Detection of Singular point in Fingerprint Image

(การตรวจหาจุดเฉพาะในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ)

โดย

นายวาทิต วิโรจนาวัตร์

นายวัชระ ศิริอ่อน

วัน เดือน ปี -5.ต.ค.2541

เลขทะเบียน 038507

เลขเรียกหนังสือ T400859 A630

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038507

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง Detection of Singular point in Fingerprint Image

ผู้จัดทำ

นาย วาทิต วิโรจนาวัตร์ 38013419

นาย วัชระ ศิริอ่อน 38013418

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detection of Singular point in Fingerprint Image

นายวาทิต วิโรจนาวัตร์
นายวัชระ ศิริอ่อน
ผศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงการใช้เทคนิคในการตรวจหาจุดเฉพาะ(Singular point)ในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือซึ่งได้แก่ จุด core และ จุด delta โดยการเก็บภาพลายนิ้วมือที่พิมพ์ด้วยหมึกจากเครื่องสแกนเนอร์ หรือการเก็บโดยใช้กล้องวีดีโอจากนั้นนำภาพลายนิ้วมือดังกล่าวมาแปลงเป็นภาพทิศทางโดยมีทั้งหมด 8 ทิศทาง สำหรับภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอ ภาพจะมีการเลือนหรือมัวไม่ชัดเจนจึงทำการปรับคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น ก่อนที่จะแปลงเป็นภาพทิศทาง แล้วจึงนำภาพทิศทางที่ได้มาหาจุด core และ จุด delta โดยผ่าน ขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การหาจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และ จุด delta ขั้นตอนที่ 2 การกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบส่วนโค้ง ขั้นตอนที่ 4 การรวมกลุ่ม ขั้นตอนที่ 5 การหาแกนของพื้นที่ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการหาจุดที่เป็นจุด core และ delta ในภาพทิศทาง หลังจากผ่านขั้นตอนทั้ง 6 แล้วก็จะได้จุดที่เป็น core และ delta ในภาพทิศทาง สำหรับกรณีที่บริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เกิดการเอียงไปหรือภาพมีการเอียงไป ได้ทำการปรับปรุงวิธีการขึ้นมาใหม่โดยเพิ่มวิธีการเข้าไปในขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง และขั้นตอนการตรวจสอบส่วนโค้งเป็นการหมุนบล็อกที่ใช้ตรวจสอบไปตามทิศทางต่าง ๆ ซึ่งผลที่ได้ช่วยให้สามารถหาจุด delta เมื่อบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เกิดการเอนเอียงไป และยังสามารถหาจุด core และ delta เมื่อภาพเกิดการเอนเอียงได้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRSACT

This thesis deals with singular point detection technique included core and delta points which are characteristic of fingerprint . Firstly , an acquisition of inky fingerprint image is from scanner or video camera . Then the fingerprint image is simulated into the directional image . The image is taken from the video camera has low quality then it's upgraded quality before simulated into the directional image . After the 6 steps is used to find core and delta point in the directional image. It consists step1 Selection core and delta , step 2 Pruning, step3 Curvature detection , step 4 Clustering , step 5 Finding the axis and step 6 Find core and delta point , the result six steps make to know core and delta point . In case, delta skewed left or right and the fingerprint image skewed , this technique can' t find core and delta points . Then we improve in step 2 and 3 with rotated the neighborhood regions of delta and core . The result after improvement is well and can find core and delta point for delta skewed or the fingerprint image skewed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษา เกี่ยวกับระบบและวิธีการตรวจหาจุดเฉพาะ(Singular point) บนภาพลายนิ้วมือ จาก ผศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือทั้งทางทรัพย์สิน อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง และกำลังใจของเพื่อนทุกคน ขอบพระคุณพ่อแม่ที่ได้ให้กำลังใจและดูแลตลอดมา

วาทิต วิโรจนาวัตร์

วัชระ ศิริอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

Abstract

กิตติกรรมประกาศ

บทที่

1. บทนำ 1

2. ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ 3

ลักษณะของจุดต่าง ๆ บนลายนิ้วมือ 3

ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ 7

3. ทฤษฎีพื้นฐานการประมวลผลภาพ 11

วิธีการแปลงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล 11

K- mean Algorithm 12

Directional Image 17

Linear density conversion 18

4. วิธีการหาจุด core และ จุด delta 25

โครงสร้างระบบและการเก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือ 25

การแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพทิศทาง 26

การหาจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta 32

การกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง 34

การตรวจสอบส่วนโค้ง 40

การรวมกลุ่ม 43

การหาแกนของพื้นที่ 44

การหาบล็อกทิศทางที่แทนจุด core และ จุด delta 50

การแก้ไขและปรับปรุงเพิ่มเติม 58

ผลการทดลอง 73

สรุปผลการทดลอง 95

บรรณานุกรม 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือ ถูกใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการแบ่งแยกตัวบุคคล(Identification) ใช้ในกิจการเกี่ยวกับความปลอดภัย และช่วยในการพิสูจน์หลักฐานลายนิ้วมือของกรมตำรวจ วิธีการที่จะนำมาเพื่ออำนวยประโยชน์ดังกล่าวนั้นจากการวิจัยของสก๊อตแลนด์ยาร์ด และ FBI พบว่าลักษณะลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกัน แต่การที่จะนำภาพลายนิ้วมือทั้งภาพมาจดจำหรือบันทึกเป็นฐานข้อมูลไว้ เมื่อเรานำภาพลายนิ้วมือมาตรวจสอบกับภาพลายนิ้วมือที่อยู่ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนกันหรือความแตกต่างกันจะทำให้เกิดความล้ำช้ามากในการตรวจสอบ เนื่องจากต้องเปรียบเทียบความเหมือนกันหรือแตกต่างกันทุก ๆ จุดระหว่างภาพที่นำมาตรวจสอบกับภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล ดังนั้นกระบวนการในการจดจำหรือบันทึกภาพลายนิ้วมือเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลนั้น จะเป็นการเก็บหรือบันทึกแต่เฉพาะจุดที่เรียกว่า “ลักษณะเฉพาะ” (Minutiae) และ “จุดเฉพาะ” (Singular Point)ในภาพลายนิ้วมือเท่านั้น ซึ่งช่วยทำให้การตรวจสอบความเหมือนกันหรือความแตกต่างกันระหว่างภาพลายนิ้วมือที่นำมาตรวจสอบกับภาพลายนิ้วมือที่อยู่ในฐานข้อมูลให้ผลที่รวดเร็วกว่า และยังลดจำนวนขนาดของพื้นที่ของฐานข้อมูลให้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการที่เราเก็บภาพลายนิ้วมือทั้งภาพไว้เป็นฐานข้อมูลอีกด้วย.

จุดเฉพาะ(Singular Point) ในภาพลายนิ้วมือเป็นจุดที่ประกอบไปด้วยจุดที่เรียกว่า “core” และจุดที่เรียกว่า “delta” ส่วนลักษณะเฉพาะ(Minutiae) ในภาพลายนิ้วมือนั้นจะประกอบไปด้วยจุดที่เรียกว่า “จุดปลายของลายนูน” (Ridge Ending) และ “ จุดแยกของลายนูน” (Ridge Bifurcation) ลักษณะต่าง ๆ ของแต่ละจุดนั้นเราจะเอาไว้กล่าวในบทต่อไป ส่วนรายละเอียดในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงวิธีการหาเฉพาะในส่วนของจุดเฉพาะ(Singular) คือจุด core และ จุด delta เท่านั้น ซึ่งได้ทำการปรับปรุงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับที่แล้วเนื่องจากปริญญานิพนธ์ฉบับที่แล้วไม่สามารถหาจุด delta ได้เมื่อบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เกิดการเอียงไปจากแนวระดับเป็นมุมประมาณ 30 องศาและเปอร์เซนต์การตรวจหาจุดเฉพาะ(จุด core และจุด delta) มีเปอร์เซนต์ที่ค่อนข้างต่ำ การแก้ไขและปรับปรุงที่ได้ทำขึ้นในปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉบับนี้ช่วยให้สามารถหาจุด delta ได้เมื่อที่บริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เกิดการเอียงไปจากแนวระดับ , สามารถหาจุดเฉพาะ(จุด core และจุด delta) ได้เมื่อภาพลายนิ้วมือเกิดการเอียงไปจากแนวระดับ และสามารทำให้เปอร์เซนต์การตรวจหาจุดเฉพาะ(จุด core และจุด delta) เพิ่มขึ้นได้ โดยรายละเอียดของวิธีการจะได้กล่าวในบทต่อ ๆ ไป.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ

เมื่อเราหงายมือขึ้นและสังเกตไปที่นิ้วมือแต่ละนิ้ว จะพบว่านิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นมีลักษณะเป็นลาย ๆ อยู่ เมื่อมองเข้าไปใกล้ ๆ จะเห็นว่าลายนิ้วมือจะประกอบไปด้วยสองส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นลายนูน (Ridges) และ ร่อง (Valleys หรือ Furrows) วิ่งวนเป็นลักษณะส่วนโค้งไปรอบ ๆ ช่วงปลายนิ้วมือสลับกันไประหว่างร่อง (Valleys หรือ Furrows) และ ลายนูน(Ridges) ทำให้เกิดเป็นลายขึ้นมา ลายดังกล่าวนี้จะมีส่วนของจุดที่เป็นจุดเฉพาะ(Singular point)คือ จุด core และจุด delta รวมทั้งลักษณะเฉพาะ(Minutiae)(จุดปลายของลายนูน (Ridge Ending) และ จุดแยกของลายนูน(Ridge Bifurcation)) ประกอบอยู่บนลาย รูปแบบของลายนิ้วมือนี้จะมีหลายรูปแบบด้วยกันดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป.

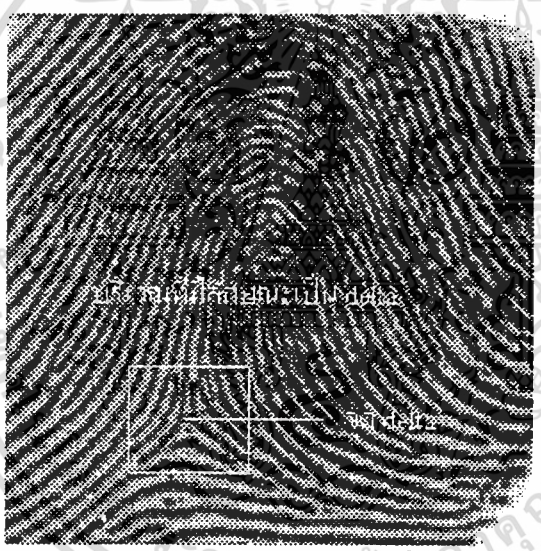
ลักษณะของจุดต่าง ๆ บนลายนิ้วมือ

ลักษณะของจุดต่าง ๆ บนลายนิ้วมือ จากการนำนิ้วมือมากดบนหมึกพิมพ์แล้วนำไปพิมพ์บนกระดาษหรือใช้กล้องวีดีโอจับภาพลายนิ้วมือ เมื่อได้ทำการสังเกตภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจะพบว่าลักษณะของจุดต่าง ๆ บนลายนิ้วมือจะเป็นดังนี้

1.จุด Delta หมายถึง จุดบนลายนูน(Ridges)ที่อยู่ตรงกลางของบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta (เป็นบริเวณที่มีลักษณะเหมือนรูปสามเหลี่ยม) จากความหมายของจุด delta เมื่อเราสังเกตภาพด้านล่างจะเห็นบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta อันหมายถึงบริเวณที่มีลักษณะของลายเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งได้ถูกล้อมไว้ด้วยบล็อกสี่เหลี่ยมสีขาวในภาพ และจุด delta จะอยู่ตรงกลางของบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta ดังรูป ในภาพลายนิ้วมือภาพหนึ่งภาพอาจมีจุด delta และบริเวณที่มีลักษณะของลายเป็น delta หนึ่งจุดหรือสองจุดในหนึ่งภาพก็ได้(จุด delta จะเกิดขึ้นสองจุด เมื่อภาพลายนิ้วมือมีรูปแบบเป็นแบบมัดหวายคู่(Double Loop) หรือแบบก้นหอย(Whorl) ซึ่งเราจะกล่าวถึงรูปแบบทั้งสองนี้ในหัวข้อต่อไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น deltaและจุด delta ในนิ้วหัวแม่มือ

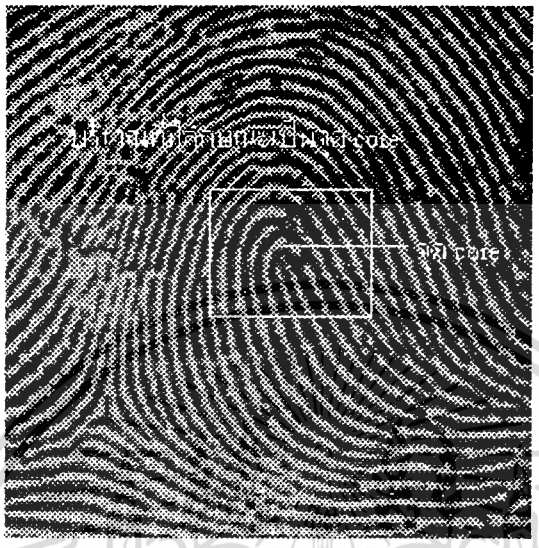


รูปที่ 2 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น deltaและจุด delta ในนิ้วกลาง

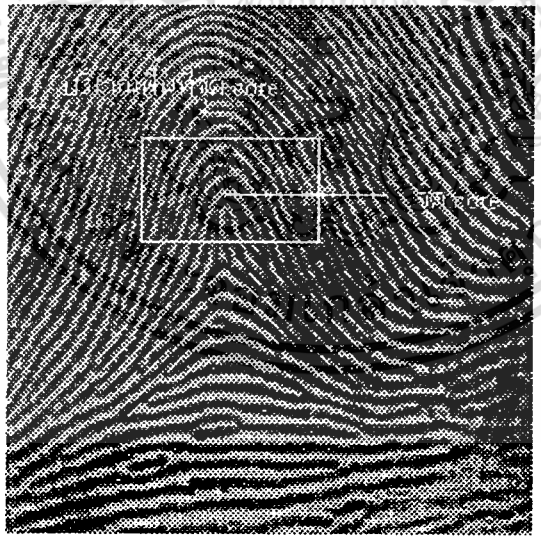
2.จุด Core หมายถึง จุดบนเส้นโค้งของลายนูน(Ridges) ซึ่งลักษณะของเส้นโค้งลายนูน(Ridges) ต้องมีลักษณะเป็นโค้งขึ้นและเริ่มที่จะกลับตัวหรือเริ่มที่จะกลายเป็นโค้งลง แล้วจึงวิ่งส่วนทางกลับกันกับในตอนแรกก่อนที่จะโค้งขึ้น เส้นโค้งลายนูน(Ridge) นี้ต้องเป็นเส้นโค้งลายนูน(Ridges) ที่อยู่ชั้นในที่สุดของบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็น core ลักษณะของบริเวณที่มีรูปแบบเป็น core นั้นเป็นลักษณะของเส้นโค้งที่โค้งขึ้นมาซ้อน ๆ กันหลายเส้นในลักษณะของรูปมัดหวาย จากโค้งวงกว้างลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเรื่อย ๆ จนโค้งเล็กสุด(เส้นที่อยู่ในที่สุดอาจไม่เป็นเส้นโค้งก็ได้) ลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งที่อยู่ในบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็น core ยังมีอีกหลายลักษณะซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป.



รูปที่ 3 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็น core และจุด core ในนิ้วกลาง

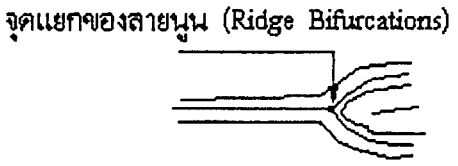


รูปที่ 4 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็น core และจุด core ในนิ้วชี้

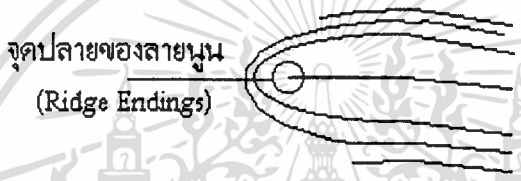
3. ลักษณะเฉพาะ(Minutiae) เป็นลักษณะเฉพาะในภาพลายนิ้วมือประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ชนิด คือ จุดแยกของลายนูน(Ridge Bifurcation) เป็นจุดที่อยู่บน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายนูน (Ridges)ที่เกิดการแยกจากหนึ่งเส้นทางเป็นสองเส้นทางดังแสดงในรูปข้างล่าง และ จุดปลายของลายนูน (Ridge Endings) เป็นจุดที่อยู่บนลายนูน(Ridges)ในบริเวณปลายสุดของลายนูน(Ridges) แสดงไว้ในรูปด้านล่าง



รูปที่ 5 แสดงจุดแยกของลายนูน(Ridge Bifurcation)



รูปที่ 6 แสดงจุดปลายของลายนูน(Ridge Ending)

รูปที่ 7 แสดงจุดแยกของลายนูน(Ridge Bifurcations) และ จุดปลายของลายนูน (Ridge Ending) ในภาพลายนิ้วมือจริง

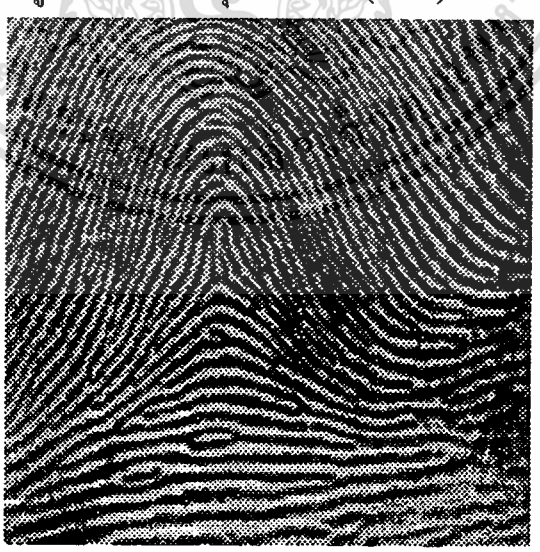
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ

รูปแบบของลายนูน(Ridges)ในภาพลายนิ้วมือ ที่จับกลุ่มกันเป็นรูปแบบสามารถแบ่งได้หลายชนิดดังต่อไปนี้

1.กลุ่มเส้นโค้ง ลักษณะของรูปแบบในภาพลายนิ้วมือมีลักษณะการวิ่งของลายนูน (Ridges) จากลักษณะที่ขนานกับพื้นราบแล้วพุ่งโค้งขึ้นแล้วจึงมีการวิ่งในลักษณะขนานกับพื้นราบอีกครั้ง รูปแบบของกลุ่มเส้นโค้งนั้นมี 2 รูปแบบ คือ กลุ่มเส้นโค้งราบ (Arch) และ กลุ่มเส้นโค้งกระโจม(Tented Arch) โดยกลุ่มเส้นโค้งทั้งสองจะแตกต่างกันที่ลักษณะความสูงของส่วนโค้งดังตัวอย่างรูปด้านล่าง

รูปที่ 8 แสดงกลุ่มโค้งราบ (Arch)



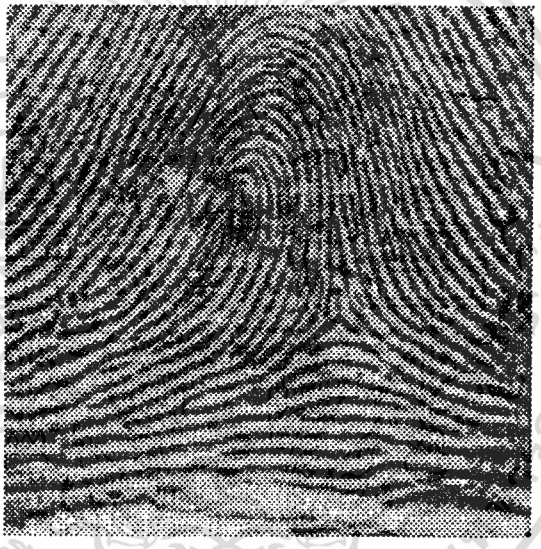
รูปที่ 9 แสดงลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลุ่มมัดหวาย (Loop) ที่พบในภาพลายนิ้วมือจะมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกันคือ

2.1 กลุ่มมัดหวายเดี่ยว(Single Loop) ในภาพลายนิ้วมือสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดคือ

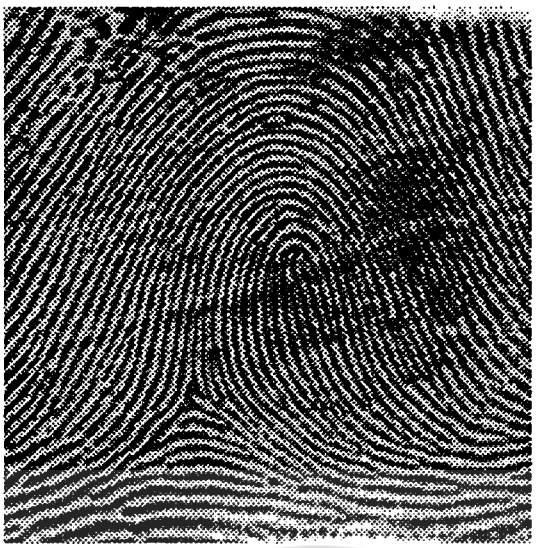
2.1.1 กลุ่มมัดหวายเอียงขวา(Right Loop) มีลักษณะของการวิ่งของลายนูน (Ridge) จากทางด้านซ้ายมาที่บริเวณกลางนิ้วมือแล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบนแล้วจึงโค้งลงและวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเมื่อมีการจับกลุ่มเป็นรูปแบบคล้ายกับมัดหวายแล้วจะเอนเอียงไปทางด้านขวาจึงได้เรียกว่า " กลุ่มมัดหวายเอียงขวา " ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วถ้าลายนิ้วมือมีรูปแบบเป็นลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวาก็มักจะมีบริเวณลักษณะของ Delta อยู่ทางด้านขวาเช่นกัน



รูปที่ 10 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวาและบริเวณที่เป็น Delta

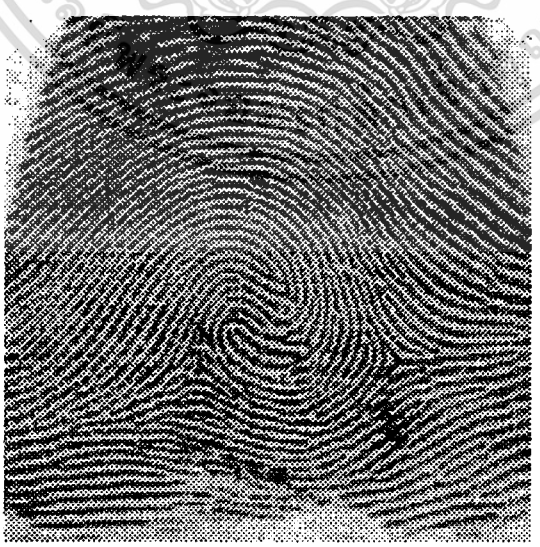
2.1.2 กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop) รูปแบบจะคล้ายลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา คือ มีการวิ่งของลายนูน(Ridges) จากทางด้านขวามาที่บริเวณตรงกลางของนิ้วมือ จากนั้นจะวิ่งขึ้นไปด้านบนแล้วโค้งและวิ่งกลับไปตามทางเดิมที่วิ่งมา เมื่อทำการสังเกตจะพบว่ามีลักษณะรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย และรูปแบบดังกล่าวจะมีการเอียงตัวไปทางด้านซ้ายเราจึงเรียกว่า "กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย" ปกติมักจะมี delta อยู่ทางด้านซ้ายของรูปแบบเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงซ้ายและบริเวณที่เป็น Delta

