่ยวกับความโค้งเกาส์เซียนและความคงสภาพ	40
7.3 การทดลองเกี่ยวกับความคงสภาพของเส้นโค้งเชิงพาราโบลาและจุดแรงบิดเป็นศูนย์ ...	45
7.4 การทดลองซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกันของใบหน้าสามมิติที่ข้อมูลภาพขาดหายไปบางส่วน.....	49

7.5 การทดลองซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกันของใบหน้าสามมิติโดยใช้ข้อมูลภาพบริเวณจมูก.....	52
7.6 การทดลองซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกันของใบหน้าสามมิติที่แสดงอารมณ์ปกติและอ้าปากค้าง.....	54
7.7 การทดลองซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกันของใบหน้าสามมิติที่แสดงอารมณ์สีหน้าแตกต่างกันและการระบุตัวบุคคล.....	59
บทที่ 8 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	65
บทที่ 9 บทนำการจับคู่ภาพลายพิมพ์นิ้วมือ.....	68
9.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	68
9.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	68
9.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	69
9.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	69
9.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	69
บทที่ 10 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจับคู่ภาพลายพิมพ์นิ้วมือและการยืนยันหรือระบุตัวบุคคลด้วยภาพลายพิมพ์นิ้วมือ.....	70
10.1 บทนำ.....	70
10.2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	71
บทที่ 11 แนวคิดและทฤษฎีการจับคู่ภาพลายพิมพ์นิ้วมือโดยอาศัยความไม่แปรผันทางเรขาคณิต.....	74
11.1 การสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มจุด minutiae.....	74
11.2 การจับคู่ภาพลายพิมพ์นิ้วมือโดยอาศัยจุด minutiae.....	74
11.3 การตรวจสอบและการระบุตัวบุคคลด้วยภาพลายพิมพ์นิ้วมือ.....	82
บทที่ 12 คุณลักษณะที่ได้จากการใช้ฟลเตอร์แบบหลายทิศทางที่นำมาใช้ในการยืนยันหรือระบุตัวบุคคลด้วยภาพลายพิมพ์นิ้วมือ.....	83

12.1 การหาคุณลักษณะที่ได้จากการใช้ฟิลเตอร์แบบหลายทิศทาง	83
12.2 การจับคู่เวกเตอร์คุณลักษณะที่ได้จากการใช้ฟิลเตอร์แบบหลายทิศทาง	86
บทที่ 13 วิธีการดำเนินการวิจัย และผลการวิจัยการยืนยันหรือระบุตัวบุคคลด้วยภาพลายพิมพ์นิ้วมือ	87
13.1 การลงทะเบียนภาพลายพิมพ์นิ้วมือ โดยอาศัยการจับคู่ของจุด minutiae	87
13.2 การยืนยันตัวบุคคลด้วยภาพลายพิมพ์นิ้วมือ โดยอาศัยคุณลักษณะที่ผนวกกันซึ่งได้จาก รูปสามเหลี่ยมที่สร้างจาก minutiae	93
บทที่ 14 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะการยืนยันหรือระบุตัวบุคคลด้วยภาพลายพิมพ์นิ้ว มือ	100
เอกสารอ้างอิง	Error! Bookmark not defined.
ประวัติผู้เขียน	Error! Bookmark not defined.9
ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์	110

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
7.1 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สามมิติของบริเวณที่เว้า (สีน้ำตาล) ภายใต้การแปลงต่างๆ.....	44
7.2 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สามมิติของบริเวณที่นูน (สีน้ำเงิน) ภายใต้การแปลงต่างๆ.....	45
7.3 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยของมิลลิเมตรระหว่างภาพต้นฉบับกับภาพภายใต้การแปลงต่างๆ.....	48
7.4 ผลการทดลองลงทะเบียนภาพในกรณีที่ข้อมูลภาพสามมิติไม่สมบูรณ์.....	52
7.5 ผลการทดลองลงทะเบียนภาพระหว่างใบหน้าต้นฉบับทั้งหมดกับบริเวณจมูกเท่านั้น.....	52
7.6 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของใบหน้าปกติและขณะอ้าปากค้าง.....	57
7.7 ความผิดพลาดเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการจับคู่ภาพถูกต้องและผิดคู่.....	63
13.1 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดวางภาพต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบ rigid.....	89
13.2 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดวางภาพต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบ affine.....	90
13.3 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดวางภาพต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น.....	91
13.4 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดวางภาพต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีบางส่วนของลายพิมพ์นิ้วมือขาดหายไป.....	93
13.5 การเปรียบเทียบผลของการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึมอื่นที่ค่า FMR เท่ากับ 0.14% โดยประมาณ.....	98
13.6 การเปรียบเทียบผลของการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึมอื่นที่ค่า FMR เท่ากับ 1.09% โดยประมาณ.....	99