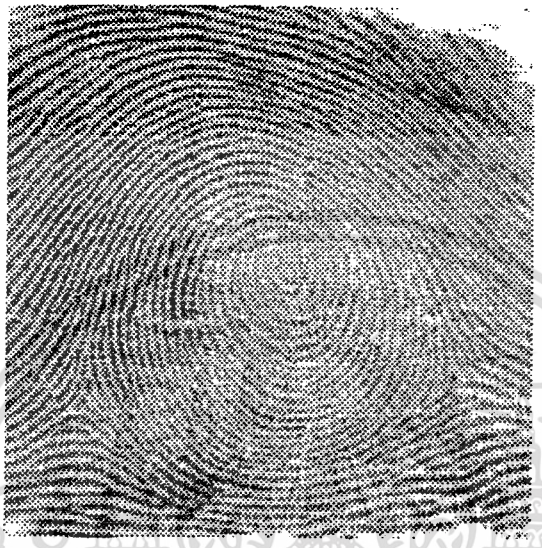
2.2 กลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop) เป็นกลุ่มของรูปแบบที่เกิดจากการรวมกันของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มรวมตัวกันเป็นรูปแบบเดียว โดยลักษณะการวิ่งของลายนูน (Ridges) อาจมาจากทางด้านเดียวกันแล้วรวมตัวกันเป็นลักษณะของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มโดยที่กลุ่มหนึ่งเป็นจะมีรูปแบบเป็นลักษณะของโค้งขึ้นและกลุ่มมัดหวายอีกกลุ่มหนึ่งจะมีลักษณะโค้งลง เมื่อรวมกันเป็นกลุ่มมัดหวายคู่รูปแบบดังกล่าวอาจมีการเอียงซ้ายหรือเอียงขวารวมทั้งอาจจะเกิดบริเวณที่เป็น Delta เพิ่มขึ้นเป็นสองจุดได้



รูปที่ 12 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.กลุ่มก้นหอย(Whorl) ลักษณะการวิ่งของลายนูน (Ridges) มีรูปแบบเป็นลักษณะเส้นโค้งเป็นรูปวงกลมจากวงใหญ่ค่อย ๆ เล็กลงไปเรื่อย ๆ จนเหลือวงกลมวงเล็กที่สุดอยู่ด้านในสุด ภาพลายนิ้วมือของรูปแบบที่มีลักษณะเป็นกลุ่มก้นหอยมักจะปรากฏบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta อยู่ 2 บริเวณทางด้านล่างซ้ายและขวา



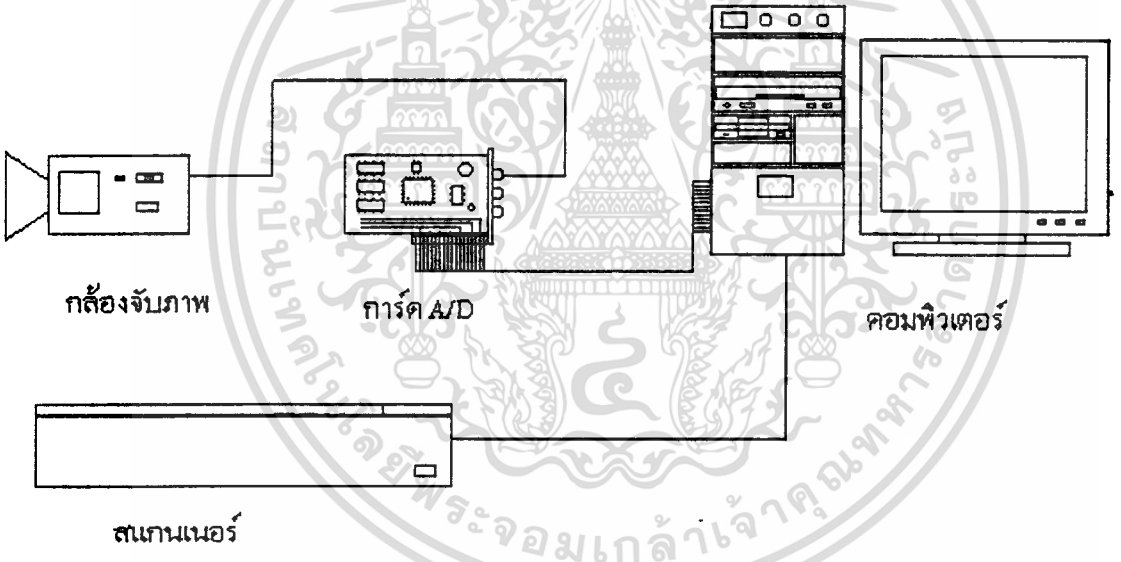
รูปที่ 13 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอย(Whorl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีพื้นฐานการประมวลผลภาพ

วิธีการแปลงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล

วิธีการเก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือนั้น ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่เก็บมาจะถูกนำมาทำเป็นฐานข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้มาเข้าเครื่องสแกนเนอร์เพื่อแปลงภาพเป็นสัญญาณข้อมูล หรืออีกวิธีหนึ่งทำได้โดยการใช้กล้องเก็บภาพแล้วนำสัญญาณภาพจากกล้องมาผ่านการ์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเก็บเข้าเป็นฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ จะมีลักษณะโครงสร้างของวิธีการเก็บภาพดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 14 แสดงวิธีการเก็บภาพลายนิ้วมือ

จากรูปกล้องที่ใช้ในการเก็บภาพลายนิ้วมืออาจใช้เป็นกล้องวีดีโอภาพขาวดำก็เพียงพอ เมื่อได้ทำการเก็บภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยกล้องแล้ว ภาพดังกล่าวจะถูกแปลงไปเป็นข้อมูลสัญญาณดิจิตอลเก็บลงสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนการเก็บภาพลายนิ้วมือด้วยเครื่องสแกนเนอร์นั้นจะได้จากการนำนิ้วมือไปกดบนหมึกพิมพ์แล้วนำมาพิมพ์ลงบนกระดาษ แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องสแกนเนอร์เพื่อสแกนภาพเก็บไว้ในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง ภาพที่ได้จากการเก็บโดยเครื่องสแกนเนอร์จะต่างกับการเก็บภาพโดยกล้องวีดีโอภาพขาวดำ เนื่องมาจากการเก็บภาพด้วยกล้องนั้นแสงจะไปกระทบกับส่วนที่เป็นลายนูน(Ridges) และไม่กระทบกับส่วนที่เป็นร่อง(Valley) ทำให้ภาพที่ได้มานั้นส่วนที่เป็นสีดำจะแสดงส่วนของร่อง(Valley) และส่วนที่เป็นสีขาวจะแสดงส่วนที่เป็นลายนูน(Ridges) ส่วนภาพที่ได้มาจากสแกนเนอร์นั้นเมื่อนำลายนิ้วมือมากดลงบนหมึกพิมพ์แล้วพิมพ์ลงในกระดาษ ส่วนที่เป็นหมึกจะไปสัมผัสกับลายนูน(Ridges) แต่ร่อง(Valley) จะไม่สัมผัสกับหมึกดังนั้นเมื่อพิมพ์ลงกระดาษและนำไปเข้าเครื่องสแกนเนอร์นั้น ภาพที่ได้ก็จะมีลายนูน (Ridges) เป็นส่วนที่มีสีดำและส่วนของร่อง(Valley) ซึ่งไม่ถูกหมึกก็จะมีสีขาวสลับกันกับภาพที่ได้จากกล้องเก็บภาพ

K-Mean Algorithm

กฎเกณฑ์ความจริง(Algorithm)นี้ เป็นวิธีของการรวมกลุ่มและการหาจุดศูนย์กลางของกลุ่มซึ่งเราใช้วิธีการนี้ในขั้นตอนการหาจุด core และ delta ขั้นตอนที่ 4 ในเรื่องของการรวมกลุ่ม วิธีการรวมกลุ่มและหาจุดศูนย์กลางซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 15 รายละเอียดต่างในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

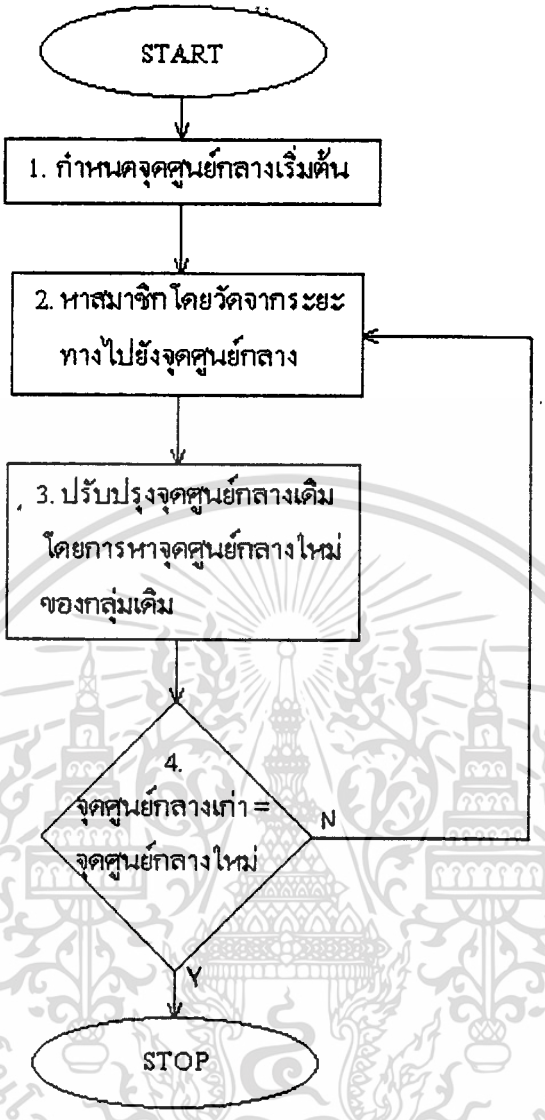
ขั้นตอนที่ 1 เลือกจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของกลุ่มจำนวน k จุด คือ $Z_1(1), Z_2(1), \ldots Z_k(1)$ ค่าเหล่านี้เลือกได้ตามความต้องการ เมื่อ $Z_k(n)$ เป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน k จุด จุดที่เลือกมาครั้งที่ n

ขั้นตอนที่ 2 จัดกลุ่มโดยการหาสมาชิก { x } ที่อยู่รอบ ๆ จุดศูนย์กลางตัวที่ 1,2,...k โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$x \in s_j(k) \quad \text{ถ้า} \quad \|x - z_j(k)\| < \|x - z_i(k)\|$$

จากสมการเป็นการเปรียบเทียบว่าจุด x ควรเป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางใดโดยวัดจากระยะทางว่าจุด x อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางใดมากกว่ากัน เมื่อทำการจัดกลุ่มเรียบร้อยแล้วโดยจุดทุกจุดจะต้องเป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางใดจุดศูนย์กลางหนึ่ง ก็จะไปทำขั้นตอนที่ 3 ต่อไป เมื่อ $i = 1, 2, \ldots k$ ยกเว้น $i = j$ และ $j = 1, 2, \ldots k$ ยกเว้น $i = j$ โดยที่ $s_j(k)$ เป็นกลุ่มของจุดที่เป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางตัวที่ j , $z_j(k)$ เราอาจตั้งเงื่อนไขเพิ่มเติมจากความสัมพันธ์ที่กำหนดไว้ข้างต้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 แสดงขั้นตอนในการหาจุดศูนย์กลางและการจัดกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงจุดศูนย์กลางกลุ่ม จากผลที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 จะนำจุดศูนย์กลางทุกจุดของแต่ละกลุ่มมาปรับปรุงคำนวณหาจุดศูนย์กลางใหม่ $z_j(k+1)$ เมื่อ j = 1 , 2 , . . .k จุดศูนย์กลางใหม่(จุดศูนย์กลางของกลุ่ม กลุ่มเดิมที่ปรับปรุงให้เลื่อนไปอยู่ตรงกลางของกลุ่มหลังการหาสมาชิกมาใหม่ในขั้นตอนที่ 2)กำหนดได้โดย

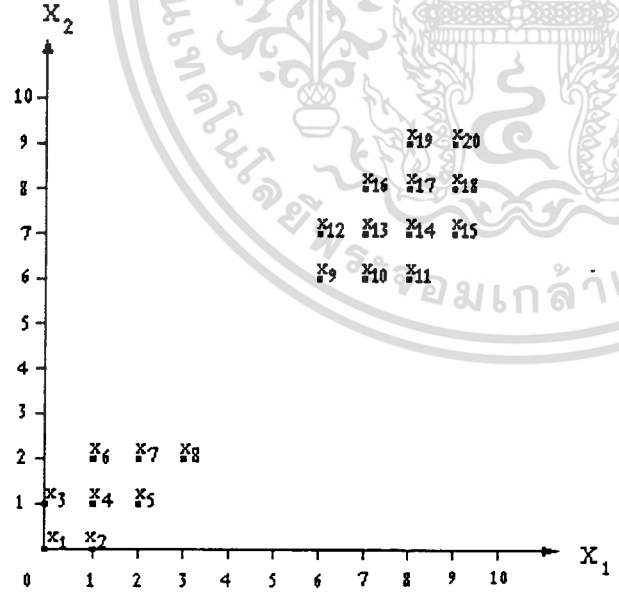
$$z_j(k+1) = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in s_j(k)} x \qquad j = 1, 2, \ldots k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $N_j(k)$ คือ จำนวนของสมาชิกทั้งหมดใน $s_j(k)$ ชื่อ ตัวกลาง K (K-mean) ตั้งขึ้นมาจากการที่จุดศูนย์กลางกลุ่มถูกปรับปรุงเรียงกันไปตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบจุดศูนย์กลาง ถ้าจุดศูนย์กลางที่หามาใหม่ (ได้มาจากการปรับปรุงจุดศูนย์กลางในขั้นตอนที่ 3) มีค่าเท่ากับจุดศูนย์กลางตัวเก่าก่อนที่จะนำมาทำการปรับปรุงในขั้นตอนที่ 3($z_j(k+1) = z_j(k)$ เมื่อ j = 1 , 2 , . . . k) แสดงว่ากฎเกณฑ์ความจริง(algorithm)ได้เกิดย้อนกลับการดำเนินการจะสิ้นสุดลง แต่ถ้าจุดศูนย์กลางที่ได้รับการปรับปรุงในขั้นตอนที่ 3 มีค่าไม่เท่ากับค่าของจุดศูนย์กลางก่อนที่จะได้รับการปรับปรุงในขั้นตอนที่ 3 แล้วก็ให้ย้อนกลับมาทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 อีกครั้ง เมื่อทำมาถึงขั้นตอนที่ 4 ถ้าจุดศูนย์กลางที่ได้ปรับปรุงหรือหาได้ใหม่มีค่าเท่ากับจุดศูนย์กลางเดิมก่อนการปรับปรุงหรือหามาใหม่ก็เป็นอันสิ้นสุดการดำเนินการ แต่ถ้าไม่เท่ากันอีกก็จะวนไปขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 อีกครั้งเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่าเท่ากันในขั้นตอนที่ 4

ตัวอย่าง เพื่อที่จะแสดงเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ความจริงตัวกลาง K ขอให้พิจารณารูปแบบดังในรูปที่ 16 โดยการทำตามขั้นตอนวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วเราจะได้



รูปที่ 16 แสดงรูปแบบที่ถูกใช้ในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้น โดยกำหนดให้จำนวนจุดศูนย์กลางเริ่มต้นเท่ากับ 2 จุด($k = 2$) และเลือก $z_1(1) = x_1 = (0,0)$, $z_2(1) = x_2 = (1,0)$ เป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 ทำการจัดกลุ่มโดยการหาสมาชิกจากการวัดระยะทางจากจุดใดมาที่จุดศูนย์กลางใด ๆ แล้วเปรียบเทียบระยะทาง ถ้าระยะทางจากจุดนั้นมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางใด(แสดงว่าจุด ๆ นั้นใกล้กับจุดศูนย์กลางนั้น)ก็กำหนดให้จุดนั้นเป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางที่ใกล้ที่สุดตามสมการ

เพราะว่า $\|x_1 - z_1(1)\| < \|x_1 - z_i(1)\|$

และ $\|x_3 - z_1(1)\| < \|x_3 - z_i(1)\|$

เมื่อ $i = 2$ จะได้ $s_1(1) = \{x_1, x_3\} = \{(0,0),(0,1)\}$ ในทำนองเดียวกัน จุดอื่น ๆ ที่ยังเหลืออยู่ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง $z_2(1)$ จะเป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางจุดนี้ ดังนั้นจะได้ $s_2(1) = \{x_2, x_4, x_5, \ldots x_{20}\} = \{(1,0),(1,1),(1,2),(2,1),(2,2),(3,2),(6,6),(6,7),(7,6),(7,7),(7,8),(8,6),(8,7),(8,8),(8,9),(9,7),(9,8),(9,9)\}$

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงจุดศูนย์กลางกลุ่มโดยการหาจุดศูนย์กลางใหม่ของกลุ่มเดิม

$$z_1(2) = \frac{1}{N_1} \sum_{x \in s_1(1)} x$$

$$= \frac{1}{2} (x_1 + x_3)$$

$$= \frac{1}{2} ((0,0)+(0,1))$$

$$= (0,0.5)$$

$$z_2(2) = \frac{1}{N_2} \sum_{x \in s_2(1)} x$$

$$= \frac{1}{18} (x_2 + x_4 + x_5 + \ldots x_{20})$$

$$= \frac{1}{18} ((1,0)+(1,1)+(1,2),(2,1)+(2,2)+(3,2)+(6,6)+(6,7)+(7,6)$$

$$+ (7,7)+(7,8)+(8,6)+(8,7)+(8,8)+(8,9)+(9,7)+(9,8)+(9,9))$$

$$= (5.67,5.33)$$

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบจุดศูนย์กลาง เพราะว่า $z_j(2) \neq z_j(1)$, $j = 1, 2$ จึงกลับไปทำขั้นตอนที่2 ใหม่ (เนื่องจากจุดศูนย์กลางจุดใหม่หลังการปรับปรุงจุดศูนย์กลางในขั้นตอนที่ 3 (จุด(0,0.5)) ไม่เท่ากับจุดศูนย์กลางจุดเก่าก่อนการปรับปรุงในขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 (จุด(0,0)) และจุดศูนย์กลางใหม่อีกตัว(จุด(5.67,5.33)) ไม่เท่ากับจุดศูนย์กลางเก่าก่อนการปรับปรุงจุดศูนย์กลาง(จุด(1,0)))

ขั้นตอนที่ 2 นำจุดศูนย์กลางกลุ่มจุดใหม่ที่ได้มาหาสมาชิกใหม่อีกครั้งโดยใช้ความสัมพันธ์ในลักษณะเดิมคือ $\|x_L - z_1(2)\| < \|x_L - z_2(2)\|$ เมื่อ $L = 1, 2, \ldots 8$ และ $\|x_L - z_2(2)\| < \|x_L - z_1(2)\|$ เมื่อ $L = 9, 10, \ldots 20$ ดังนั้นกลุ่มของสมาชิกจะเปลี่ยนไปสมาชิกซึ่งเป็นจุดใหม่เพิ่มเข้ามาในกลุ่มที่ 1 แต่กลุ่มที่ 2 จะมีจำนวมลดลงไปจะได้เป็น

$$s_1(2) = \{x_1, x_2, \ldots x_8\} = \{(0,0),(0,1),(1,0),(1,1),(1,2),(2,1),(2,2),(3,2)\}$$

และ $s_2(2) = \{x_9, x_{10}, \ldots x_{20}\}$={(6,6), (6,7), (7,6), (7,7), (7,8), (8,6), (8,7), (8,8), (8,9), (9,7), (9,8), (9,9) }

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงจุดศูนย์กลางกลุ่ม หาจุดศูนย์กลางกลุ่มใหม่อีกครั้ง(เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มเดิมแต่เลื่อนจุดไปให้อยู่ตรงกลางของกลุ่ม)โดยนำสมาชิกใหม่ที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงจุดศูนย์กลางใหม่

$$\begin{aligned} z_1(3) &= \frac{1}{N_1} \sum_{x \in s_1(2)} x \\ &= \frac{1}{8} (x_1 + x_2 + \ldots + x_8) \\ &= \frac{1}{8} ((0,0)+(0,1)+(1,0)+(1,1)+(1,2)+(2,1)+(2,2)+(3,2)) \\ &= (1.25,1.13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_2(3) &= \frac{1}{N_2} \sum_{x \in s_2(2)} x \\ &= \frac{1}{12} (x_9 + x_{10} + \ldots + x_{20}) \\ &= \frac{1}{12} ((6,6)+(6,7)+(7,6)+(7,7)+(7,8)+(8,6)+(8,7)+(8,8)+(8,9) \\ &\qquad +(9,7), (9,8), (9,9) \\ &= (7.67,7.33) \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 4 เพราะว่า $z_j(3) \neq z_j(2)$ เมื่อ $j = 1, 2$ (เนื่องจากจุด (0,0.5) ไม่เท่ากับจุด (1.25,1.13) และจุด(5.67,5.33)ไม่เท่ากับจุด(7.67,7.33)) จึงต้องกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 กระทำในลักษณะเดียวกับครั้งที่แล้วจะได้กลุ่มสมาชิกเหมือนเดิม คือ

$s_1(4) = s_1(3) = \{x_1, x_2, \ldots x_8\}$=(0,0),(0,1),(1,0),(1,1),(1,2),(2,1),(2,2),(3,2)} และ

$s_2(4) = s_2(3) = \{x_9, x_{10}, \ldots x_{20}\}$={(6,6), (6,7), (7,6), (7,7), (7,8), (8,6), (8,7), (8,8), (8,9), (9,7), (9,8), (9,9)}

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อกระทำแล้วจะได้ผลเป็นจุดศูนย์กลางตัวเดิมเพราะสมาชิกเป็นตัวเดิมทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบจุดศูนย์กลาง เพราะว่า $z_j(4) = z_j(3)$ เมื่อ $j = 1, 2$ (เนื่องจากจุดศูนย์กลางใหม่หลังการปรับปรุง(5.67,5.33) เท่ากับจุดศูนย์กลางเดิม(5.67,5.33) และจุดศูนย์กลางใหม่หลังการปรับปรุง(7.67,7.33)เท่ากับจุดศูนย์กลางเดิม(7.67,7.33)) กฎเกณฑ์ความจริงจะเกิดการย้อนกลับ ดังนั้นจะได้จุดศูนย์กลางกลุ่มเป็น

z_1 = (1.25,1.13) และ z_2 = (7.67,7.33)

Directional Image

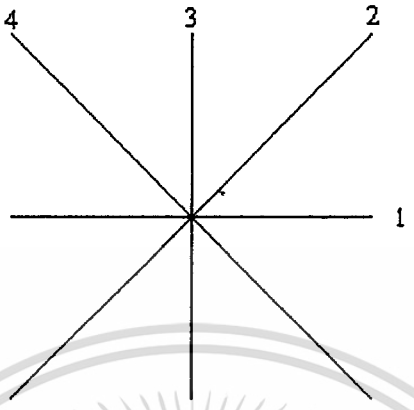
ภาพทิศทาง(Directional Image) เป็นภาพที่ได้จากการแปลงลายนิ้วมือเป็นทิศทางต่าง ๆ จนเป็นภาพทิศทางก่อนที่จะเข้าสู่วิธีการหาจุด core และจุด delta ทั้ง 6 ขั้นตอน ภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจะประกอบไปด้วย ลายนูน(ridge) และร่อง(valley) โดยที่ทิศทางในแต่ละ pixel ของภาพจะแทนทิศทางการเดินของลายนูน(ridge)และร่อง(valley)ที่ pixel นั้น เรานำภาพลายนิ้วมือนี้มาทำการตัดเป็นบล็อกขนาด gxg pixel แล้วหาผลรวมของผลต่างของค่า grey value ตามทิศทาง d ค่าของผลรวมที่ได้น้อยที่สุดจะถูกใช้ในการกำหนดทิศทางซึ่งเป็นไปตามสูตรดังนี้

$$S_d = \sum_{m=0}^{M-1} |G(i_m, j_m) - G(i.j)| \qquad \text{สำหรับ d =1...N}$$

เมื่อ S_d เป็นค่าผลรวมของผลต่างของค่า grey valueในแต่ละ pixel ตามทิศทาง d M คือ จำนวนจุดตามทิศทาง d ที่ถูกเลือกมาใช้ในการคำนวณ ส่วน N เป็นจำนวนทิศทางทั้งหมดที่ใช้ $G(i, j)$ เป็นค่า grey value ที่พิกัด i และ j g เป็นขนาดของบล็อกที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกมาเพื่อคำนวณ (ทิศทาง d พิจารณาจากมุม $\prod$(d-1)/N เรเดียน) ค่าของ d , g , M และ N เป็นขนาดของค่าคงที่ที่ถูกเลือกมาใช้ในการคำนวณตามความเหมาะสม



รูปที่ 17 แสดงตัวอย่างของทิศทางของการหาผลรวมที่น้อยที่สุดแบบ 4 ทิศทาง

Linear density conversion

เนื่องจากภาพบางภาพที่ใช้ในการคำนวณมีลักษณะมัวหรือเลอะเลือนซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการเก็บภาพหรือเหตุผลอื่น ๆ ทำให้จุด core และ delta ที่เราหามาได้ไม่ตรงกับจุด core และ delta ที่แท้จริงในภาพลายนิ้วมือ วิธีการจัดการกับภาพที่มีคุณภาพต่ำเหล่านี้อาจช่วยให้ภาพเหล่านี้มีคุณภาพดีขึ้นบ้าง โดยการใช้ algorithm จัดการโดยตรงกับค่าระดับสีของภาพทั้งภาพ ซึ่งเป็นการเฉลี่ยฮิสโตแกรมของภาพให้มีขนาดระดับสีกว้างขึ้นจากเดิม หรืออาจต้องการใช้ algorithm นี้ในการทำภาพอินเวอร์ส โดยการกำหนดค่า gain และค่า off-set ให้มีค่าเหมาะสมกับภาพที่ใช้ algorithm ที่ใช้มีลักษณะเป็นสมการเชิงเส้นดังนี้

$$Q(x,y) = aP(x,y) + b$$

เมื่อ

Q(x,y) เป็น ค่า Output Image

P(x,y) เป็น ค่า Input Image

a เป็น ค่า gain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

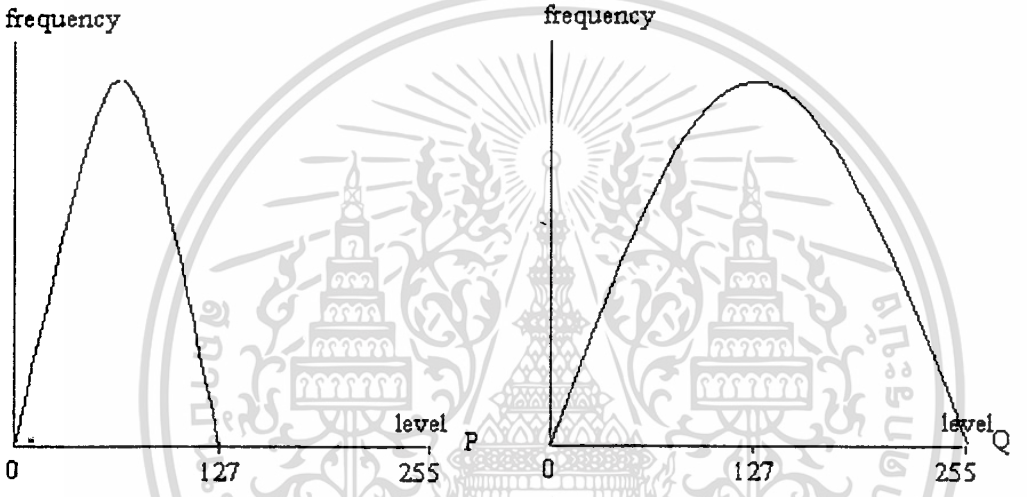
b เป็น ค่า off-set

ตัวอย่าง

ในการปรับภาพที่เลือนหรือมัวซึ่งเป็นภาพแบบ 256 ระดับสี โดยที่

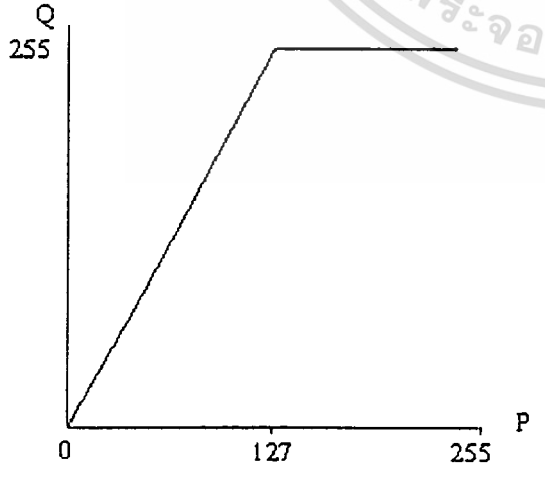
$0 \leq P(x,y) \leq 255$ จะได้ $0 \leq Q(x,y) \leq 255$

a) กรณีที่ฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพกระจายอยู่ในบริเวณระดับ 0 - 127



ฮิสโตแกรมของระดับสีภาพ Input ฮิสโตแกรมของระดับสีภาพ Output

รูปที่ 18 แสดงลักษณะการกระจายของฮิสโตแกรมระดับสีของภาพ Input และ Output



P	Q
0	0
⋮	⋮
127	254
128	255
⋮	⋮
255	255

รูปของกราฟของการแปลงภาพ ตารางค่าระดับสีหลังการแปลง

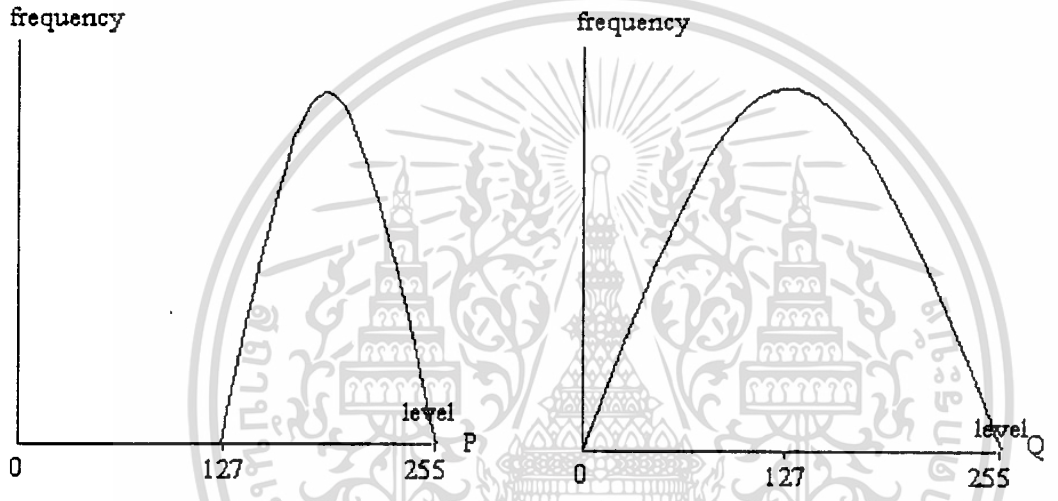
รูปที่ 19 แสดงลักษณะรูปกราฟที่ใช้ในการแปลงและตารางระดับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038507

สำหรับค่า gain และ ค่า off-set ที่นำมาใช้ใน algorithm กับฮิสโตแกรมของระดับสี 0-127 นั้น ค่า gain ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 2 และค่า off-set ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 0 ภาพ Output Image ที่ได้จะมีการขยายฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพให้กว้างขึ้นจากระดับ 0 ถึง 127 เป็น ระดับ 0 ถึง 255

b) กรณีฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพกระจายอยู่บริเวณระดับ 127 - 255

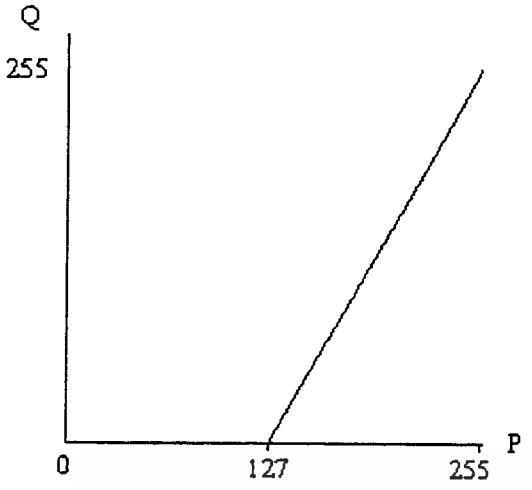


ฮิสโตแกรมของระดับสีภาพ Input ฮิสโตแกรมของระดับสีภาพ Output

รูปที่ 19 แสดงการกระจายของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพ Input และ Output

เมื่อลักษณะการกระจายของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพอยู่ที่ระดับ 127-255 ค่า gain และ ค่า off-set ที่นำมาใช้ใน algorithm กับฮิสโตแกรมนี้ค่า gain ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 2 และค่า off-set ที่ใช้มีค่าเท่ากับ -255 ภาพ Output Image ที่ได้จะมีการขยายฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพกว้างขึ้นจากระดับ 127 ถึง 255 เป็นระดับ 0 ถึง 255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

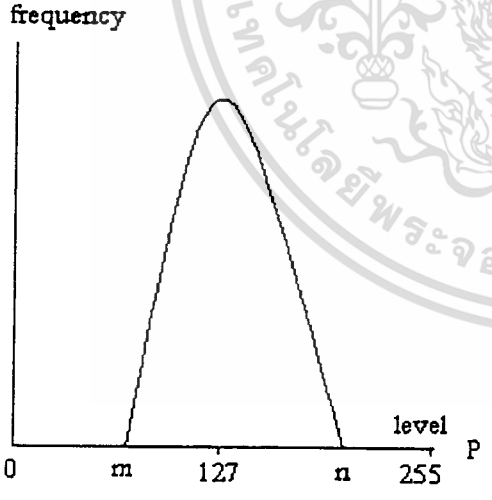


P	Q
0	0
⋮	⋮
127	0
128	1
⋮	⋮
255	255

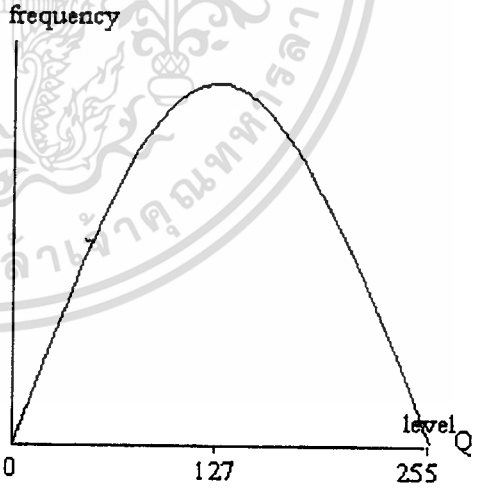
รูปของกราฟของการแปลงภาพ ตารางค่าระดับสีหลังการแปลง

รูปที่ 20 แสดงลักษณะรูปกราฟในการแปลงภาพและตารางค่าระดับสี

c) กรณีลักษณะของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพกระจายอยู่บริเวณส่วนกลางของระดับ 256 (0 ถึง 255)



ฮิสโตแกรมของระดับสีภาพ Input



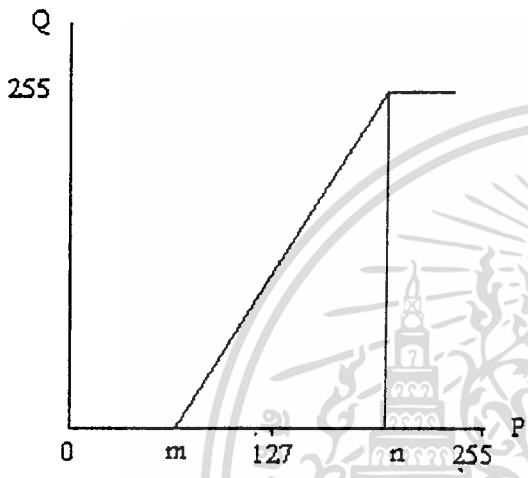
ฮิสโตแกรมของระดับสีภาพ Output

รูปที่ 21 แสดงการกระจายของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพ Input และ Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ลักษณะของฮิสโตแกรมของระดับสีมีการกระจายอยู่บริเวณส่วนกลางของระดับ 256 การนำค่า gain และค่า off-set ไปใช้ใน algorithm กับฮิสโตแกรมของระดับสีที่กระจายอยู่ส่วนกลางจะพิจารณาจากสูตร

$$a\,(\text{gain}) = \frac{255}{n-m} \quad , \quad b\,(\text{off-set}) = \frac{255m}{n-m}$$



รูปของกราฟของการแปลงภาพ

P	Q
0	0
⋮	⋮
m	0
n	255
⋮	⋮
255	255

ตารางค่าระดับสีหลังการแปลง

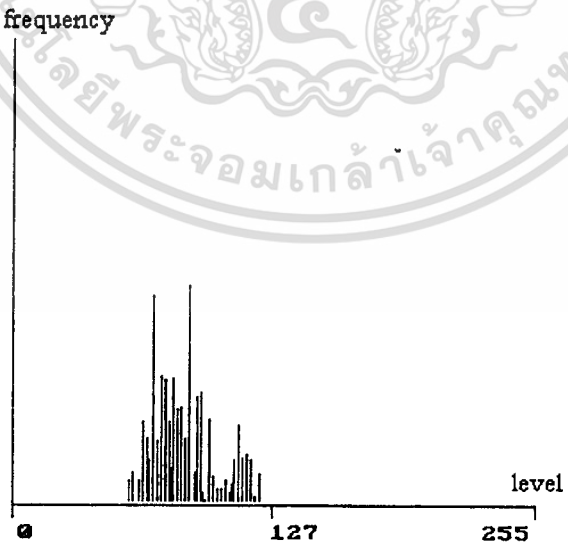
รูปที่ 22 แสดงลักษณะของกราฟและตารางค่าระดับสีของฮิสโตแกรมระดับกลาง

จากการกระจายของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพในลักษณะต่าง ๆ นั้นเราได้นำมาประยุกต์ใช้กับภาพลายนิ้วมือ ที่เราได้ทำการเก็บมาจากกล้องจับภาพเนื่องจากภาพลายนิ้วมือที่ได้มานั้นเกิดการเลือนหรือมัวไปทำให้ไม่สามารถหาจุดเฉพาะ(จุด core และจุด delta)ได้ ซึ่งจากการที่ได้วิเคราะห์ลักษณะของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องจับภาพแล้ว ปรากฏว่าลักษณะฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพมีการจับกลุ่มกัน ไม่กระจายไปทั่วทั้งระดับสีจาก 0 ถึง 255 ดังนั้นเราจึงทำการกระจายฮิสโตแกรมของระดับสีให้มีค่ากว้างขึ้นโดยการหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของฮิสโตแกรม (กำหนดให้จุด m เป็นจุดเริ่มต้นและจุด n เป็นจุดสิ้นสุดของการกระจายของฮิสโตแกรมระดับสี เมื่อฮิสโตแกรมของระดับสีกระจายอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

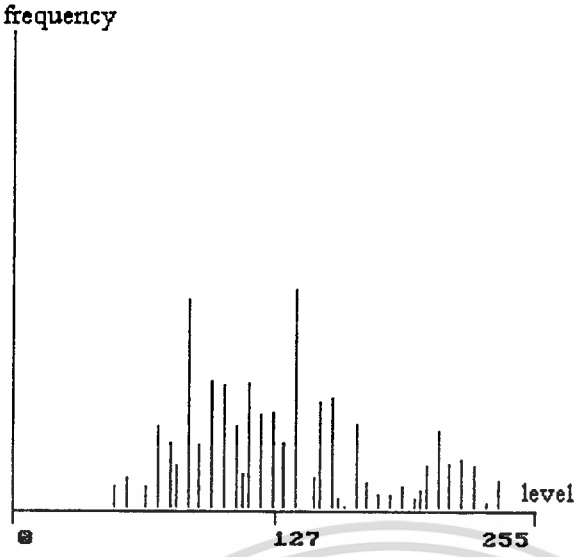
บริเวณส่วนกลางของระดับสีจากระดับ 0 ถึง 255 ในกรณีที่ c สังเกตรูปด้านบน) หลังจากที่ได้หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการกระจายของฮิสโตแกรมของระดับสีแล้วเราจะหาค่า gain และค่า off-set จากสูตรข้างบนที่ได้กล่างมาแล้ว หลังจากนั้นจึงแทนค่า gain และค่า off-set ที่ได้มาใน algorithm ได้เป็นค่าฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพ Output ออกมา

รูปที่ 23 แสดงภาพลายนิ้วมือที่เก็บได้มาจากกล้องจับภาพ



รูปที่ 24 แสดงลักษณะของฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพลายนิ้วมือในรูปที่ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 แสดงลักษณะฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพหลังการขยายฮิสโตแกรมของระดับสีให้มีขนาดกว้างขึ้น

รูปที่ 26 แสดงภาพลายนิ้วมือภาพเดียวกันหลังจากการขยายฮิสโตแกรมให้กว้างขึ้น

จากตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้ทำการเก็บมาจากกล้องจับภาพ ทำการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของระดับสีได้ดังรูปที่ 24 เราจะเห็นว่าลักษณะของฮิสโตแกรมของระดับสีมีการจับกลุ่มกันอยู่ในบริเวณส่วนกลางของระดับสี 0 ถึง 255 ดังนั้นเราจะทำการขยายฮิสโตแกรมดังกล่าวให้กว้างขึ้นผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 25 และภาพที่ได้จากการขยายฮิสโตแกรมของระดับสีได้แสดงไว้ในรูปที่ 26 ซึ่งจากรูปที่ได้ภาพหลังการทำการขยายฮิสโตแกรมของระดับสีมีความชัดเจนของลายนิ้วมือเพิ่มขึ้นในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่เหมือนกับภาพที่ได้มาจากการสแกนโดยเครื่องสแกนเนอร์ซึ่งมีความคมชัดมากกว่า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการหาจุด core และ delta

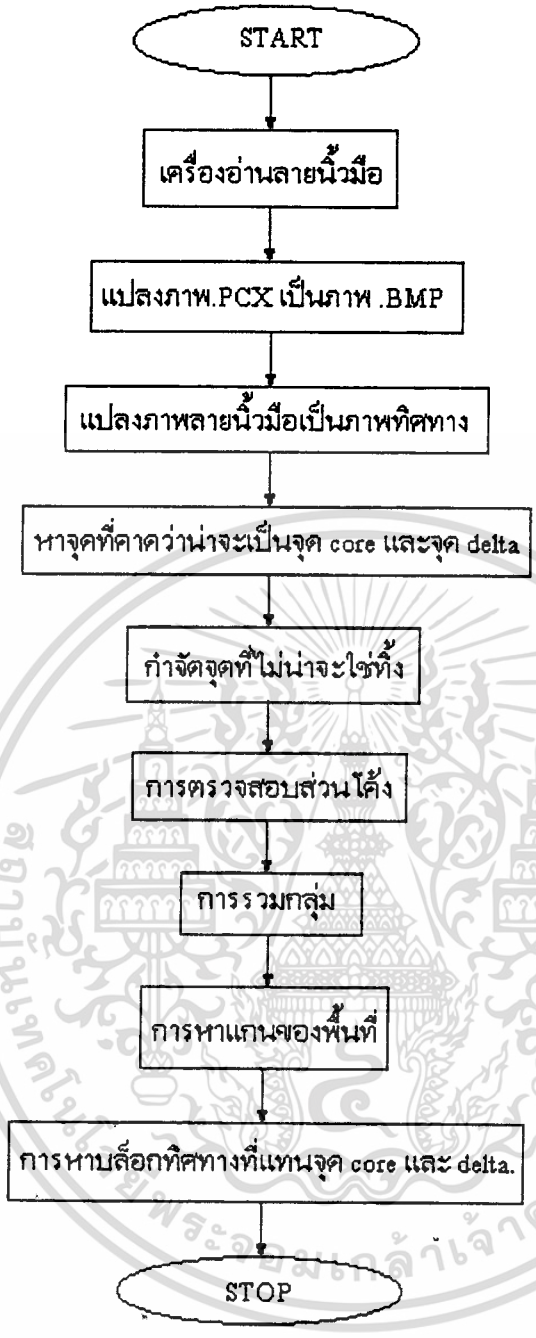
โครงสร้างระบบและการเก็บภาพลายนิ้วมือ

วิธีการหาจุด core และ delta นั้น เมื่อภาพลายนิ้วมือถูกเก็บมาโดยสแกนเนอร์หรือเครื่องอ่านลายนิ้วมือซึ่งเป็นกล้องวีดีโอภาพขาวดำ(กล้อง CCD) กล้องวีดีโอจะส่งข้อมูลเป็นสัญญาณอนาล็อกและข้อมูลจะถูกแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอล ซึ่งถูกเก็บอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ (เนื่องจากโปรแกรมจับภาพจะเก็บไฟล์ภาพเป็นไฟล์นามสกุล .PCX และโปรแกรมที่ใช้หาจุด core และ delta จะใช้ภาพอินพุทที่เป็นไฟล์ .BMP จึงต้องมีการแปลงไฟล์ที่เก็บมาได้ให้เป็นไฟล์นามสกุล .BMP ก่อน) เพื่อใช้ในการคำนวณหาจุดที่เป็นจุด core และ จุดที่เป็น delta ซึ่งจะได้แสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมไว้ในรูปที่ 27

หลังจากที่ได้ภาพลายนิ้วมือมาแล้ว(ไฟล์ภาพนามสกุล . BMP) ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนของการหาจุด core และ delta โดยการนำภาพ . BMP มาแปลงเป็นภาพทิศทาง จากนั้นจึงนำไปผ่าน ขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนที่ 1 การหาจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta, ขั้นตอนที่ 2 การกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง,ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบส่วนโค้ง , ขั้นตอนที่ 4 การรวมกลุ่ม , ขั้นตอนที่ 5 การหาแกนของพื้นที่ และขั้นตอนสุดท้าย เป็นการหาบล็อกทิศทางที่แทนจุด core และ จุด delta ในภาพทิศทางรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนจะได้กล่าวเป็นขั้น ๆ ต่อไป

หมายเหตุ ก่อนที่จะได้กระทำตามกระบวนการหาจุด core และจุด delta จากภาพทิศทางดังกล่าวนั้น สำหรับภาพลายนิ้วมือที่เก็บมาจากกล้องจับภาพจะมีลักษณะมัวหรือเลือนไม่ชัดเจนจากที่เราได้ทำการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของระดับสีของภาพผลที่ได้ปรากฏว่าภาพลายนิ้วมือที่เราเก็บมาจากกล้องจับภาพมีการกระจายของฮิสโตแกรมของระดับสีโดยเป็นการจับกันเป็นกลุ่ม ๆ ไม่ได้กระจายทั่วทั้งหมดของระดับ 0 ถึง 255 ดังนั้นจึงได้นำ algorithm linear density conversion มาช่วยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้เก็บมาก่อนที่จะเข้าสู่ขบวนการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 แสดงโครงสร้างระบบในการหาจุด core และ delta

การแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพทิศทาง

ในการแปลงภาพลายนิ้วมือที่ได้มาเป็นภาพทิศทาง(Directional Image) ภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจะประกอบไปด้วย ลายนูน(ridge) และร่อง(valley) โดยที่ทิศทาง