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง รูปร่างพื้นผิว ความโค้งเกาส์เซียนและความโค้งเฉลี่ย [36]	19
4.1 การคำนวณหาปริมาตรจากสามเวกเตอร์	23
4.2 จุดเด่นเอกลักษณ์ของเส้นโค้งเชิงพาราโบลานบนใบหน้า ก.จุดปริมาตรศูนย์ Zero-volume ($v1$) points ข.จุดแรงบิดเป็นศูนย์ Zero-torsion ($v2$) points และ ค.จุดปริมาตรศูนย์และจุดแรงบิดเป็นศูนย์	24
6.1 ระบบการถ่ายภาพสเตอริโอ	29
6.2 ตัวอย่างข้อมูลภาพสามมิติ ของใบหน้าที่ได้จากการสแกนด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ	30
6.3 ตัวอย่างการสร้างจุดตารางบนพื้นที่ -2π ถึง 2π จำนวน 13×13 จุด	31
6.4 การหาพิกัด Z ณ ตำแหน่งตารางจุด (X, Y) จากข้อมูลภาพสามมิติ	31
6.5 ข้อมูลพื้นผิวภาพ 3มิติ ที่นำบริเวณปลายจมูกมาแสดงเท่านั้น	32
6.6 ภาพเส้นสัมผัสผิวหน้าในแกน X และแกน Y [42]	32
6.7 ภาพเส้นสัมผัสผิวหน้าในแกน X และแกน Y และเวกเตอร์ปกติ [42]	33
6.8 ความโค้งเกาส์เซียน	34
6.9 ความโค้งเกาส์เซียนบริเวณปลายจมูก	35
6.10 ความโค้งเกาส์เซียนบริเวณปลายจมูกที่ปรับระดับการแสดงผล	35
6.11 เส้นโค้งเชิงพาราโบลาริเวณปลายจมูกซึ่งคำนวณจากบริเวณที่ค่าความโค้งเกาส์เซียนเท่ากับศูนย์	36
6.12 เส้นโค้งเชิงพาราโบลานบนใบหน้า	36
6.13 เส้นโค้งเชิงพาราโบลาคี่แสดงอยู่บนใบหน้าที่ระดับสีของความโค้งเกาส์เซียน	37
6.14 เส้นโค้งเชิงพาราโบลาริเวณปลายจมูก	37
6.15 เส้นโค้งเชิงพาราโบลาคี่แสดงเวกเตอร์เส้นสัมผัสเป็นสีฟ้า เวกเตอร์ปกติเป็นสีชมพูและเวกเตอร์ที่แสดงแรงบิดเป็นสีน้ำเงิน	38
6.16 เส้นโค้งเชิงพาราโบลาริเวณปลายจมูกแสดงจุดที่แรงบิดเป็นศูนย์ (จุดกลมสีแดง) และจุดที่ปริมาตรเป็นศูนย์ (จุดสี่เหลี่ยมสีน้ำเงิน)	38
6.17 เส้นโค้งเชิงพาราโบลาริเวณปลายจมูกแสดงจุดที่แรงบิดเป็นศูนย์ (จุดกลมสีแดง)	39
6.18 จุดเอกลักษณ์บนใบหน้า (*) ที่อยู่บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลาคี่	39
7.1 ลำดับขั้นตอนการทดลองความคงสภาพความโค้งเกาส์เซียน	41
7.2 รูปร่างพื้นผิวของใบหน้าต้นฉบับหน้าตรง [43]	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
--------	------

7.3 บริเวณต่างๆ ของใบหน้าที่มีรูปร่างต่างๆ กัน ภายใต้การแปลงแบบหมุน ก.ก้มหน้า 10 องศา ข.หันหน้าไปทางขวา 10 องศา ค.เงยหน้า 10 องศา ง.เอียงคอไปทางขวา 10 องศา.....43

7.4 บริเวณต่างๆ ของใบหน้าที่มีรูปร่างต่างๆ กัน ภายใต้การแปลงแบบยืดขนาด ก.ยืดขนาดตามแกน X 10% ข.ยืดขนาดตามแกน Y 10% และ ค.ยืดขนาดตามแกน Z 10%

Error! Bookmark not defined.

7.5 บริเวณต่างๆ ของใบหน้าที่มีรูปร่างต่างๆ กัน ภายใต้การแปลง ก. เงื่อนตามแกน X 10% ...

Error! Bookmark not defined.