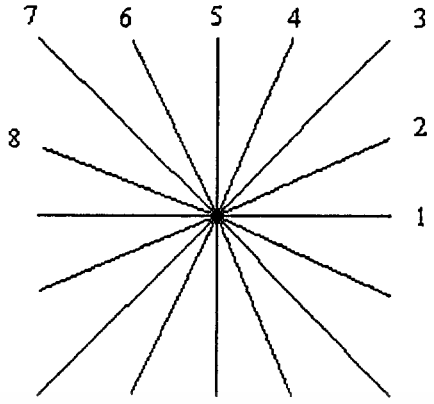
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละ pixel ของภาพ จะแทนทิศทางการเดินของลายนูน(ridge)และร่อง(valley) รวมกันเป็นภาพลายนิ้วมือออกมา ภาพลายนิ้วมือที่นำมาแปลงเป็นภาพทิศทางนั้นเรา ให้ทิศทางในภาพทิศทางแทนทิศทางการเดินของลายนูน โดยการตัดบล็อกขนาด 8×8 pixel (ในที่นี้ภาพลายนิ้วมือที่เราใช้จะเป็นภาพ grey image มีขนาด 256x256) ลงบนภาพลายนิ้วมือจนทั่วทั้งภาพจะได้ภาพบล็อกทิศทางขนาด32x32 บล็อก แล้วใน แต่ละบล็อกนั้นเราจะทำการหาทิศทาง การที่ใช้บล็อกขนาด 8×8 pixel เนื่องจากว่า เราได้ทำการทดลองแล้วพบว่าเหมาะสมสามารถล้อมรอบลายนูน(ridge)แต่ละลายได้ การตัดบล็อกที่มีขนาดใหญ่กว่านี้สามารถทำได้เช่นกัน แต่ผลที่ได้นั้นคือในหนึ่งบล็อก นั้นจะมีจำนวนลายนูน(ridge)สองลายหรือมากกว่า ซึ่งทำให้ทิศทางที่ได้ไม่ใช่ทิศทางที่ แทนทิศทางการเดินของลายนูน(ridge) ส่วนถ้าบล็อกที่เราสร้างมีขนาดเล็กเกินไปแล้ว ก็จะทำให้บล็อกบางบล็อกไม่มีลายนูน(ridge) ปรากฏอยู่หรือบล็อกไม่สามารถล้อม รอบลายนูน(ridge)ได้ ผลของทิศทางที่ได้จากการตัดบล็อกลักษณะนี้ก็ไม่ได้ทิศทางที่ แทนทิศทางการเดินของลายนูน(ridge) อีกเช่นกัน ดังนั้นเราจึงได้ใช้บล็อกขนาด 8×8 pixel ต่อมาในแต่ละบล็อกเราจะหาทิศทางที่แทนลายนูน(ridge) ได้โดยการหาผลรวม ของผลต่างของค่า grey value ตามทิศทาง d ที่มีค่าของผลรวมที่ได้น้อยที่สุด กำหนด ทิศทางดังกล่าวแทนทิศทางการเดินของลายนูน(ridge) ซึ่งเป็นไปตามสูตร

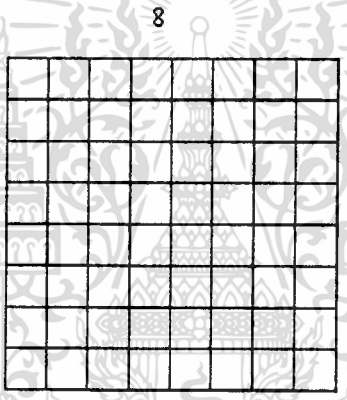
$$S_d = \sum_{m=0}^{M-1} \left| G(i_m, j_m) - G(i.j) \right| \qquad \text{สำหรับ } d = 1 \ldots N$$

M คือ จำนวนจุดที่ถูกเลือกมาใช้ในการคำนวณในที่นี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 8 เนื่องจากเราใช้บล็อกขนาด 8×8 pixel และ d คือ ทิศทางที่เราใช้ในการคำนวณ ส่วน N เป็นจำนวนทิศทางทั้งหมดที่ใช้ กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 8 (ทิศทาง d พิจารณาจากมุม Π(d-1)/N เรเดียน) เพราะว่าถ้าเรากำหนดให้ทิศทางมีน้อยเกินไปจุด core และจุด delta ที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายจะไม่ตรงกับจุดในภาพลายนิ้วมือจริง ส่วนการกำหนดให้มีทิศ ทางมากจนเกินไปก็จะทำให้ภาพทิศทางมีทิศทางที่ละเอียดจนเกินไป จุด core และจุด deltaที่ได้ก็จะไม่ตรงกันกับจุด core และจุด delta ที่อยู่ในภาพลายนิ้วมือจริงอีกเช่นกัน

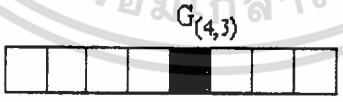
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



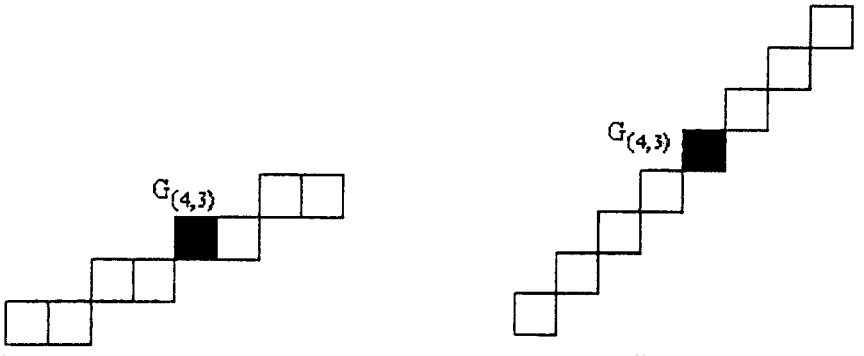
รูปที่ 28 แสดงทิศทางที่ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 29 แสดงการตัดบล็อกทิศทางและจำนวน pixelที่ใช้ในการคำนวณ

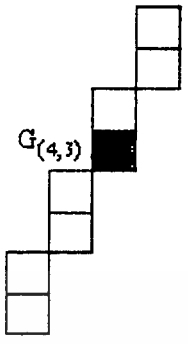


ทิศทางที่ 1

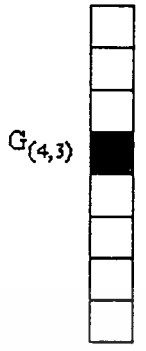


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางที่ 2

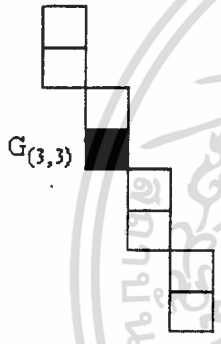


ทิศทางที่ 3

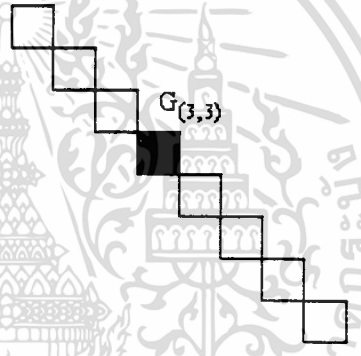


ทิศทางที่ 4

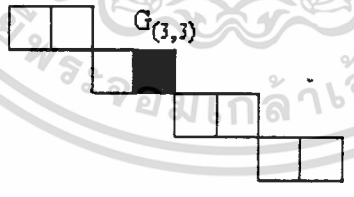
ทิศทางที่ 5



ทิศทางที่ 6



ทิศทางที่ 7



ทิศทางที่ 8

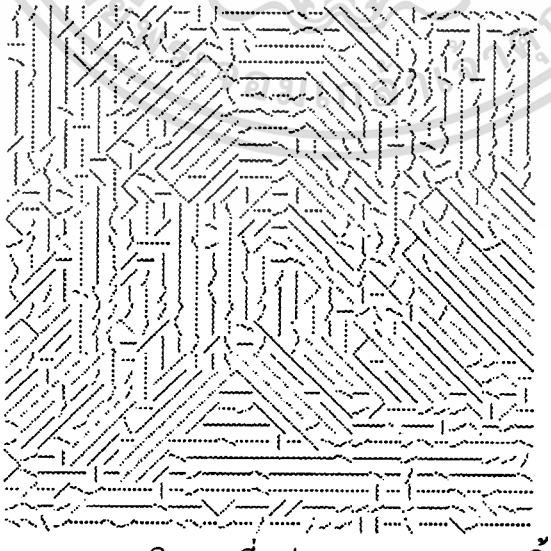
รูปที่ 30 แสดงลักษณะ pixel ที่ใช้ในการคำนวณตามทิศทาง d (1-8)

จากสูตรเมื่อ G(i,j) และ $G(i_m j_m)$ เป็นค่า grey values ที่ pixel (i,j) และ $(i_m j_m)$ ตามลำดับ pixel ที่มาพิจารณาไปยัง $(i_m j_m)$ คือ pixel อันดับที่ m ตามทิศทาง d จากจุด (i,j) ในการคำนวณเราจะกำหนดให้จุด (i,j) เป็นจุด(4,3) ถ้าจะการหาผลรวมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางที่ 1 ถึงทิศทางที่ 5 เนื่องจากในทิศทางที่ 1 ถึง 5 นั้นจะผ่าน pixel จุดที่(4,3)และกำหนดให้จุด (i,j) เป็นจุด (3,3) ถ้าต้องการหาผลรวมของทิศทางที่ 6 ถึงทิศทางที่ 8 เพราะว่าทิศทางที่ 6 ถึง 8 จะผ่าน pixel จุดที่(3,3) การที่เราใช้จุด pixel จุด (i,j) ต่างกันจะไม่ส่งผลกระทบใด ๆ เนื่องมาจากว่าเราต้องการหาผลรวมของผลต่างที่น้อยที่สุดในแต่ละทิศทางมากกว่า การที่จะมองจุดใดจุดหนึ่งเป็นจุดศูนย์กลางแล้วทำการหมุนทิศทางไปตามทิศทางต่าง ๆ ทั้ง 8 ทิศทางโดยมีจุดศูนย์กลางจุดเดียวกัน มุมของแต่ละทิศทางจะมีขนาดต่างกันเท่ากับ 22.5 องศา ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือและภาพทิศทางที่ได้มาจากการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพทิศทาง ดังรูปที่ 31และ32 ตามลำดับ

รูปที่ 31 แสดงภาพลายนิ้วมือที่ได้เก็บไว้ ก่อนนำมาแปลงเป็นภาพทิศทาง



รูปที่ 32 แสดงภาพทิศทางที่แปลงมาจากภาพลายนิ้วมือในรูปที่ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราได้ภาพทิศทางมาแล้ว ทิศทางทั้งหมด 8 ทิศทางเราจะแบ่งให้มีลักษณะอยู่ 3 ประเภทเพื่อใช้ประกอบในนิยามของบล็อกทิศทางที่แทนจุด core และ จุด delta ในภาพทิศทาง คือ ทิศทางเอียงซ้าย หมายถึง ทิศทางที่มีมุมน้อยกว่าหรือ เท่ากับ 90 องศา ในที่นี้ก็คือทิศทางที่ 1 ถึง 5 , ทิศทางเอียงขวา หมายถึง ทิศทางที่มีมุมมากกว่าหรือเท่ากับ 90 องศา ซึ่งก็คือทิศทางที่ 5 ถึง 8 และทิศทางในแนวนอน หมายถึงทิศทางที่มีมุมน้อยกว่า 45 องศา หรือ มากกว่า 135 องศา นั้นก็คือ ทิศทางที่ 7,8,1,2 และ 3

จากบทที่ 2 ในเรื่องของลักษณะของจุดต่าง ๆ บนลายนิ้วมือ จุด core เป็นจุดบนเส้นโค้งลายนูน (ridge)อยู่ส่วนบนที่สุดของเส้นโค้งของส่วนโค้งขึ้นที่กำลังจะกลับตัวหรือกำลังจะโค้งลง เป็นเส้นโค้งลายนูนที่เกิดการโค้งกลับด้วยตัวของมันเอง(เมื่อวิ่งขึ้นไปโค้งขึ้นแล้วก็จะโค้งลง กลับลงมาด้านล่าง) และเป็นเส้นโค้งเส้นในสุดของกลุ่มเส้นโค้งหรือกลุ่มรูปแบบอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อมองในภาพทิศทาง บล็อกทิศทางที่แทนจุด core ในภาพทิศทางจะมีฮิสโตแกรมของทิศทางของส่วนที่อยู่ข้างเคียงทางด้านซ้ายหรือฮิสโตแกรมของทิศทางที่ล้อมรอบอยู่ทางด้านซ้ายมีลักษณะทิศทางเอียงซ้ายและมีฮิสโตแกรมของทิศทางของส่วนที่อยู่ข้างเคียงขวา หรือฮิสโตแกรมของทิศทางที่ล้อมรอบอยู่ทางด้านขวามีลักษณะทิศทางเอียงขวา

จุด delta ในภาพลายนิ้วมือถูกกำหนดให้เป็นจุดของการแยก (อยู่ในย่านที่มีลักษณะเหมือนสามเหลี่ยม) บนลายนูนที่กำลังแยกออกเป็นสองทางซึ่งจะมีลักษณะการขยายออกเป็นรูปของสามเหลี่ยม ถ้ามองในภาพทิศทางจะพบว่า จุดที่แทนจุด delta ในภาพทิศทางจะมีเงื่อนไขที่เพิ่มขึ้นมาจากจุดที่แทนจุด core ในภาพทิศทาง คือมีฮิสโตแกรมของทิศทางของส่วนที่อยู่ข้างเคียงด้านล่าง หรือฮิสโตแกรมของทิศทางที่อยู่รอบ ๆ ทางด้านล่างของจุดที่แทนจุด delta มีลักษณะเป็นทิศทางในแนวนอน

การตรวจหาจุดเฉพาะ

การตรวจหาจุดเฉพาะหรือการตรวจหาจุด core และจุด delta นั้น เนื่องจากภาพบล็อกทิศทางที่ได้จะมีลักษณะเหมือนการเดินของลายนูน (ridge) ของภาพลายนิ้วมือจริง เราจึงสามารถตรวจหาจุดเฉพาะ (จดุ core และจุด delta) ได้จากภาพบล็อกทิศทางโดยอาศัยฮิสโตแกรมของทิศทางที่อยู่ล้อมรอบกับจุดเฉพาะ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดจุดเฉพาะขึ้นด้วยวิธีการตามขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 การหาจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta

ในขั้นตอนนี้เป็นการเลือกบล็อกทิศทางที่ใช้แทนจุด core คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทาง และเลือกบล็อกทิศทางที่ใช้แทนจุด delta คาดว่าน่าจะเป็นจุด delta ในภาพทิศทาง ซึ่งเราจะเลือกจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุดดังกล่าวทุกจุดในภาพทิศทางโดยใช้หลักการดังนี้

จุด core บล็อกทิศทางที่เลือกเป็นบล็อกทิศทางของจุด core นั้นจะต้องมีมุมที่มีความแตกต่างจากบล็อกทิศทางทางซ้าย มากกว่าหรือเท่ากับ k_1 ในที่นี้เรากำหนดให้ k_1 มีค่าเท่ากับ 45 องศา เนื่องจากลักษณะของบล็อกทิศทางที่อยู่ล้อมรอบจุด core นั้นจะต้องมีบล็อกของส่วนประกอบที่อยู่ข้างเคียงด้านซ้ายมีลักษณะเอียงซ้าย และบล็อกของส่วนประกอบที่อยู่ทางด้านขวามีลักษณะเอียงขวา และมีความแตกต่างของมุมกับบล็อกข้างเคียงทางด้านซ้ายเท่ากับ 45 องศาซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$d\{B(i,j) - B(i-1,j)\} \geq k_1$$

ให้ $B(i,j)$ เป็นบล็อกทิศทางภาพที่แทนจุด core และคาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางตัวอย่างของบล็อกทิศทางที่เลือกเป็นไปดังรูปที่ 33

B(i-1,j) B(i,j)

รูปที่ 33 แสดงตัวอย่างของบล็อกทิศทางที่เลือกเป็นบล็อกทิศทางของจุด core

จุด delta บล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นบล็อกทิศทางของจุด delta และถูกเลือกเป็นจุด delta ในภาพทิศทาง เมื่อบล็อกทิศทางนั้นมีลักษณะดังเมตริกต่อไปนี้

$$\begin{vmatrix} x_s & B(i,j) & x_s \\ B(i-1,j+1) & x_s & B(i+1,j+1) \end{vmatrix}$$

จากเมตริกข้างต้นนี้บล็อกของทิศทางของจุดที่เป็นจะจุด delta นั้นต้องมีส่วนประกอบข้างเคียงหรือส่วนที่อยู่รอบข้างหมือนกับเมตริกนั้น ให้ x_s เป็นค่าอะไรก็ได้

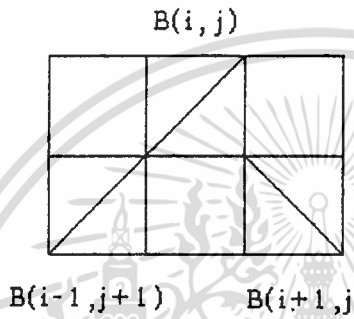
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่าของ $B(i,j)$, $B(i-1,j+1)$ และ $B(i+1,j+1)$ ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้ $B(i-1,j+1) < B(i,j) \leq B(i+1,j+1)$

$$B(i-1,j+1) \leq B(i,j) < B(i+1,j+1)$$

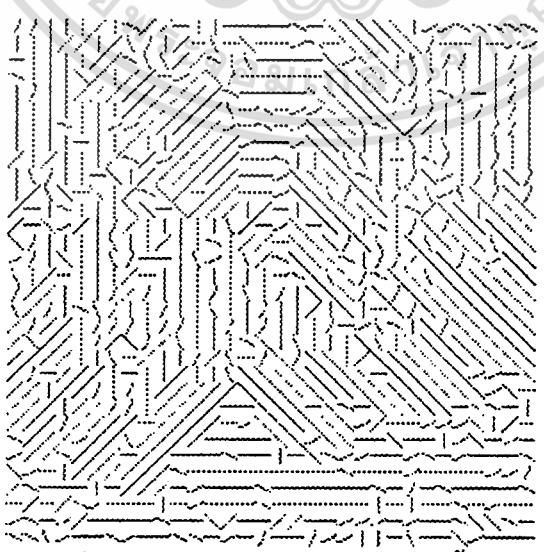
$$B(i-1,j+1) \leq k_2 \text{ และ } B(i+1,j+1) \geq k_2$$

ดังนั้นบล็อกทิศทางที่เราเลือก $B(i,j)$ เป็นบล็อกทิศทางของจุดที่เป็นจุด delta ในภาพทิศทาง จะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขในข้างต้น และให้ k_2 มีค่าเท่ากับ 90 องศา บล็อกทิศทาง x_s เป็นค่าอะไรก็ได้ (don't care)ตัวอย่างเช่น



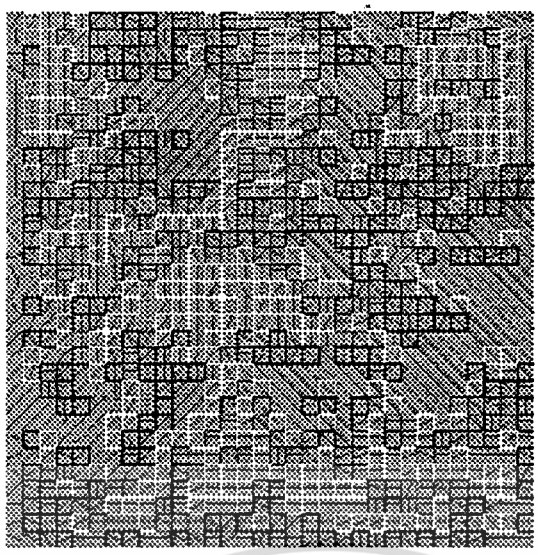
รูปที่ 34 แสดงตัวอย่างของบล็อกทิศทางที่ถูกเลือกเป็นบล็อกทิศทางของจุด delta

จากวิธีการในข้างต้นเมื่อเราใช้วิธีการหาจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด deltaในภาพทิศทางแล้ว จะได้จุดเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างในรูปที่ 35 และ 36 ซึ่งเป็นการนำภาพทิศทางมาทำการคัดเลือกจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta ในภาพทิศทาง



รูปที่ 35 ภาพทิศทางที่ได้มาจากการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 36 แสดงบล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta และถูกเลือกไว้ในภาพทิศทาง

จากตัวอย่างในรูปที่ 36 บล็อกสีขาวจะแทนจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด delta ส่วนบล็อกสีดำแทนจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และบล็อกสีเทาแทนจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นทั้งจุด core และ จุด delta ในภาพทิศทาง

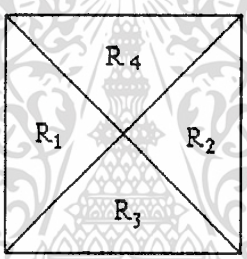
ขั้นตอนที่ 2 การกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

จากในขั้นตอนที่ 1 เราได้ทำการเลือกบล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นบล็อกทิศทางของจุด core และบล็อกทิศทางของจุด delta ในภาพทิศทาง มาถึงขั้นตอนนี้จะเป็นการลบหรือกำจัดบล็อกที่ไม่น่าจะเป็นจุดเฉพาะดังกล่าวออก เพราะบล็อกที่เราเลือกมาในขั้นตอนแรกมีจำนวนมากมาย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องกำจัดบล็อกที่ไม่น่าจะใช่บล็อกทิศทางของจุดเฉพาะเหล่านั้นออกเสียบ้าง เพื่อให้เหลือบล็อกทิศทางที่ใช้แทนจุด core และจุด delta ในภาพทิศทางมีน้อยลง เพื่อใช้ในการหาบล็อกทิศทางที่ใช้แทนจุดที่เป็นจุดเฉพาะในขั้นตอนต่อ ๆ ไป หลักในการลบจุดที่ไม่น่าจะใช่ออก เราใช้เงื่อนไขต่อไปนี้

จุด delta ที่ถูกเลือกมาในภาพทิศทาง ให้นำบล็อกทิศทางที่อยู่รอบ ๆ บล็อกทิศทางที่เราเลือกให้เป็นจุด delta มาพิจารณาโดยการตัดบล็อกขนาด 7x7 ล้อมรอบบล็อกทิศทางของจุดที่เลือกให้เป็นจุด delta ในปริญญานิพนธ์ฉบับที่แล้วได้ใช้การตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกขนาด 5 x 5 ซึ่งเมื่อเราได้ทำการทดลองแล้วปรากฏว่า การใช้บล็อกขนาด 5x5 มีขนาดเล็กเกินไป ไม่สามารถครอบคลุมลักษณะของบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta(บริเวณที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม)ได้ชัดเจน เมื่อนำมาใช้ในขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง การที่บล็อกขนาด 5x5 ไม่สามารถแสดงลักษณะบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta ได้ชัดเจนนั้น ได้ส่งผลให้การคำนวณในขั้นตอนนี้ผิดพลาดไปได้ เราจึงเลือกบล็อกขนาด 7x7 ซึ่งจะแสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta ได้เด่นชัดกว่า เพราะได้ผลจากการคำนวณที่ถูกต้องมากกว่า จากบล็อกขนาด 7x7 เราจะนำมาจัดแบ่งเป็น 4 ย่านได้แก่ ย่าน R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 แล้วพิจารณาความถี่ของทิศทางในแต่ละย่าน ดังกล่าวคือ H_1 , H_2 , H_3 และ H_4 เป็นความถี่ของทิศทางของย่าน R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 ตามลำดับ



รูปที่ 37 แสดงลักษณะของการแบ่งย่านข้างเคียงของจุดที่เป็นจุด delta

การพิจารณาบล็อกทิศทางของจุด delta ในภาพทิศทาง เพื่อทำการกำจัดหรือลบจุดที่ไม่น่าจะใช่ออกนั้น เราใช้เงื่อนไขต่อไปนี้ในการพิจารณา

$$P_1 = \sum_{k=0}^{N/2-1} H_1(k) \geq t_1$$

$$P_1 \geq \sum_{k=N/2}^{N-1} H_1(k) \quad \text{และ} \quad P_1 \geq \sum_{k=0}^{N/4} h_1(k) + \sum_{k=3N/4}^{N-1} H_1(k)$$

$$P_2 = \sum_{k=0}^{N/4} H_2(k) + \sum_{k=3N/4}^{N-1} H_2(k) \geq t_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_2 \geq \sum_{k=0}^{N/2-1} H_2(k) \text{ และ } P_2 \geq \sum_{k=N/2}^{N-1} H_2(k)$$

$$P_3 = \sum_{k=N/2}^{N-1} H_3(k) \geq t_1$$

$$P_3 \geq \sum_{k=0}^{N/2-1} H_3(k) \text{ และ } P_3 \geq \sum_{k=0}^{N/4} H_3(k) + \sum_{k=3N/4}^{N-1} H_3(k)$$

$$P_4 = \sum_{k=N-2}^{N-1} H_4(k) + \sum_{k=0}^{N/4} H_4(k)$$

$$P_4 \geq \sum_{k=N/2}^{N-1} H_4(k)$$

จากเงื่อนไข N เป็นจำนวนทิศทางทั้งหมดที่ใช้ P_1 เป็นผลรวมของความถี่ของทิศทางในย่าน R_1 , P_2 เป็นผลรวมของความถี่ของทิศทางในย่าน R_2 , P_3 เป็นผลรวมของความถี่ของทิศทางในย่าน R_3 และ P_4 เป็นผลรวมของความถี่ของทิศทางในย่าน R_4 โดยที่ในย่าน R_1 ค่าของ P_1 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ t_1 (ค่า threshold) และ P_1 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับค่าฮิสโตแกรมทิศทางของ P_2 และ P_3 ในย่าน R_1 ส่วนของย่าน R_2และ R_3ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ส่วนย่าน R_4 จะมีลักษณะแตกต่างกันโดยจะเปรียบเทียบแต่เฉพาะฮิสโตแกรมทิศทางของ P_4 จะต้องมากกว่าฮิสโตแกรมทิศทางของ P_3 วิธีการเลือกทิศทางที่ใช้ในการพิจารณานั้นเราพิจารณาจากลักษณะของรูปร่างสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นลักษณะของรูปร่างของบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เป็นหลัก เพราะฉะนั้นบล็อกทิศทางที่เราเลือกมาโดยคาดว่าน่าจะเป็นบล็อกทิศทางของจุด delta ในภาพทิศทาง ในขั้นตอนที่ 1 ต้องผ่านเงื่อนไขทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมาข้างบน ค่า threshold t_1 เป็นค่าคงที่ที่ใช้ในการพิจารณา จะมีผลทำให้บล็อกทิศทางของจุดที่เรากำลังพิจารณาว่าควรจะกำจัดออกหรือไม่ ผ่านขั้นตอนนี้ไปได้มากหรือน้อยเพียงใดขึ้นกับการกำหนดของเราเอง ซึ่งจากผลที่ได้ทดลองมาสำหรับการตัดบล็อกขนาด 7x7 จะใช้ค่า threshold 6,7 และ 8 ในตัวโปรแกรมที่เขียนขึ้นนั้นถ้าค่าของมันมากเกินไปจะทำให้จุด delta ทุกจุดในภาพทิศทางไม่สามารถผ่านขั้นตอนนี้ไปได้ จึงทำการลดค่าของมันลงทีละค่าโดยอัตโนมัติเพื่อให้จุดที่เป็น delta ในภาพทิศทางสามารถผ่านขั้นตอนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ แต่ค่าที่ลดลงก็จะมีค่าไม่เกิน 6 เพราะจากการทดลองสังเกตได้ว่าในกรณีที่จุด delta ในภาพทิศทางไม่สามารถผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งเมื่อค่า threshold t_1 มีค่าต่ำกว่า 6 แล้วเกิดจากลักษณะบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta นั้นมีทิศทางที่ไม่เป็นลักษณะของรูปสามเหลี่ยมซึ่งเกิดมาจากการที่ภาพที่เก็บมาทดลองก่อนการแปลงเป็นภาพทิศทางไม่ชัดเจน มีอาการเลือนหรือมัวไปเมื่อเป็นภาพที่เก็บมาจากกล้องจับภาพ และมีการเลอะของหมึกพิมพ์ถ้าเป็นภาพที่ได้มาจากการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์

จุด core จะมีการกระทำคล้าย ๆ กับจุด delta โดยการอาศัยบล็อกทิศทางข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบมาร่วมพิจารณา วิธีการนี้เราจะทำการตัดบล็อกล้อมรอบบล็อกของจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในขั้นตอนแรกด้วยบล็อกขนาด 5×5 แล้วพิจารณาว่าบล็อกทิศทางที่ล้อมรอบอยู่นั้นสนับสนุนให้บล็อกทิศทางที่เป็นจุด core ในภาพทิศทางนั้น ควรเป็นบล็อกทิศทางของจุด core ในภาพทิศทางหรือไม่ โดยใช้เงื่อนไขต่อไปนี้ในการพิจารณา

$$\underset{k=0}{\overset{N-1}{MAX}} f_1(H_4(k)) \quad < \quad t_2$$

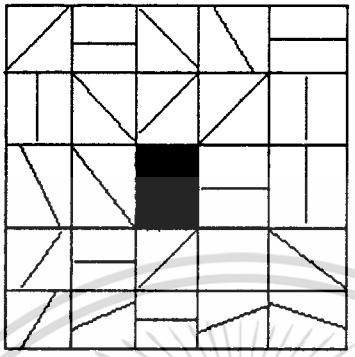
เมื่อ

$$f_1(H(k)) = \sum_{j=(k-1) \bmod N}^{(k+1) \bmod N} H(j)$$

จากสมการข้างต้นฟังก์ชันของฮิสโตแกรมหรือความถี่ของทิศทางตั้งแต่ทิศทางที่ 0 ถึง 7 นั้นจะต้องมีค่าน้อยกว่า t_2 (ค่า threshold) โดยฟังก์ชันของความถี่ของทิศทางได้มาจากผลของความถี่ทิศทางข้างเคียงและทิศทางของฟังก์ชันนั้นเอง การ mod ด้วยค่า N นั้น วิธีการ mod ซึ่งเป็นลักษณะของการหารด้วยค่า N แล้วเอาเฉพาะเศษเท่านั้นมาเป็นผลลัพธ์โดยที่ผลลัพธ์นั้นจะมีค่าเท่ากับ 0 ถึง N-1 เท่านั้น ค่า threshold t_2 นั้นเป็นค่าคงที่ที่ได้มาจากการทดลอง เป็นตัวกำหนดว่าทิศทางที่อยู่ล้อมรอบจุด core ในภาพทิศทางควรมีทิศทางไปทางเดียวกันไม่เกินจำนวนเท่าใด การกำหนดให้มีค่าน้อยมีผลทำให้บล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นบล็อกทิศทางของจุด core ในภาพทิศทางผ่านขั้นตอนนี้มีจำนวนน้อยลงและถ้ากำหนดให้มีค่ามากทำให้บล็อกทิศทางดังกล่าวผ่านขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนนี้ได้จำนวนมากขึ้น โดยในการทดลองจะกำหนดให้มีค่าเป็น 14-18 ขึ้นอยู่ความชัดเจนของทิศทางหรือลักษณะทิศทางที่อยู่รอบ ๆ จุดที่เราคาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทาง

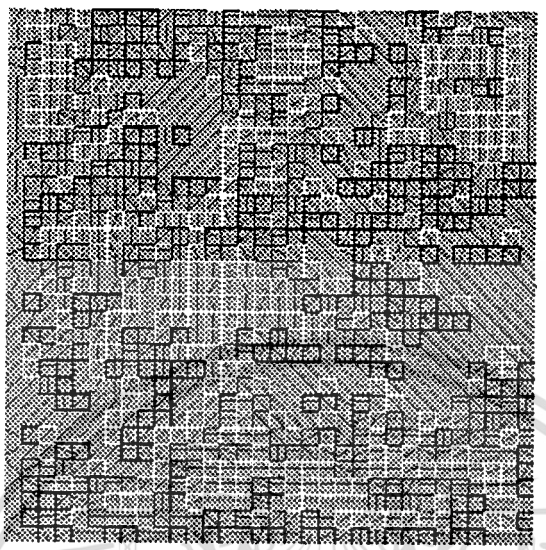


รูปที่ 38 แสดงทิศทางที่อยู่ข้างเคียงบล็อกทิศทางที่เราคาดว่าน่าจะเป็นจุด core

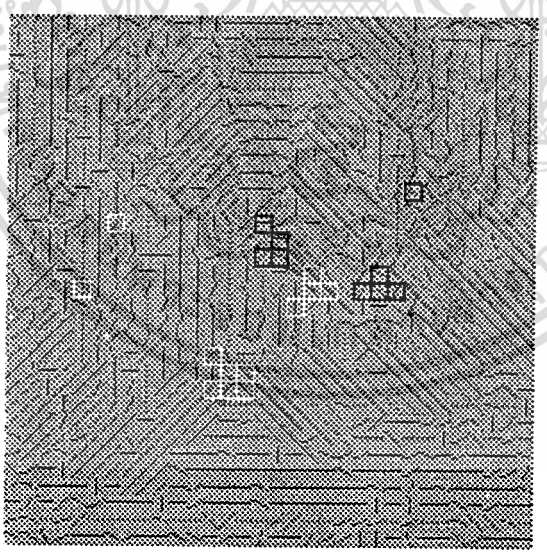
หมายเหตุ เนื่องจากการกำจัดจุดที่เราคาดว่าไม่น่าจะเป็นจุด delta ในภาพทิศทางออกโดยที่เราพิจารณาจากบริเวณรอบข้างที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม เป็นลักษณะที่ตายตัวและแน่นอนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการกำจัดจุดที่เราคาดว่าไม่น่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทาง ดังนั้นในกรณีที่ขั้นตอนแรกจุดบางจุดในภาพทิศทางถูกเลือกให้เป็นทั้งจุด core และจุด delta เราจะทำการพิจารณาว่าจุด ๆ นั้นเป็นจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด delta หรือไม่ในขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งก่อนที่จะทำการพิจารณาว่าควรจะกำจัดจุดนั้นออกหรือไม่ถ้าจุดนั้นเราคาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางและจะทำการกำจัดจุด core ที่อยู่รอบจุด delta ออกด้วย เนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าจุด delta จะมีบริเวณรอบข้างที่เป็นรูปสามเหลี่ยมจึงไม่ควรมีจุด core อยู่ในบริเวณดังกล่าวด้วย ตัวอย่างภาพทิศทางที่มีจุดที่เราคาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta และภาพทิศาทางของจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุด delta ที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งแสดงไว้ในรูปที่ 39และ40 ตามลำดับ โดยในรูปที่ 39 บล็อกที่มีสีขาวจะแทนจุดที่เราคาดว่าน่าจะเป็นจุด delta ในภาพทิศทางบล็อกที่มีสีดำแทนจุดที่เราคาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทาง ส่วนบล็อกที่มีสีเทาใช้แทนจุดที่เราคาดว่าน่าจะเป็นทั้งจุด core และจุด deltaในภาพทิศทาง รูปที่ 40 บล็อกที่มีสีขาวใช้แทนจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

delta และบล็อกที่มีสีดำแทนจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 39 แสดงภาพของจุดที่เราคาดว่าน่าจะเป็นจุด core และ delta ในภาพทิศทาง

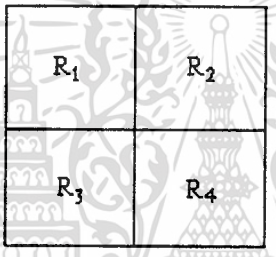


รูปที่ 40 แสดงภาพของจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และ delta ในภาพทิศทางหลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่จุดดังกล่าวทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบส่วนโค้ง

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำบล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งมาแล้ว ซึ่งจะได้บล็อกทิศทางของจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางจำนวนหนึ่ง มาทำการตรวจสอบกับทิศทางที่อยู่ข้างเคียงว่าบล็อกทิศทางของจุดดังกล่าวนั้น อยู่ภายใต้ลักษณะส่วนโค้งที่มีลักษณะเป็นอย่างไรเป็นลักษณะของส่วนโค้งขึ้นหรือโค้งลง วิธีการของขั้นนี้จะทำการตัดบล็อกล้อมรอบ ๆ จุด core ในภาพทิศทางและแบ่งบล็อกนี้เป็นย่าน 4 ย่าน ในแต่ละย่านคือย่าน R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 จะสร้างเป็นบล็อกขนาด 5×5 เพื่อใช้ในการพิจารณา



รูปที่ 41 แสดงการแบ่งย่านของบล็อกที่ล้อมรอบจุด core ในภาพทิศทาง

จากรูปที่ 41 เมื่อทำการแบ่งบล็อกที่ตัดเป็น 4 ย่านดังรูป ซึ่งจะประกอบไปด้วยย่าน R_1 , R_2, R_3 และ R_4 แล้ว นำความถี่ของทิศทาง H_1 , H_2, H_3 และ H_4 ในย่าน R_1 , R_2, R_3 และ R_4 ตามลำดับ มาพิจารณาหาลักษณะของส่วนโค้งในบล็อกที่เราตัดล้อมรอบจุด core โดยการพิจารณาการเอียงของทิศทางที่อยู่รอบ ๆ บล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางนั้น โดยใช้เงื่อนไขต่อไปนี้ในการพิจารณา

บล็อกทิศทางของจุดที่เป็นจุด core จะอยู่ในลักษณะของส่วนโค้งขึ้น

ถ้า $f_{3+}(H_1, H_2) > f_{3-}(H_3, H_4)$

และ $f_{3+}(H_1, H_2) > t_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกทิศทางของจุดที่เป็นจุด core จะอยู่ในลักษณะของส่วนโค้งลง

ถ้า $f_{3+}(H_1,H_2) < f_{3-}(H_3,H_4)$

และ $f_{3-}(H_3,H_4) > t_3$

และฟังก์ชัน f_3 กำหนดได้ดังนี้

$$f_{3+}(H_m,H_n) = \sum_{j=0}^{N-1} w_\alpha(j)H_m(j) + \sum_{j=0}^{N-1} w_\beta(j)H_n(j) \quad \text{เมื่อ } \alpha=2,\beta=6$$

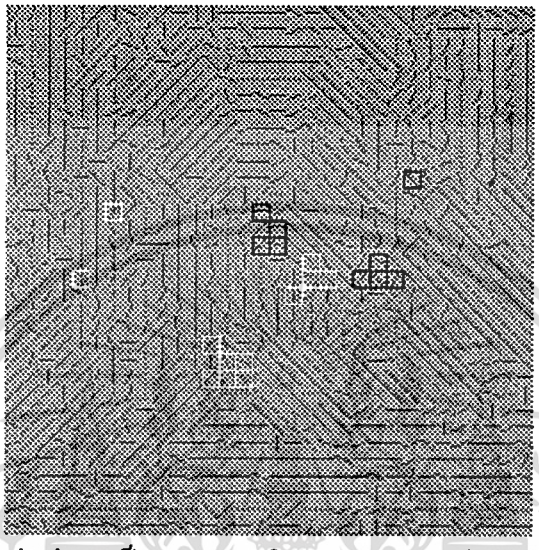
$$f_{3-}(H_m,H_n) = \sum_{j=0}^{N-1} w_\alpha(j)H_m(j) + \sum_{j=0}^{N-1} w_\beta(j)H_n(j) \quad \text{เมื่อ } \alpha=6,\beta=2$$

เมื่อฟังก์ชัน f_{3+} เป็นฟังก์ชันของฮิสโตแกรมทิศทางที่อยู่ในลักษณะของส่วนโค้งขึ้น ซึ่งเราจะพิจารณาในย่าน R_1 และ R_2 ส่วนฟังก์ชัน f_{3-} เป็นฟังก์ชันของฮิสโตแกรมทิศทางที่อยู่ในลักษณะของส่วนโค้งลงใช้พิจารณาในย่าน R_3 และ R_4

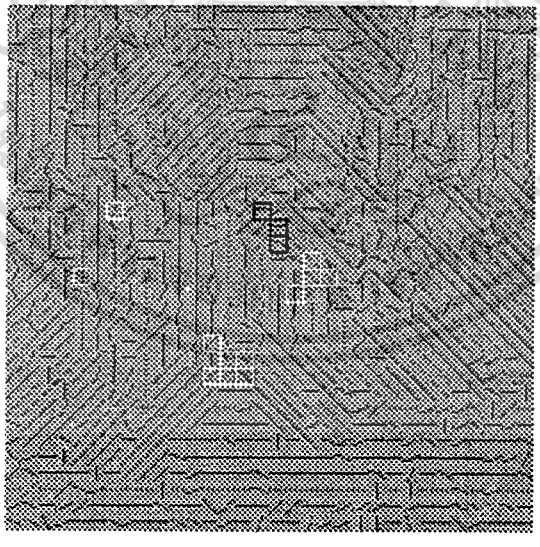
ค่าของ $w_\alpha(j)$ กับ $w_\beta(j)$ เป็นค่าคงที่ที่ได้กำหนดขึ้นมา โดยที่ค่าของ $w_\alpha(j)$ เมื่อ $\alpha=j$ จะมีค่ามากกว่าค่า $w_\alpha(j)$ เมื่อ $\alpha\neq j$ และค่า $w_\beta(j)$ เมื่อ $\beta=j$ จะมีค่ามากกว่าค่า $w_\beta(j)$ เมื่อ $\beta\neq j$ ค่าคงที่ทั้งสองตัวนี้ใช้คูณเข้าไปกับความถี่ของทิศทางเพื่อเป็นการสร้างความแตกต่างระหว่างทิศทางที่เราพิจารณา (เป็นทิศทางที่ทำให้เกิดลักษณะของส่วนโค้งขึ้นหรือโค้งลง)กับทิศทางอื่น ๆ และค่า threshold t_3 เป็นค่าที่ได้มาจากการทดลอง ใช้เพื่อพิจารณาฟังก์ชัน f_{3+} และฟังก์ชัน f_{3-} ว่าควรมีค่าเท่าใดจึงจะเป็นฟังก์ชันของลักษณะส่วนโค้งขึ้นและโค้งลง จากสมการข้างต้นถ้าบล็อกทิศทางที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทาง จุดใดอยู่ในลักษณะของส่วนโค้งขึ้นก็จะมีค่าของฟังก์ชัน f_{3+} ซึ่งอยู่ในย่าน ย่าน R_1 และ R_2 มากกว่า ฟังก์ชัน f_{3-} ซึ่งอยู่ในย่านของ R_3 และ R_4 โดยที่ฟังก์ชัน f_{3+} ต้องมีค่ามากกว่าค่า t_3 ด้วย ส่วนกรณีของลักษณะส่วนโค้งลง ฟังก์ชัน f_{3-} ที่อยู่ในย่าน R_3 และ R_4 ก็ต้องมากกว่าฟังก์ชัน f_{3+} ในย่าน R_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ R_2 รวมทั้งฟังก์ชัน f_{3-} จะต้องมากกว่าค่า t_3 ด้วย เช่นกัน ในการทดสอบเราใช้ค่า $w_\alpha(j)$ และค่า $w_\beta(j)$ มีค่าเท่ากับ 2 คูณเข้าไปในทิศทางที่เราพิจารณาในแต่ละย่านเท่านั้น ที่เราใช้ค่าเพียงแค่ 2 เพราะไม่ต้องการให้เกิดความแตกต่างระหว่างทิศทางที่เราต้องการพิจารณากับทิศทางอื่น ๆ มากจนเกินไป ซึ่งจากที่เราทำการตัดบล็อกทิศทาง



รูปที่ 42 แสดงจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางก่อนการตรวจสองส่วนโค้ง



รูปที่ 43 แสดงจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางหลังการตรวจสองส่วนโค้ง

ในแต่ละย่านให้มีขนาดใหญ่ก็ทำให้บล็อกทิศทางที่เราสร้างขึ้นสามารถครอบคลุมทิศทางที่ทำให้เกิดลักษณะส่วนโค้งที่เราต้องการแล้ว ค่า t_3 ใช้ค่าประมาณ 64 -70 ขึ้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับลักษณะของทิศทางที่อยู่ล้อมรอบจุด core ในภาพทิศทางด้วย กรณีที่ทิศทางที่อยู่รอบข้างจุดที่เป็น core ในภาพทิศทางไม่ชัดเจน จุด core ในภาพทิศทางไม่สามรถผ่านการตรวจสอบส่วนโค้งไปได้เลย โปรแกรมที่เราเขียนขึ้นมาจะใช้ค่าที่ต่ำลงมาเองโดยอัตโนมัติ ในรูปที่ 42 และ 43 จะแสดงจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core ในภาพทิศทางก่อนและหลังการตรวจสอบลักษณะส่วนโค้ง

ขั้นตอนที่ 4 การรวมกลุ่ม

ในขั้นตอนนี้เราจะนำบล็อกทิศทางที่ผ่านขั้นตอนที่แล้ว มาทำการจัดบล็อกทิศทางเหล่านั้นให้เป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งจากการทดลองหลังจากที่ผ่านขั้นตอนของการตรวจสอบของลักษณะส่วนโค้งจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด core และจุดที่คาดว่าน่าจะเป็นจุด delta ในภาพทิศทาง จะวางตัวอยู่ในลักษณะเป็นกลุ่ม ๆ อยู่แล้ว แต่การจัดกลุ่มของบล็อกทิศทางในขั้นตอนนี้ก็เพื่อเป็นการหาจุดศูนย์กลางและรวมกลุ่มเหล่านั้น ซึ่งจะวางตัวอยู่ในบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นบริเวณของ delta หรือ บริเวณของ core และมักจะเกิดการเอียงขึ้น เราจึงจำเป็นต้องหาลักษณะการเอียงของบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta หรือ core ดังกล่าวรายละเอียดส่วนนี้จะกล่าวในขั้นตอนต่อไป หลักในการจัดรวมกลุ่มและการหาจุดศูนย์กลางกลุ่มจะใช้ทฤษฎีของ k-mean algorithm ร่วมกับค่าของ threshold t_i ซึ่งจะเพิ่มเข้าไปเป็นเงื่อนไขในขั้นตอนของการหาสมาชิก โดยจากเดิม ในขั้นตอนที่ 2 ของ k-mean algorithm ใช้การพิจารณาการหาสมาชิกจากจุดใด ๆ โดยกำหนดว่าจุดนั้นใกล้จุดศูนย์กลางจุดใดมากกว่ากัน ก็กำหนดให้จุดนั้นเป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางที่ใกล้ที่สุด แต่เงื่อนไขที่เพิ่มเข้าไปจะกำหนดด้วยว่าจุดที่จะเป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางใด ๆ ต้องมีระยะทางห่างจากจุดศูนย์กลางนั้นไม่เกินค่า t_i ถ้าเกินค่า t_i แล้วและจุดนั้นยังไม่เป็นสมาชิกของจุดศูนย์กลางใดเลย ก็จะกำหนดให้จุดนั้นเป็นจุดศูนย์กลางตัวใหม่ วิธีการทั้งหมดในขั้นตอนนี้ คือ ในขั้นแรกเลือกบล็อกใดก็ได้เป็นจุดศูนย์กลางกลุ่มซึ่งกำหนดให้เป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้น จากนั้นหาสมาชิกโดยวัดระยะทางของจุด x ใด ๆ ถึงจุดศูนย์กลางกลุ่มต้องน้อยกว่า t_i และถ้ามากกว่าแล้วจุด x จุดนั้นจะไม่เป็นสมาชิกของกลุ่ม หลังจากที่ทำการหาสมาชิกของจุดศูนย์กลางที่จุดเรียบร้อยแล้วถ้าจุดใดยังไม่เป็นสมาชิกของกลุ่มใดเลยจะให้จุดนั้นเป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้นอีกตัว จากนั้นทำการปรับปรุงจุดศูนย์กลางของกลุ่มโดยการนำสมาชิกทั้งหมด

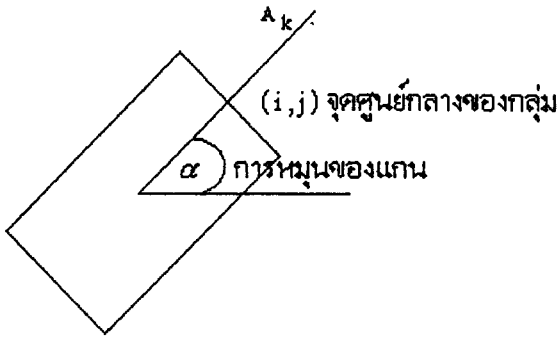
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกลุ่มมาใช้ในการคำนวณหาจุดศูนย์กลางใหม่ ขั้นตอนสุดท้ายถ้าจุดศูนย์กลางที่ได้มีตำแหน่งเปลี่ยนไปจากจุดเดิม ก็ให้กลับไปทำการหาสมาชิกใหม่โดยใช้จุดศูนย์กลางของกลุ่มตำแหน่งใหม่มาหาสมาชิกใหม่ ซึ่งตอนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสมาชิกทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนได้จุดศูนย์กลางของกลุ่มที่คำนวณมาใหม่มีตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งเดิมจึงเป็นอันว่าเสร็จสิ้น จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้นอกจากจะหาจุดศูนย์กลาง กลุ่มแล้วยังต้องทำการจัดแบ่งจุดที่มีทั้งหมดเป็นกลุ่มซึ่งส่วนใหญ่จะสามารถแบ่งได้โดยสะดวก เพราะจากการทดลองจุดที่มีทั้งหมดที่เข้ามาในขั้นตอนนี้จะเกาะกลุ่มกันเองอยู่แล้ว แล้วจึงนำมาใช้ในการคำนวณในขั้นตอนต่อไป ค่า t_1 กำหนดมีค่าเท่ากับ 8 เพราะจากการทดลองจุดที่เป็น core และ delta ในภาพทิศทางที่ผ่านจากขั้นตอนที่ 3 มานั้นจะมีลักษณะการเกาะกลุ่มรวมกันอยู่ค่า Threshold ที่กำหนดสามารถคลอบคลุมจุดทั้งหมดของกลุ่มได้