7.6 ลำดับขั้นตอนการทดลองความคงสภาพของเส้นโค้งเชิงพาราโบลาและจุดแรงบิดเป็นศูนย์

Error! Bookmark not defined.

7.7 จุดค่าแรงบิดเป็นศูนย์บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลา ของใบหน้าที่ต้นฉบับ

Error! Bookmark not defined.

7.8 จุดค่าแรงบิดเป็นศูนย์บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลา ของใบหน้าที่ต้นฉบับและใบหน้าที่การแปลงแบบหมุน

Error! Bookmark not defined.

7.9 จุดค่าแรงบิดเป็นศูนย์บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลา ของใบหน้าที่การแปลงขยายขนาด

Error! Bookmark not defined.

7.10 จุดค่าแรงบิดเป็นศูนย์บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลาของใบหน้าที่การแปลงแบบเงื่อน

Error! Bookmark not defined.

7.11 ลำดับขั้นตอนการซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกันของใบหน้าที่สามมิติที่ข้อมูลภาพขาดหายไป

Error! Bookmark not defined.

7.12 ผลการซ้อนทับภาพที่ข้อมูลขาดหายไปบางส่วน ก.ภาพด้านหน้าก่อนการซ้อนทับภาพ และ ข.ภาพด้านหน้าหลังการซ้อนทับภาพ ค.ภาพด้านข้างก่อนและ ง.หลังการซ้อนทับภาพ

Error! Bookmark not defined.

7.13 ผลการซ้อนทับภาพที่ข้อมูลขาดหายไปบางส่วน ก.ภาพด้านล่างก่อนการซ้อนทับภาพ และ ข.ภาพด้านล่างหลังการซ้อนทับภาพ

Error! Bookmark not defined.

7.14 บริเวณใบหน้าที่นำมาใช้ในการคำนวณความผิดพลาดของระยะทาง

Error! Bookmark not defined.

7.15 ภาพก่อนและหลังการซ้อนทับภาพระหว่างใบหน้าที่ทั้งหมดกับเฉพาะบริเวณจมูก

Error! Bookmark not defined.

7.16 ลำดับขั้นตอนการทดลองการซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกันของใบหน้าที่สามมิติที่แสดงอารมณ์ปกติและอ้าปากค้าง

Error! Bookmark not defined.

7.17 จุดเด่นเอกลักษณ์บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลาของใบหน้าอารมณ์ปกติ ก.อารมณ์สีหน้าปกติ ข. อารมณ์สีหน้าปกติและเส้นโค้งเชิงพาราโบลา และ ค.จุดเด่นเอกลักษณ์ที่ค่าแรงบิดเป็นศูนย์บน ใบหน้าอารมณ์ปกติ [44]

Error! Bookmark not defined.

7.18 จุดเด่นเอกลักษณ์บนเส้นโค้งเชิงพาราโบลาของใบหน้าขณะอำปากค้าง ก.ใบหน้าขณะอำปากค้าง ข.เส้นโค้งเชิงพาราโบลาขณะอำปากค้าง และ ค.จุดเด่นเอกลักษณ์บนใบหน้าขณะอำปากค้าง...56

7.19 ภาพใบหน้าที่ก่อนและหลังการซ้อนทับและจัดให้ตรงกันของใบหน้าอารมณ์ปกติและขณะอำปาก คั ำ ง [4 4]

Error! Bookmark not defined.

7.20 ลำดับขั้นตอนการทดลองการซ้อนทับภาพและการจัดเรียงให้ตรงกัน ของใบหน้าสามมิติที่แสดง อารมณ์สีหน้าแตกต่างกันเพื่อการระบุตัวบุคคล

Error! Bookmark not defined.