ขั้นตอนที่ 5 การหาแกนของพื้นที่

ในการหาแกนของพื้นที่ เป็นการหาลักษณะการเอนเอียงไปของบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta หรือ core ซึ่งจากภาพลายนิ้วมือที่แปลงเป็นภาพทิศทางมักจะมีบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta หรือ core มีการเอนเอียงไป แต่การหาแกนในขั้นตอนนี้ก็ยังได้รวมทิศทางปกติของบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta หรือ core ที่ไม่มีการเอนเอียงเอาไว้ด้วยเพื่อความถูกต้อง ในกรณีที่บริเวณดังกล่าวไม่มีการเอนเอียงไป การหาแกนหลักของกลุ่มหลังจากที่เราได้ทำการจัดรวมกลุ่มและหาจุดศูนย์กลางของกลุ่มในขั้นตอนที่แล้ว ๆ วิธีการหาแกนหลักนี้แกนจะถูกหมุนไปตามแต่ทิศทางต่าง ๆ เป็นจำนวน 8 ทิศทาง (ใช้ทิศทางของการแปลงภาพลายนิ้วมือไปเป็นภาพทิศทางในขั้นตอนแรก)จากนั้นจึงวิเคราะห์ส่วนประกอบข้างเคียงที่อยู่ใกล้กับจุดศูนย์กลางในย่านที่เรากำหนด ขั้นตอนคือ เราจะทำการตัดบล็อกครอบบล็อกทิศทางขนาด 5×7 ล้อมรอบจุดศูนย์กลางของกลุ่มที่เป็นจุด core ที่หามาจากขั้นตอนที่แล้ว ต่อมาหมุนแกน A_k ไปเป็นมุมเท่ากับ $\Pi \mu / N$ เรเดียน นำทิศทางของบล็อกทิศทางข้างเคียงมาช่วยในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 44 แสดงส่วนที่อยู่ข้างเคียงที่ใช้ในการกำหนดแกนของพื้นที่

การหมุนของแกน A_k นั้น ได้มาจากการคำนวณโดยอาศัยความถี่ของทิศทาง H_μ และ $\mu = 0...N-1$ ซึ่งเป็นความถี่ของทิศทางของบล็อกข้างเคียงที่ล้อมรอบจุดศูนย์กลางของกลุ่มที่อยู่ในวงปิดของบล็อกที่เราได้สร้างขึ้น และแกนที่หมุนไปตามค่าของ μ นั้นเป็นค่าของฟังก์ชัน f_s ที่มีค่าสูงที่สุด กำหนดได้ดังนี้

$$f_{s\alpha}(H_\alpha) > f_{s\mu}(H_\mu) \quad \text{ที่ทุก ๆ ค่าของ} \quad \alpha \neq \mu \ , \ 0 \leq \alpha \ , \ \mu \leq N-1$$

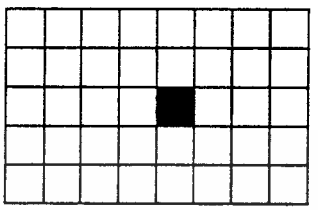
เมื่อ

$$f_{s\mu}(H) = \sum_{i=0}^{N-1} w_\mu(i) H(i)$$

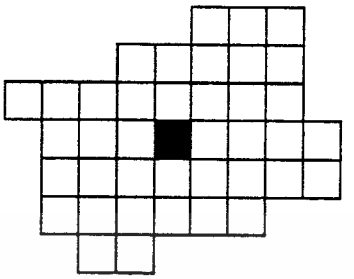
สรุปแล้วเมื่อเราได้ทำการหมุนแกนไปตามทิศทางข้างต้นแล้วเราจะพิจารณาทิศทางของบล็อกทิศทางข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบจุดศูนย์กลางว่ามีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการหมุนไปตามทิศทางอื่นหรือไม่ถ้ามากที่สุด ก็จะกำหนดให้แกนมีลักษณะการหมุนไปตามทิศทางนั้น แต่ถ้าไม่มากที่สุดก็จะหาแกนในทิศทางอื่นที่มีค่าของทิศทางที่อยู่ล้อมรอบมากที่สุดแทน ค่าคงที่ $w_\mu(i)$ เป็นใช้เป็นตัวคูณเมื่อมุมของแกนถูกหมุนไป μ เพื่อเป็นการยกระดับของความแตกต่างของทิศทางอื่นกับทิศทางที่แกนหมุนไป ดังนั้นการหาว่าแกนของพื้นที่ที่เป็นจุดศูนย์กลางจะหมุนไปกี่องศาก็จะหามาจากผลรวมของความถี่ของบล็อกทิศทางข้างเคียงในบล็อกที่เรากำหนดขนาดขึ้นมา โดยที่เมื่อหมุนแกนไปเท่ากับ μ ค่าความถี่ของทิศทางที่ตรงกับค่าของมุมที่หมุนจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

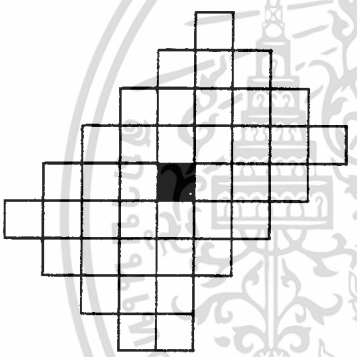
ถูกนำมาคูณกับค่าคงที่ $w_{\mu}(i)$ ที่มีค่ามากที่สุด ลักษณะการหมุนบล็อกที่เราใช้ล้อมรอบจุดศูนย์กลางสามารถพิจารณาได้จากรูปด้านล่าง



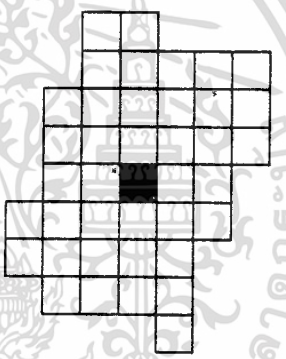
การหมุนทิศทางที่ 1



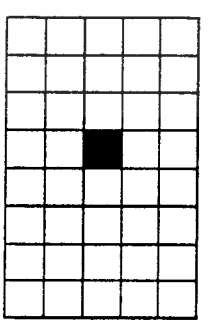
การหมุนทิศทางที่ 2



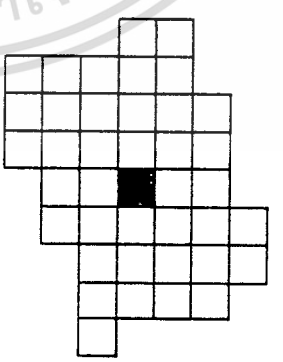
การหมุนทิศทางที่ 3



การหมุนทิศทางที่ 4

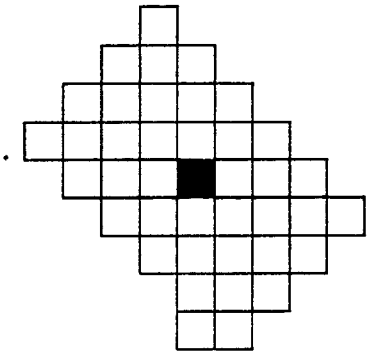


การหมุนทิศทางที่ 5

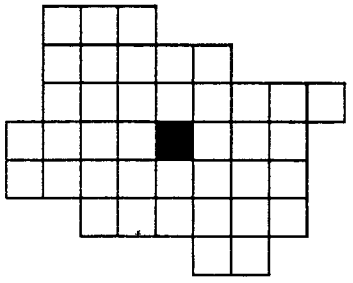


การหมุนทิศทางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



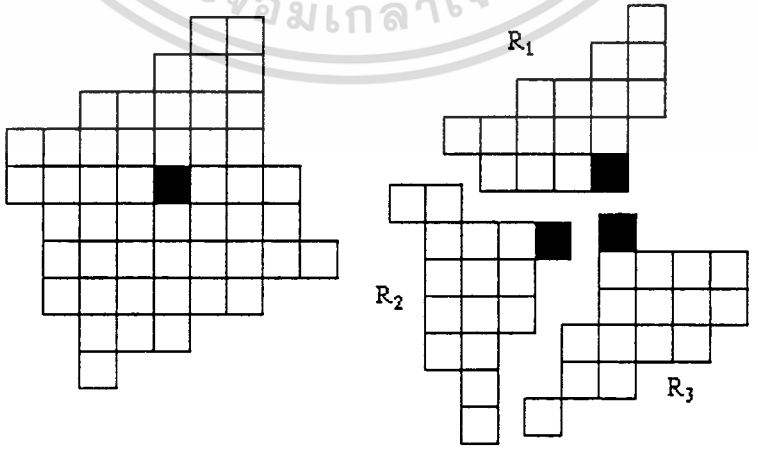
การหมุนทิศทางที่ 7



การหมุนทิศทางที่ 8

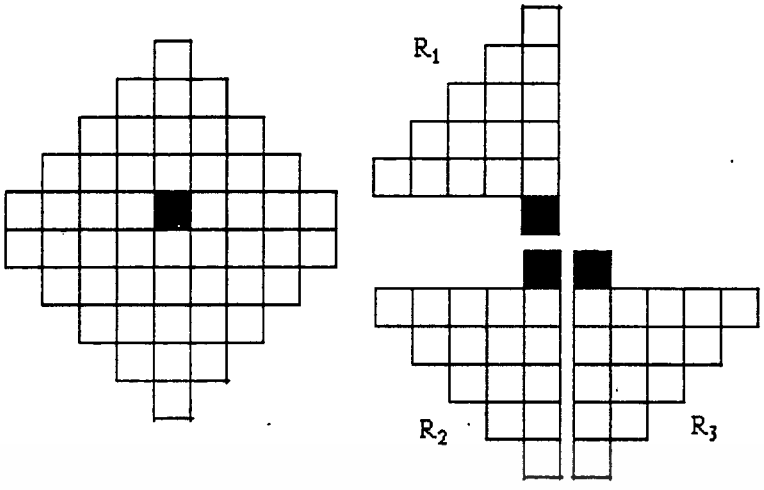
รูปที่ 45 แสดงรูปแบบ pixel ที่นำมาใช้คำนวณในการหมุน

ส่วนกลุ่มของจุด delta ก็จะทำการตัดบล็อกขนาด 7x7 ล้อมรอบจุด delta ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่ม การใช้บล็อกขนาด 7x7 เพื่อให้สามารถครอบคลุมบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta ได้ทั้งหมด ซึ่งจากทดลองพบว่ามีความเหมาะสมสามารถครอบคลุมบริเวณที่เป็น delta ได้ ส่วนการใช้บล็อกขนาดใหญ่หรือเล็กกว่านี้สามารถทำได้เช่นกันแต่จะครอบคลุมบริเวณที่เป็น delta น้อยเกินไปหรือมากจนเกินไป ซึ่งทำให้ผลการวิเคราะห์การหมุนไปของแกนผิดพลาดได้ จากนั้นทำการหมุนแกนเช่นเดียวกับการหมุนแกนที่ล้อมรอบจุด core แล้วทำการแบ่งย่านเพื่อพิจารณาดังรูป

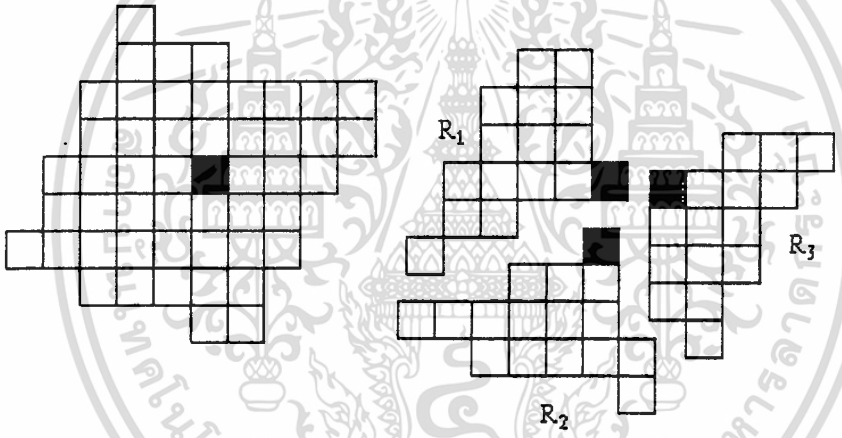


การหมุนทิศทางที่ 2

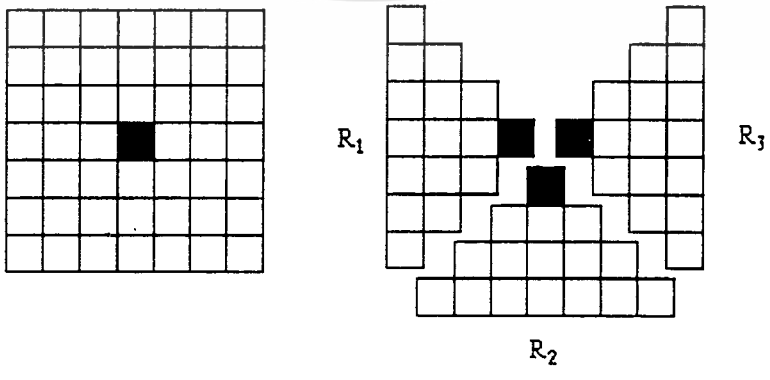
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การหมุนทิศทางที่ 3

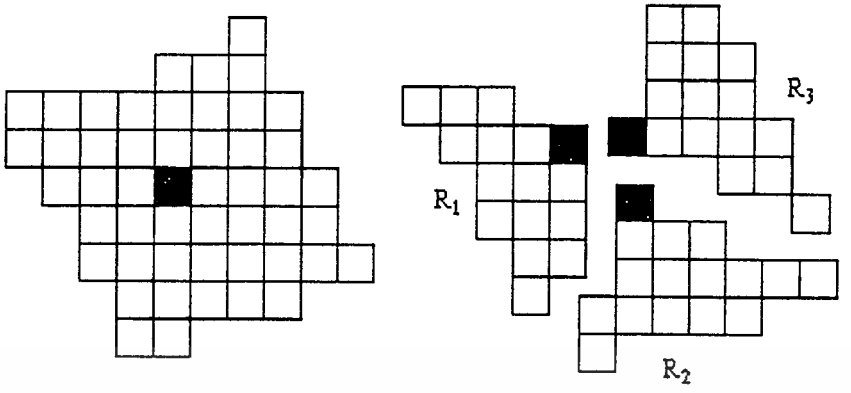


การหมุนทิศทางที่ 4

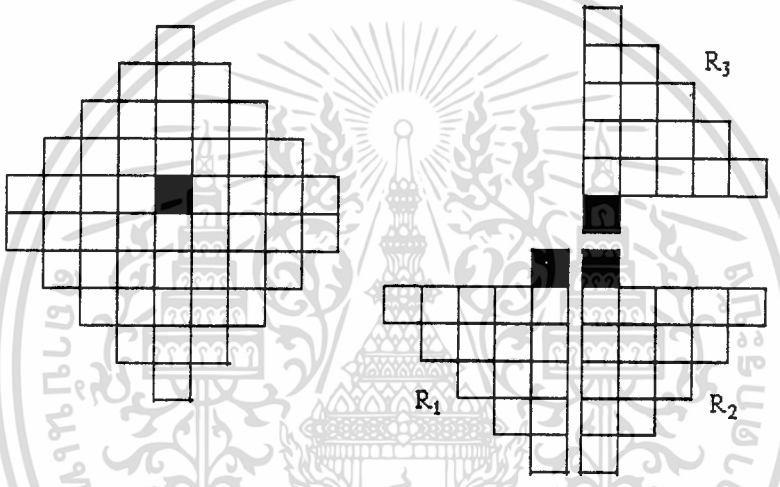


การหมุนทิศทางที่ 5

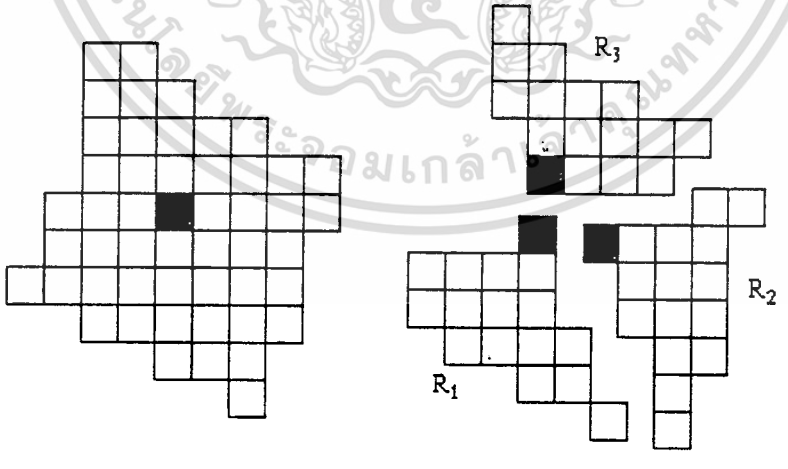
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การหมุนทิศทางที่ 6



การหมุนทิศทางที่ 7



การหมุนทิศทางที่ 8

รูปที่ 46 แสดงการหมุนและแบ่งย่านของ delta เพื่อหาแกนการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้แบ่งแต่ละย่านดังรูปแล้วก็ให้ทำการหาผลรวมของย่านทั้งสามแล้วพิจารณาทิศทางที่มากที่สุดเป็นแกน โดยในแต่ละย่านจะคูณค่า weight , $w_\mu(i)$ เข้ากับทิศทางที่เหมาะสมของรูปแบบของ deltaในแต่ละย่านเพื่อเป็นการสร้างความแตกต่างระหว่างทิศทางที่เหมาะสมกับทิศทางอื่น ๆ ซึ่งทิศทางที่พิจารณาจะคล้ายกับในขั้นตอนที่ 2 แต่จะไม่พิจารณาทิศทางข้างเคียงทั้งหมดเท่านั้น. โดยการหมุนในทิศทางที่ 2 เราจะพิจารณาในทิศทางที่ 8 , 6 และ 4 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ กรณีการหมุนในทิศทางที่ 3 พิจารณาทิศทางที่ 1 , 7 และ 5 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ กรณีการหมุนในทิศทางที่ 4 พิจารณาทิศทางที่ 2 , 8 และ 6 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ การหมุนในทิศทางที่ 5 จะพิจารณาทิศทางที่ 3 , 1 และ 7 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ การหมุนในทิศทางที่ 6 พิจารณาทิศทางที่ 4 , 2 และ 8 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ การหมุนในทิศทางที่ 7 พิจารณาทิศทางที่ 5 , 3 และ 1 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ และการหมุนทิศทางที่ 8 เราจะพิจารณาทิศทางที่ 6 , 4 และ 2 ในย่าน R_1 ,R_2 และ R_3 ตามลำดับ ซึ่งทิศทางที่นำมาพิจารณานี้เป็นทิศทางที่รวมกันทั้งสามย่านจะเป็นรูปสามเหลี่ยมในรูปแบบของบริเวณที่เป็น delta การที่เราไม่พิจารณาทิศทางการหมุนในทิศทางที่ 1 เนื่องมาจากการหมุนในลักษณะนี้ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากมากหรือจะไม่พบการหมุนในลักษณะนี้ในทางปฏิบัติ คือส่วนใหญ่เราจะไม่พบการหมุนในทิศทางที่ 1 ในภาพลายนิ้วมือจริง. ค่า weight , $w_\mu(i)$ ที่ใช้ในขั้นตอนนี้เราใช้ค่า 3 คูณเข้ากับทิศทางที่เราใช้ในการพิจารณาในแต่ละแกนการหมุนและใช้ค่า weight , $w_\mu(i)$ เท่ากับ 2 คูณเข้ากับทิศทางข้างเคียงในแต่ละย่านด้วย. ค่า 3 และ 2 ที่ใช้จากการทดลองจะไม่ทำให้เกิดความแตกต่างมากกันเกินไประหว่างทิศทางที่พิจารณากับทิศทางอื่น ๆ การใช้ค่าที่มากหรือน้อยอาจทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างทิศทางที่พิจารณากับทิศทางอื่น ๆ มากจนเกินไปหรือน้อยจนเกินไป ทำให้แกนการหมุนที่หามาได้จากขั้นตอนนี้เกิดการผิดพลาดไปได้ และผลผิดพลาดต่อเนื่องไปยังขั้นตอนต่อไปด้วย

ขั้นตอนที่ 6 การหาบล็อกทิศทางที่แทนจุด core และจุด delta

ในขั้นตอนสุดท้ายของการหาบล็อกทิศทางที่แทนจุด core และ บล็อกทิศทางที่แทนจุด delta ในภาพทิศทาง โดยการนำบล็อกทิศทางทางที่แทนจุด core และ deltaที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในแต่ละกลุ่มมาพิจารณาว่าบล็อกทิศทางใดมีความน่าจะเป็นสูงที่สุด ที่จะเป็นบล็อกทิศทางที่แทนจุด core และ จุด delta ในภาพทิศทางได้

จุด delta บล็อกทิศทางที่มีความน่าจะเป็น P สูงที่สุด คือ บล็อกทิศทางของจุด delta ซึ่งเป็นฟังก์ชันของความถี่ของทิศทาง H_1 , H_2 , H_3 และ H_4 เป็นความถี่ของทิศทางของย่าน R_1 , R_2 , R_3และ R_4 ตามลำดับ โดยเป็นย่านที่ถูกสร้างขึ้นเหมือนในขั้นตอนที่ 2 ดังรูปด้านล่างแล้วพิจารณาความน่าจะเป็น P ดังนี้

$$P = \sum_{j=1}^{4} f_{6\alpha}(H_j)$$

α คือ ค่าของการหมุนของแกนจากกลุ่มที่เราพิจารณาซึ่งได้มาจากในขั้นตอนที่แล้ว

และฟังก์ชัน $f_{6\alpha}$ ได้มาจาก

$$f_{6\alpha}(H) = \sum_{i=0}^{N-1} w_{\alpha}(i)H(i)$$

ค่าของ $w_{\alpha}(i)$ เป็นค่าคงที่ที่เราได้กำหนดขึ้น ซึ่งจะเหมือนกับค่าคงที่ในขั้นตอนที่แล้วมาซึ่ง(มีค่าเท่ากับ 3 และ 2 ใช้ในการคูณเข้ากับทิศทางที่เราใช้พิจารณาซึ่งเป็นทิศทางตามแกนการหมุน และทิศทางข้างเคียง)

จุด core บล็อกทิศทางของจุด core จะต้องมีค่าความน่าจะเป็น P มากที่สุด และความน่าจะเป็น P เป็นฟังก์ชันของความถี่ของทิศทาง H_1 , H_2,H_3 และ H_4 ในย่าน R_1 ,R_2, R_3 และ R_4 ตามลำดับ ย่านดังกล่าวนี้เราจะทำการแบ่งตามลักษณะรูปที่ได้แสดงไว้ด้านล่างซึ่งเป็นการหาลักษณะของโค้งขึ้นเท่านั้น เพราะเป็นไปตามคำนิยามของจุด core ดังนั้นค่าความน่าจะเป็น P จะพิจารณาเฉพาะกับจุดที่เป็นโค้งขึ้นเท่านั้นโดยเราจะใช้หลักการต่อไปนี้

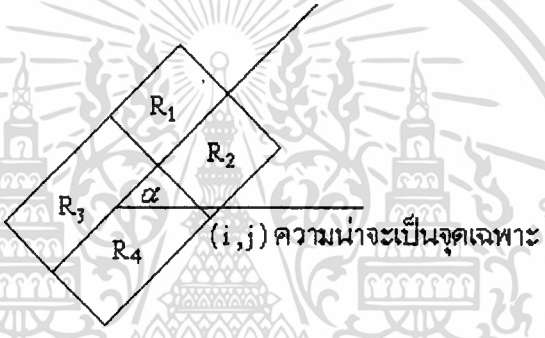
$$P = \sum_{j=1}^{4} f_{7\alpha}(H_j)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน $f_{7\alpha}$ กำหนดได้จาก

$$f_{6\alpha}(H) = \sum_{i=0}^{N-1} w_\alpha(i)H(i)$$

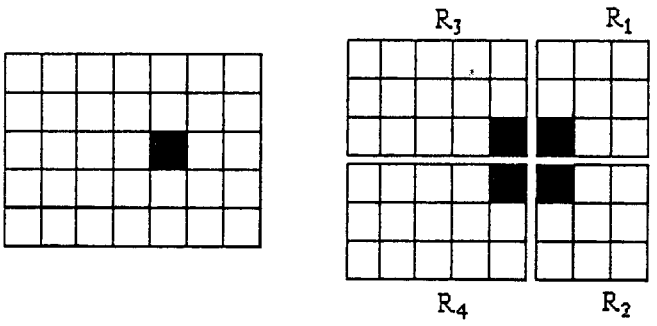
ในกรณีนี้เราจะไม่พิจารณาจุดที่เป็นโค้งลงเพราะจุดที่เป็นจุด core จากความหมายนั้นจะมีส่วนประกอบเป็นโค้งขึ้นเท่านั้น การใช้ค่า $w_\alpha(i)$ จะพิจารณาจากมุมที่แกน A_k ถูกหมุนไปจากขั้นตอนที่ผ่านมาเช่นเดียวกันกับการใช้ในการขั้นตอนของการหา delta โดยให้ค่า $w_\alpha(i)$ ที่ตรงกับมุมที่แกนหมุนไปมีค่ามากที่สุด



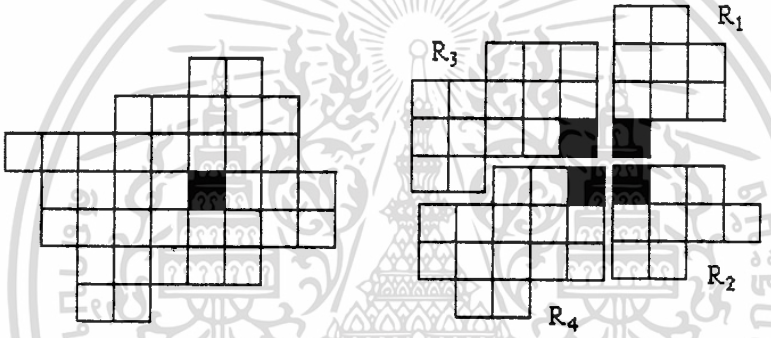
รูปที่ 47 แสดงบล็อกทิศทางข้างเคียงของบล็อกทิศทางที่แทนจุดเฉพาะ

จากรูปด้านล่างการแบ่งย่านทั้ง 4 ย่านที่ใช้พิจารณาจุด core นั้นจะไม่อยู่ตรงกลางบล็อกเนื่องจากลักษณะเส้นโค้งที่มีจุด core นั้นเป็นเส้นโค้งเส้นสุดท้ายจึงมีส่วนที่อยู่ด้านล่างของจุด core เป็นทิศทางตามแกนการหมุน ส่วนที่อยู่เหนือจุด core เป็นทิศทางที่มีการเอียงเพียงเล็กน้อย ถ้าให้บล็อกทิศทางที่เป็นจุด core อยู่ตรงกลาง จะทำให้จุดที่ตรวจจับได้อยู่เหนือจุด core ขึ้นไป เนื่องจากการให้บล็อกทิศทางที่เป็นจุด core อยู่ตรงกลางส่วนที่ใช้ตรวจจับการเอียงของจุด core ในย่าน R_1 และ R_2 ได้ค่ามากเกินไป ซึ่งในภาพทิศทางนั้นการเอียงในย่าน R_1 และ R_2 ที่อยู่เหนือจุด core จะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

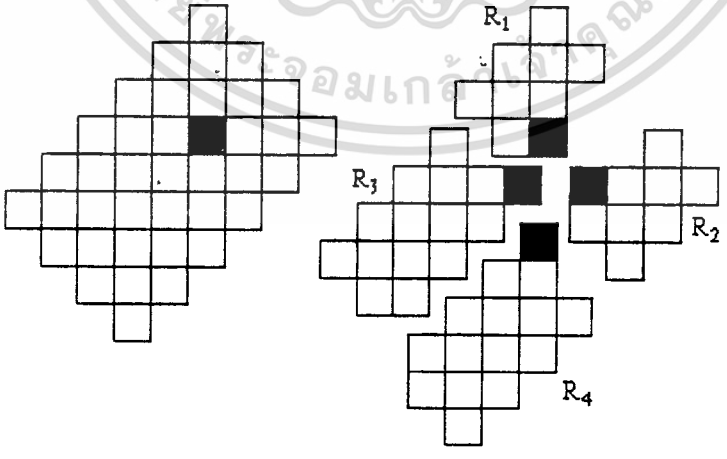
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การหมุนทิศทางที่ 1

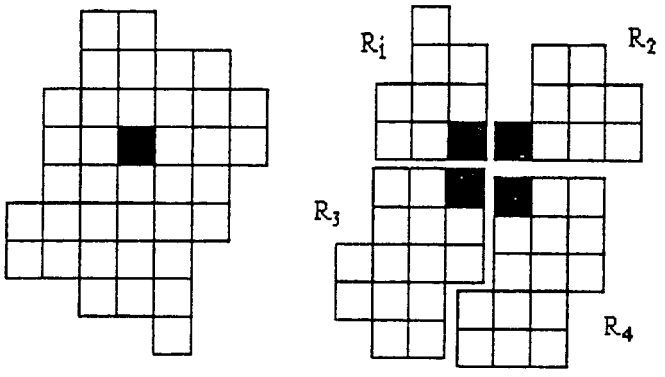


การหมุนทิศทางที่ 2

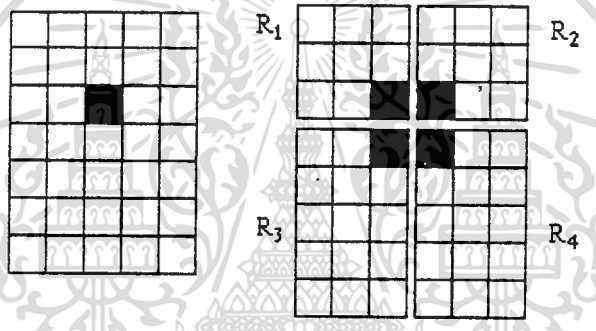


การหมุนทิศทางที่ 3

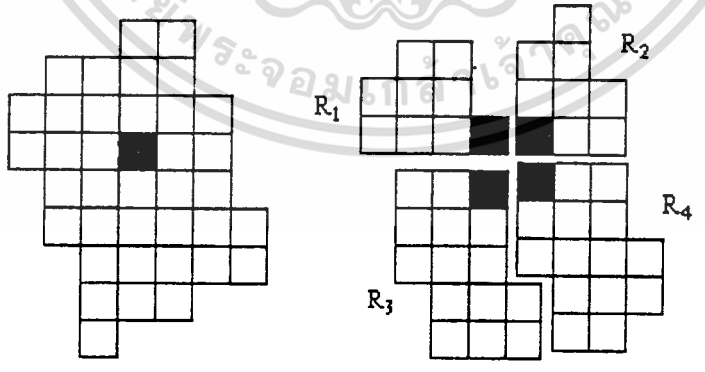
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การหมุนทิศทางที่ 4

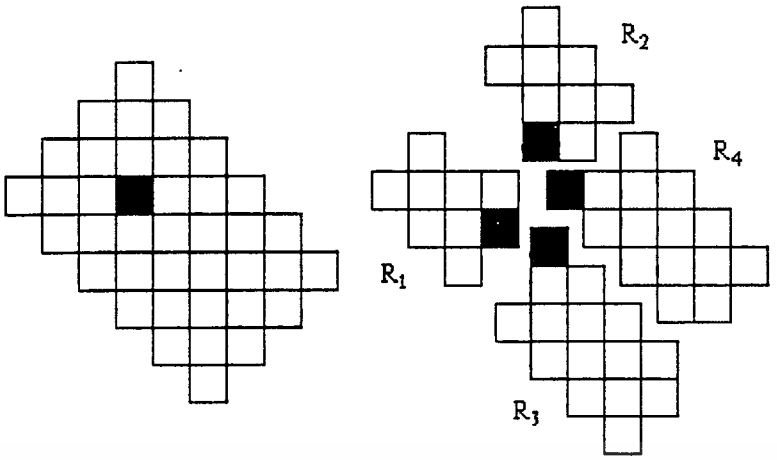


การหมุนทิศทางที่ 5

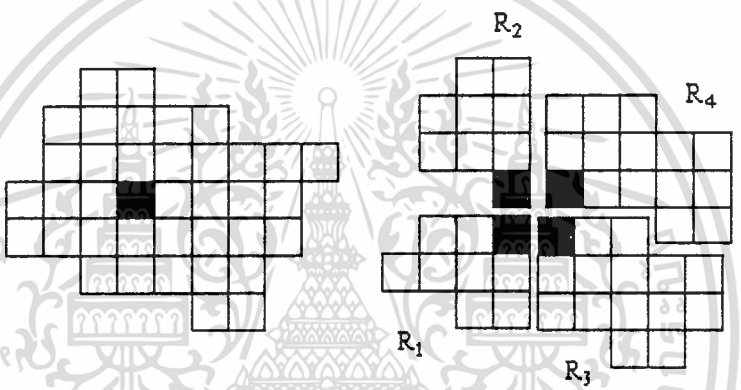


การหมุนทิศทางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

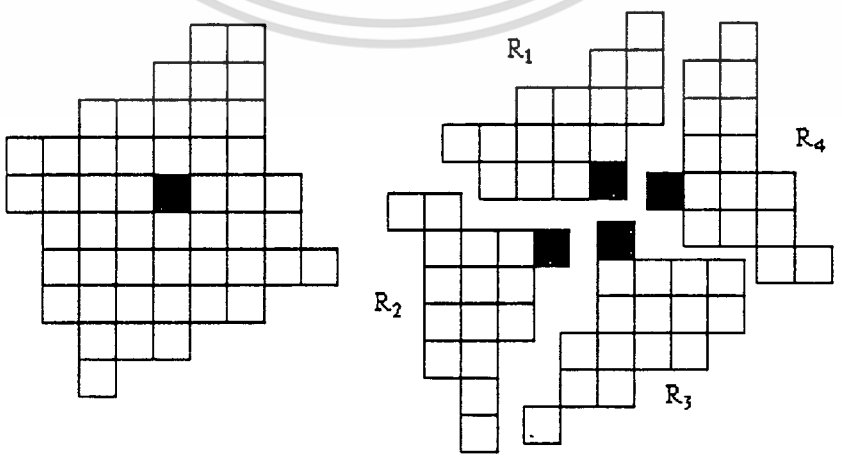


การหมุนทิศทางที่ 7



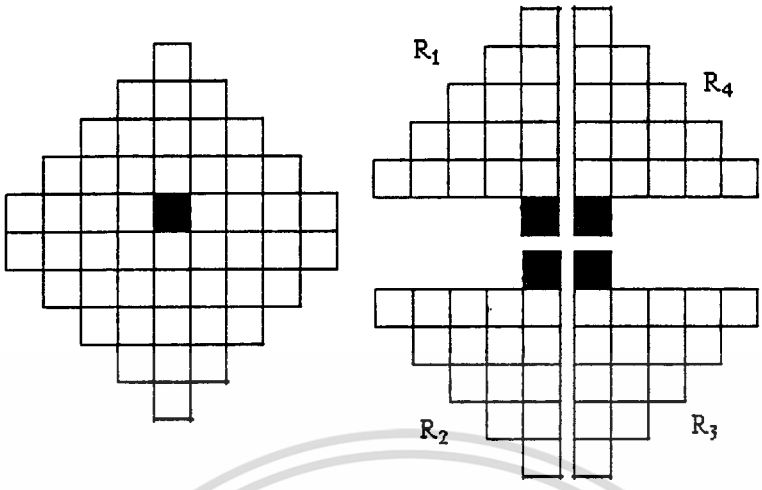
การหมุนทิศทางที่ 8

รูปที่ 48 แสดงการหมุนในทิศทางต่าง ๆ และการแบ่งย่านในการหาจุด Core

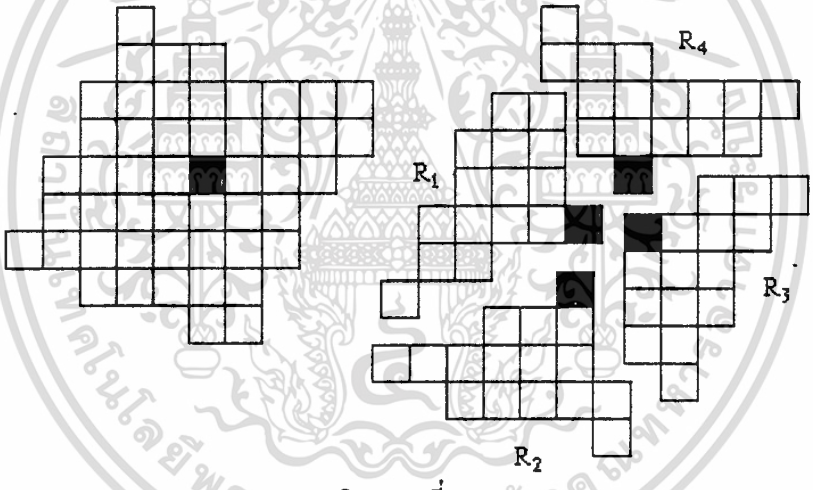


การหมุนทิศทางที่ 2

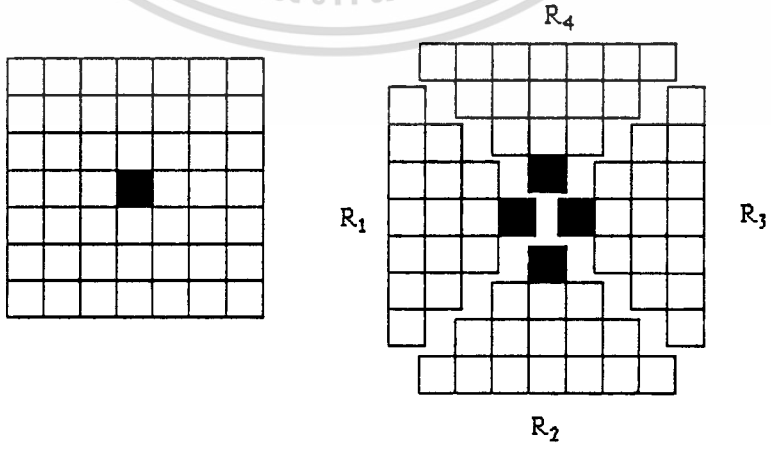
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การหมุนทิศทางที่ 3

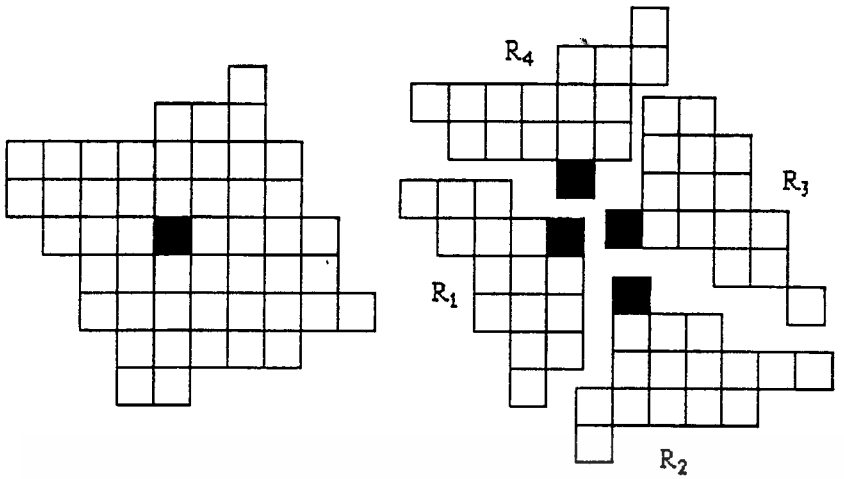


การหมุนทิศทางที่ 4

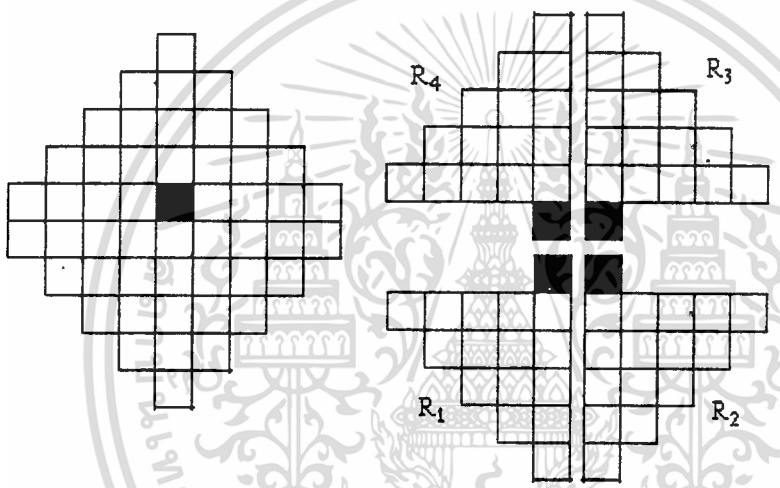


การหมุนทิศทางที่ 5

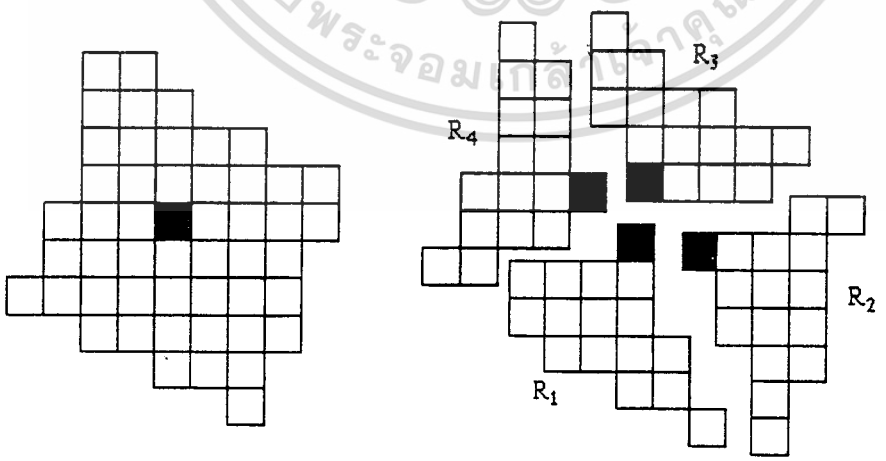
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การหมุนทิศทางที่ 6



การหมุนทิศทางที่ 7



การหมุนทิศทางที่ 8

รูปที่ 49 แสดงทิศทางการหมุนในทิศทางต่าง ๆ และการแบ่งย่านในการหาจุด Delta

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขและการปรับปรุงเพิ่มเติม

หลังจากที่ได้ทำการทดลองแล้วเมื่อเกิดกรณีที่บริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เกิดการเอียงไปเป็นมุมประมาณ 30 องศา ซึ่งจากปริญญานิพนธ์ฉบับที่แล้วไม่สามารถหาจุดที่แทนจุด delta ในภาพทิศทางได้ ซึ่งเกิดมาจากจุด delta ไม่สามารถผ่านขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง จึงได้ทำการเพิ่มเติมวิธีการต่าง ๆ เข้าไป หลังจากเพิ่มเติมวิธีการต่าง ๆ แล้วช่วยให้สามารถหาจุด delta กรณีที่บริเวณที่มีลักษณะเป็น delta เกิดการเอียงไปและหาจุด delta และ จุด core ในภาพทิศทางเมื่อภาพเอียงไปได้ ซึ่งเมื่อกรณีที่ภาพเอียงไปนั้น เราได้เพิ่มเติมวิธีการในขั้นตอนของการตรวจสอบส่วนโค้งด้วย เพราะจุด core ในภาพทิศทางไม่สามารถผ่านการตรวจสอบส่วนโค้งไปได้

การเพิ่มเติมในขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

หลังจากที่เราได้ทำการแบ่งย่านต่าง ๆ แล้ว จะทำการหมุนบล็อกที่เราสร้างล้อมรอบจุดที่เป็น delta ไปตามทิศทางต่าง ๆ ซึ่งเหมือนกับทิศทางในการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพทิศทาง โดยจะเริ่มจากทิศทางที่ 2 ถึง ทิศทางที่ 8 การพิจารณาบล็อกทิศทางของจุด delta เพื่อที่จะทำการกำจัดทิ้งจุดนั้นหรือไม่ เราสามารถที่จะพิจารณาตามเงื่อนไขต่อไปนี้

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 2 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่2 ดังรูป แล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 6 , 7 และ8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2, 3 ,4 และ 5 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

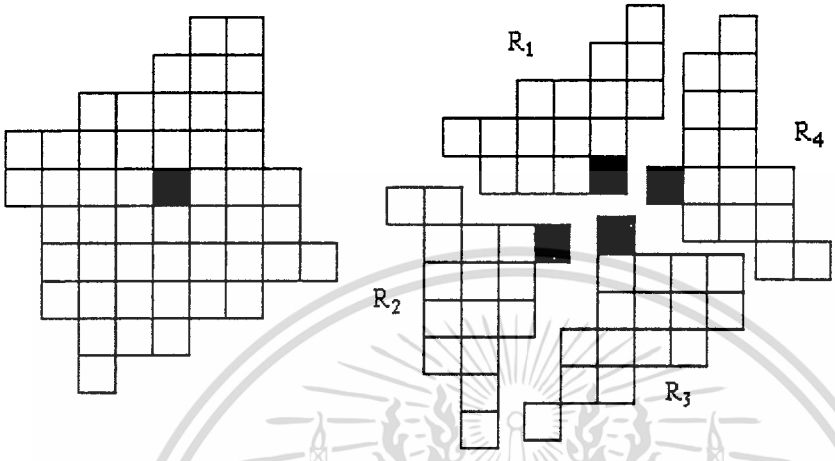
ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4, 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2, 3 ,4 และ 5 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 และ5 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 6 ,7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นต่อนนี้ไป

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 , 3 , 4 และ8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 , 7 และ 8



รูปที่ 50 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 2 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 3 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่3 ดังรูป แล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

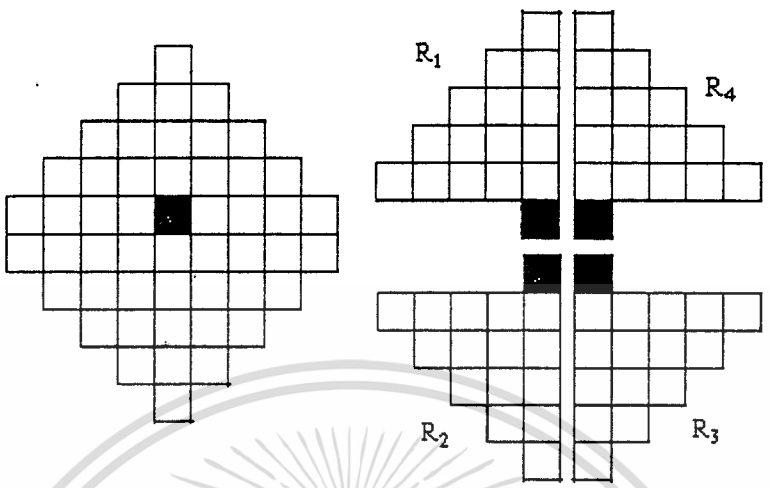
ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 7 และ8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 ,4, 5 และ 6 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 ,4 , 5 และ 6 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 , 4 , 5 และ6 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 , 3 , 4 และ5 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 5 , 6 , 7 และ 8