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
7.21 ผลการจัดให้ตรงกันของใบหน้าบุคคล 10 คนจากฐานข้อมูล GavabDB โดยแสดงผลค่าความ ผิดพลาดเฉลี่ย (บน) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล่าง) ไว้ที่ด้านล่างของคู่ภาพด้วย [47]	
Error! Bookmark not defined.	
7.22 ผลการจัดให้ตรงกันของใบหน้าบุคคล 10 คนจากฐานข้อมูลภาพ GavabDB ด้วยวิธีการ ICP แสดงค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (บน) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล่าง) ไว้ด้วย [47]	
Error! Bookmark not defined.	
7.23 ผลการจัดให้ตรงกันของใบหน้าบุคคล 10 คนจากฐานข้อมูลภาพ GavabDB ด้วยวิธีการ CPD และแสดงผลค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (บน) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล่าง) ไว้ด้วย [47]	
11.1 ขั้นตอนโดยรวมของการจับคู่และการจัดวางภาพลายพิมพ์นิ้วมือ.....	75
11.2 การจับคู่รูปสามเหลี่ยมในกรณีภาพลายพิมพ์นิ้วมือมีการแปลงแบบ rigid.....	77
11.3 เวกเตอร์คุณลักษณะของรูปสามเหลี่ยม โดยที่ d_1, d_2 และ d_3 เป็นความยาวของด้าน ของ สามเหลี่ยม, α_1, α_2 และ α_3 เป็นมุมของสามเหลี่ยม, A เป็นพื้นที่ของสามเหลี่ยม.....	77
11.4 การจับคู่รูปสามเหลี่ยมของภาพลายพิมพ์นิ้วมือในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลง แบบ affine.....	79
11.5 การจับคู่สามเหลี่ยมในกรณีที่มีการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น.....	81
12.1 คุณลักษณะที่ได้จากการใช้ฟิลเตอร์แบบหลายทิศทาง (DFB).....	85

12.2 DFB ชั้นตติยภูมิ โดยแต่ละแถวแนวนอนคือ คุณสมบัติจาก DFB ชั้นตติยภูมิ และภายในรูปสี่เหลี่ยมประดับบนคือ DFB ชั้นตติยภูมิที่สอดคล้องกับ minutiae ที่สนใจ ชนิดจุดแยก ด้านล่างคือ DFB ชั้นตติยภูมิที่สอดคล้องกับ minutiae ที่สนใจชนิดจุดสิ้นสุด	87
13.1 คู่ของรูปสามเหลี่ยมของภาพต้นฉบับ (a) และภาพที่ต้องการตรวจสอบ (b) ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบ rigid	88
13.2 ภาพลายพิมพ์นิ้วมือต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ก่อน (a) และหลัง (b) การจัดวางภาพให้ตรงกัน ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบ rigid	89
13.3 คู่ของรูปสามเหลี่ยมของภาพต้นฉบับ (a) และภาพที่ต้องการตรวจสอบ (b) ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบ affine	89
13.4 ภาพลายพิมพ์นิ้วมือต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ก่อน (a) และหลัง (b) การจัดวางภาพให้ตรงกัน ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบ affine	90
13.5 คู่ของรูปสามเหลี่ยมของภาพต้นฉบับ (a) และภาพที่ต้องการตรวจสอบ (b) ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น	91
13.6 ภาพลายพิมพ์นิ้วมือต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ก่อน (a) และหลัง (b) การจัดวางภาพให้ตรงกัน ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น	91

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13.7 ภาพลายพิมพ์นิ้วมือต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ก่อน (a) และหลัง (b) การจัดวางภาพให้ตรงกัน ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีบางส่วนของลายพิมพ์นิ้วมือขาดหายไป ซึ่งได้จากการจับคู่โดยอาศัยคุณลักษณะที่แสดงรูปร่างและขนาดของรูปสามเหลี่ยม	92
13.8 ภาพลายพิมพ์นิ้วมือต้นฉบับและภาพที่ต้องการตรวจสอบ ก่อน (a) และหลัง (b) การจัดวางภาพให้ตรงกัน ในกรณีที่ภาพที่ต้องการตรวจสอบมีบางส่วนของลายพิมพ์นิ้วมือขาดหายไป ซึ่งได้จากการจับคู่โดยอาศัยคุณลักษณะที่ผนวกกัน ตามหัวข้อที่ 3.2.3	92
13.9 ภาพลายพิมพ์นิ้วมือทั้ง 7 ท่าทาง	94
13.10 ฮิสโตแกรมการกระจายของคะแนนการจับคู่ ของคู่ภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่เป็นคู่กันจริง และคู่ของภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่ไม่ได้เป็นคู่กัน แกนนอนคือค่าระดับกันของคะแนนการจับคู่	96
13.11 กราฟ ROC (receiver operating characteristic) เครื่องหมายวงกลมแสดงตำแหน่งของเส้นแบ่งที่ตัดกับกราฟ	96
13.12 ภาพขยายของกราฟ ROC รูปสี่เหลี่ยมที่บภายในวงกลมแสดงตำแหน่งของเส้นแบ่งที่ตัดกับกราฟ	96
13.13 กราฟ False Match Rate (FMR) และ False Non-Match Rate (FNMR) ที่แสดงความ	

ผิดพลาดของอัลกอริทึมการจับคู่ที่ค่าระดับกันต่างๆ จาก 0 ถึง 1.....	97
13.14 กราฟที่พล็อตระหว่าง FMR และ FNMR (Detection-Error Tradeoff (DET) curve).....	98