รูปที่ 51 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 3 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 4 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่4 ดังรูปแล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

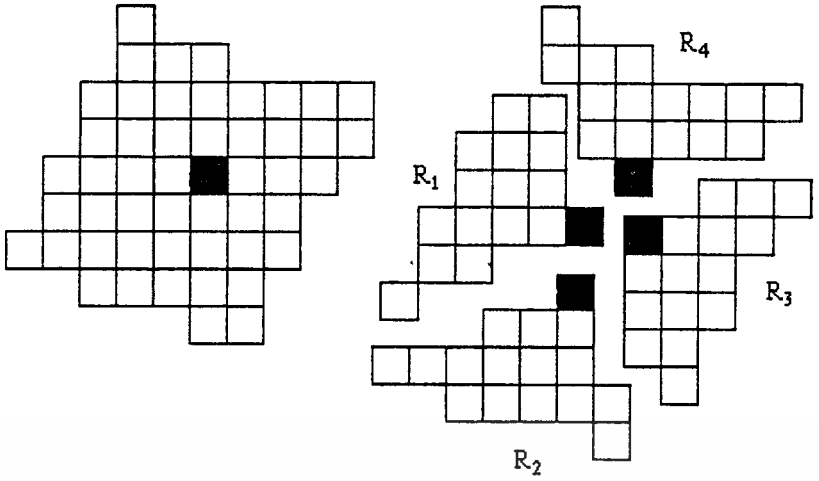
ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 และ8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4, 5 ,6 และ 7 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 , 6 , 7 และ 8 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 และ 7 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 และ7 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 ,3 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ6 มากกว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 6 , 7 และ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 52 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 4 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 5 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่5 ดังรูป แล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

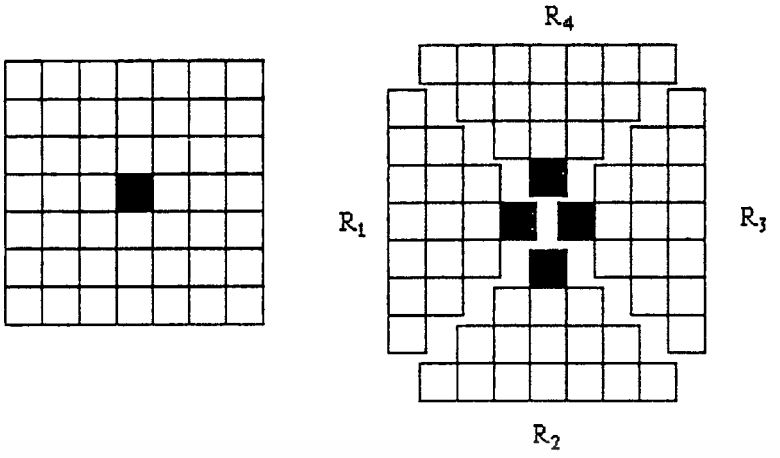
ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 5 ,6 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 , 3 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 5 , 6 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 ,3 และ 4 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 , 4 , 5 , 6 และ 7 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 7 และ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 5 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 6 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่6 ดังรูป แล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

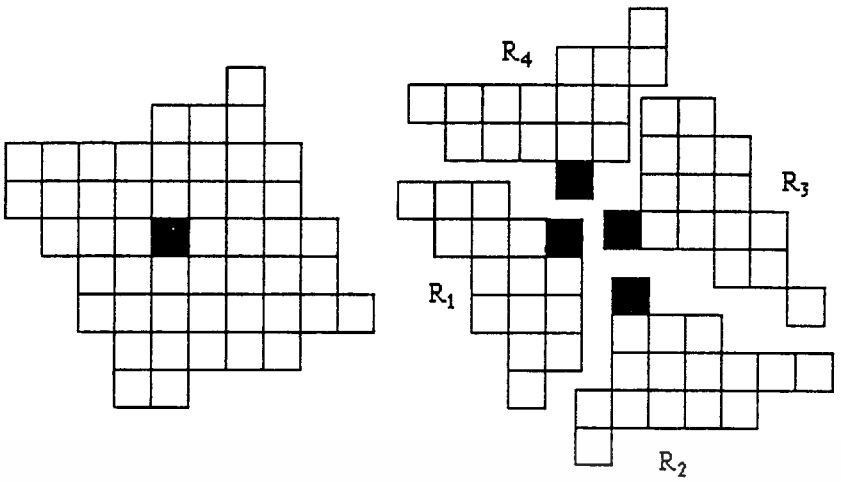
ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 และ 5 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 4 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 ,6 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 , 3 , 4 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 และ 5 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 6 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 4 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 และ 5 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 4 และ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 54 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 6 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 7 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่7 ดังรูป แล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

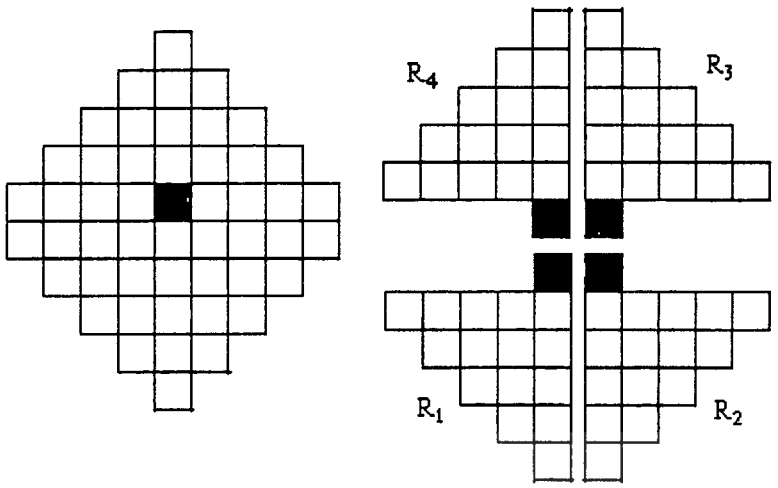
ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 , 4 , 5 และ 6 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1, 2 , 3 , 4 และ 5 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 , 4 , 5 และ 6 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 ,7 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 3 , 4 , 5 และ 6 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 5 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 , 4 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 55 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 7 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

กรณีการหมุนบล็อกในทิศทางที่ 8 เมื่อเราหมุนบล็อกไปตามทิศทางที่8 ดังรูป แล้วให้พิจารณาทิศทางในแต่ละย่านดังนี้

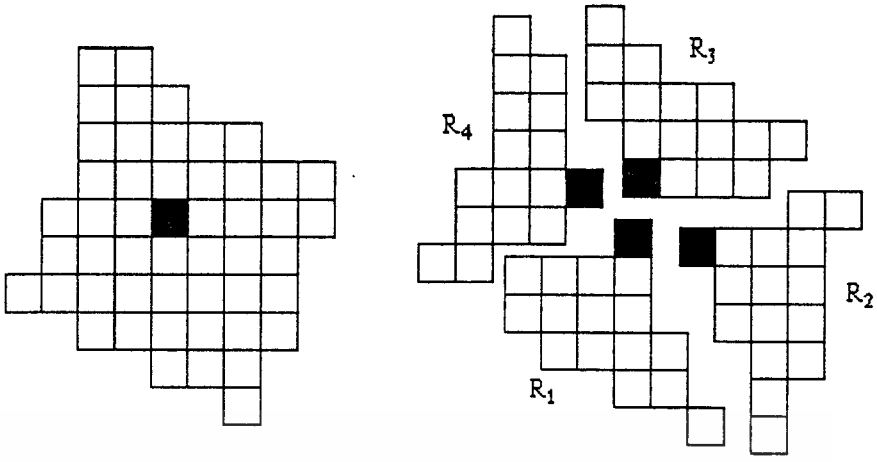
ย่าน R_1 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 และ 7 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 ,3 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_2 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 และ 7 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 ,3 และ 8 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไปเช่นกัน

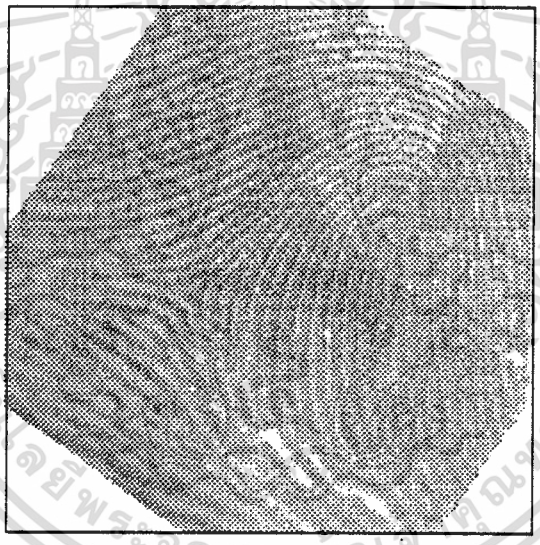
ย่าน R_3 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 3 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 4 , 5 , 6 และ 7 และ มากกว่า ค่า Threshold T1 หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าก็จะลบทิ้ง ถ้ามากกว่าจะปล่อยให้ผ่านขั้นตอนนี้ไป

ย่าน R_4 เราจะพิจารณาว่าฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 1 , 2 , 6 , 7 และ 8 มากกว่า ฮิสโตแกรมของทิศทางที่ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 56 แสดงการหมุนในทิศทางที่ 8 เพื่อใช้ในขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

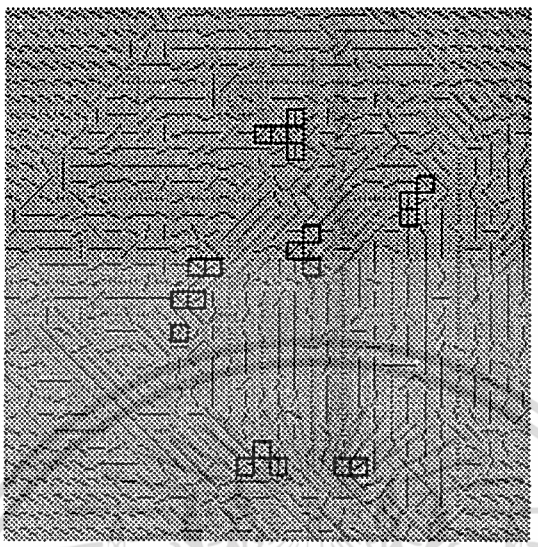


รูปที่ 57 แสดงภาพลายนิ้วมือที่มีการเอนเอียงไป

ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่เอนเอียงไป เมื่อนำมาทำการแปลงเป็นภาพทิศทางแล้วหลังจากที่เข้าสู่ขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง จุด delta ก่อนการปรับปรุงขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง จุด delta ในภาพทิศทางจะถูกกำจัดออกไปจนหมด (ในภาพทิศทางในตัวอย่างให้บล็อกสีดำแทนจุด core และบล็อกสีขาวแทนจุด delta) แต่หลังจากที่เราได้เพิ่มเติมวิธีการที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อเรื่อง

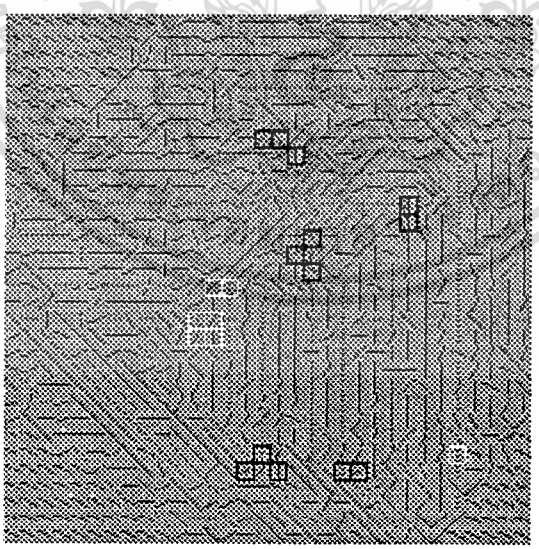
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มเติมในขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง ผลปรากฏว่าจุด delta ในภาพทิศทางสามารถผ่านขั้นตอนนี้ไปได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 59



รูปที่ 58 จุด delta ก่อนการปรับปรุงวิธีการ ไม่สามารถจับจุด delta ในภาพทิศทางได้

เมื่อ บล็อกสีดำ แทน จุด core และ บล็อกสีขาว แทน จุด delta ในภาพทิศทาง



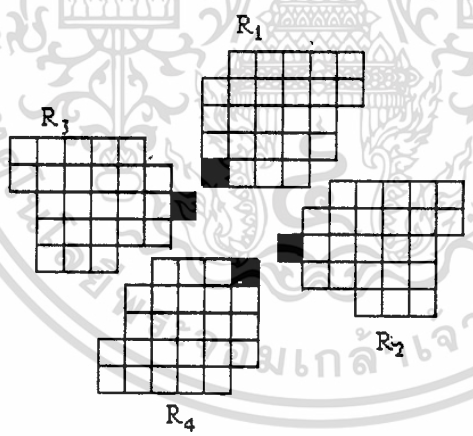
รูปที่ 59 จุด delta ในภาพทิศทางสามารถผ่านขั้นตอนของกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งได้หลังการปรับปรุงวิธีการในขั้นตอนดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มเติม ในขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบส่วนโค้ง

ก่อนที่เราจะพิจารณาเงื่อนไขว่าจุด core นั้นอยู่ในลักษณะส่วนโค้งขึ้นหรือโค้งลงดังกล่าวนั้น เราจะทำการหมุนบล็อกที่เราตัดล้อมรอบจุด core ไปตามทิศทางต่าง ๆ (ทิศทางที่ 2 ถึง ทิศทางที่ 8) เนื่องจากในกรณีที่ภาพลายนิ้วมือที่เราเก็บมาได้มีการเอียงไปประมาณ 20 องศาขึ้นไป ขั้นตอนของการตรวจสอบส่วนโค้ง(ถ้าไม่มีการเอียงบล็อกที่ล้อมรอบจุด core) จะทำให้จุด core ที่ถูกต้องหรือจุดที่ใกล้เคียงจุด core ที่แท้จริงอาจถูกลบไปได้เนื่องจากทิศทางข้างเคียงไม่สนับสนุนหรือทิศทางข้างเคียงที่เรานำมาใช้ในการคำนวณมีการเอียงเปลี่ยนทิศทางไปเมื่อนำมาตรวจสอบส่วนโค้งจุดดังกล่าวจึงไม่สามารถผ่านการตรวจสอบส่วนโค้งไปได้

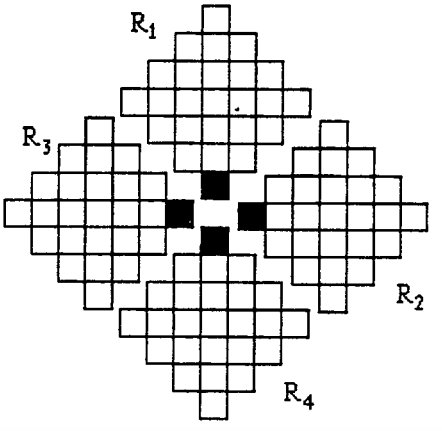
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 2 เราจะพิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 8. , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 4 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 4 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 8 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ



รูปที่ 60 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่2

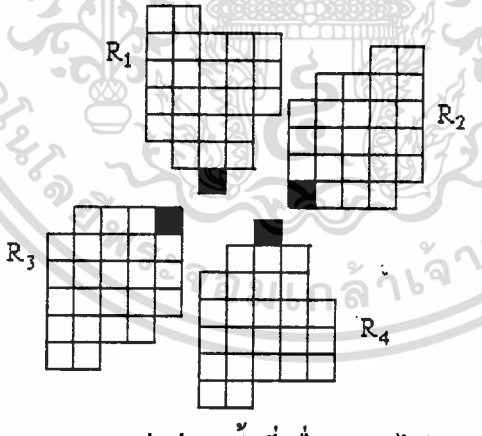
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 3 พิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 1 , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 5 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 5 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 1 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 61 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่3

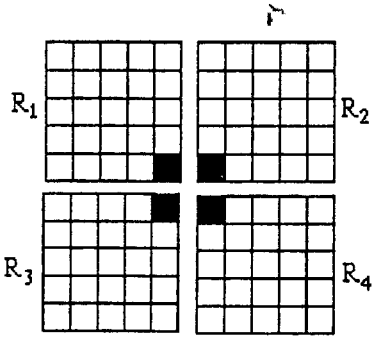
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 4 พิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 2 , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 6 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 6 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 2 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ



รูปที่ 62 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่4

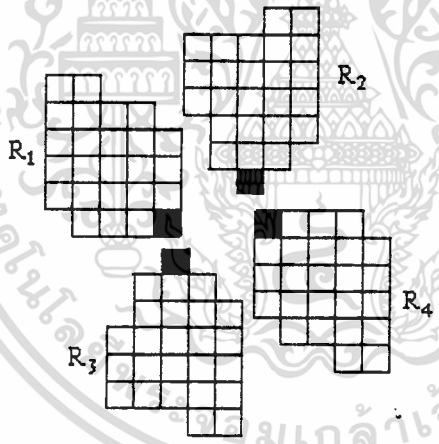
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 5 พิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 3 , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 7 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 7 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 3 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 63 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่ 5

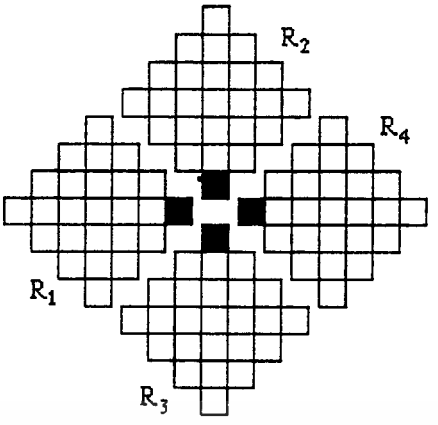
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 6 พิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 4 , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 8 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 8 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 4 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ



รูปที่ 64 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่ 6

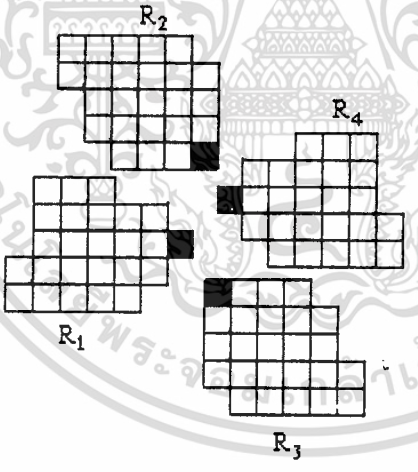
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 7 พิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 5 , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 1 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 1 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 5 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 65 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่ 7

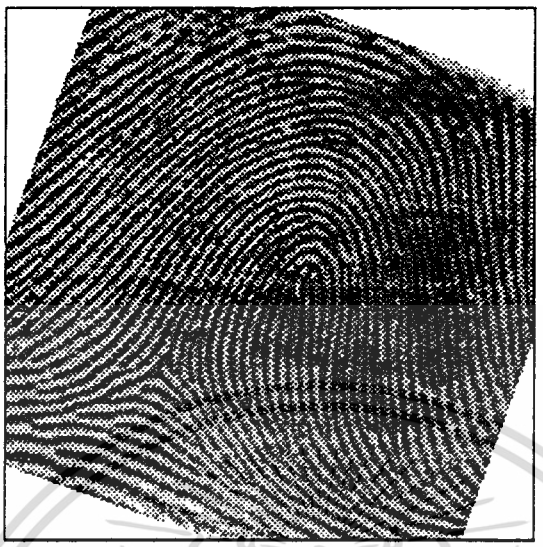
กรณีการหมุนบล็อกไปทิศทางที่ 8 พิจารณาทิศทางหลัก ๆ ในย่านทั้งสี่ดังต่อไปนี้ ย่าน R_1 จะพิจารณาทิศทางที่ 6 , ย่าน R_2 จะพิจารณาทิศทางที่ 2 , ย่าน R_3 จะพิจารณาทิศทางที่ 2 และ ย่าน R_4 จะพิจารณาทิศทางที่ 6 ดังรูปข้างล่างจะเป็นลักษณะการแบ่งย่านต่าง ๆ



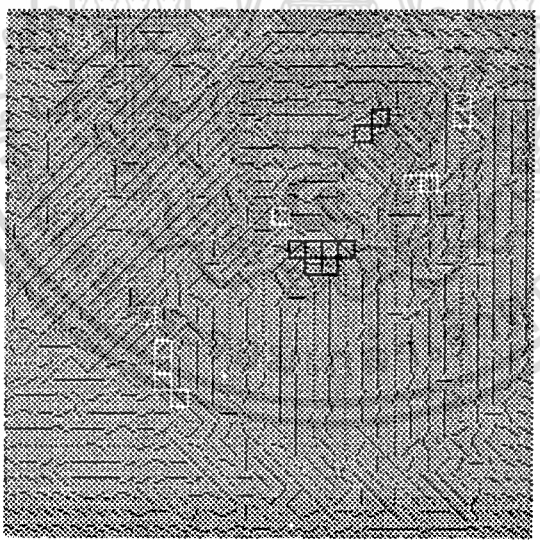
รูปที่ 66 แสดงการแบ่งย่านทั้งสี่เมื่อหมุนไปตามทิศทางที่ 8

ตัวอย่างเมื่อภาพเอียงไปดังรูป 67 หลังจากที่ผ่านขั้นตอนของการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งมาเข้าสู่ขั้นตอนของการตรวจสอบส่วนโค้ง จุด core ที่ได้มาไม่ใช่จุด core ที่แท้จริงในภาพลายนิ้วมือ หลังจากที่เราได้ทำการปรับปรุงวิธีการแล้วจุด core ที่แท้จริงสามารถผ่านขั้นตอนการตรวจสอบนี้ไปได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 67 ภาพลายนิ้วมือที่เก็บมาเกิดการเอียงไป

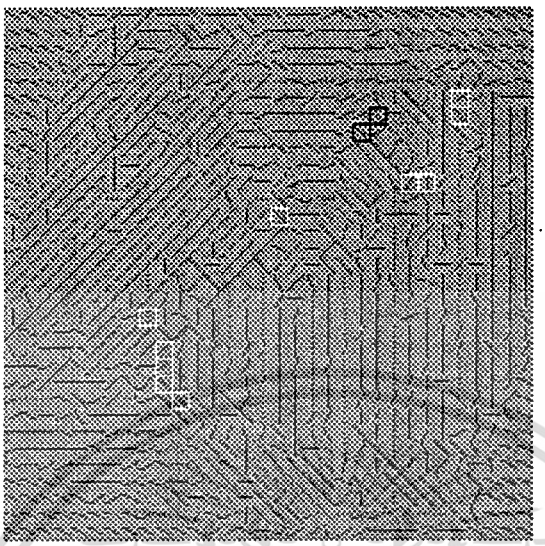


รูปที่ 68 ภาพจุด core และ จุด delta ในภาพทิศทาง หลังผ่านการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

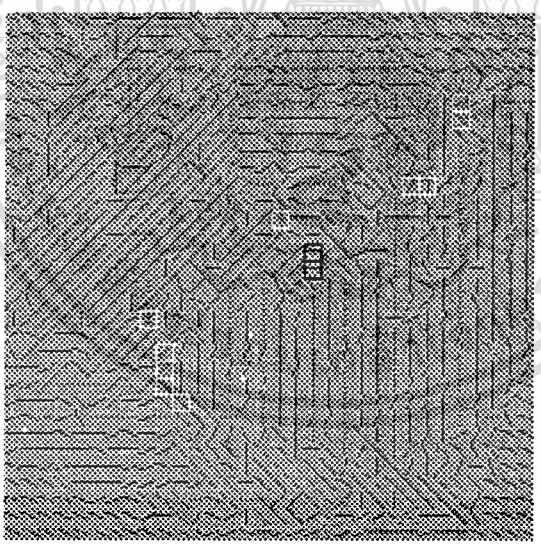
ในภาพทิศทางกำหนดให้ บล็อกสีดำ แทน จุด core

บล็อกสีขาว แทน จุด delta

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 69 แสดงจุด core ในภาพทิศทาง ก่อนการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบส่วนโค้ง



รูปที่ 70 แสดงจุด core ในภาพทิศทาง หลังการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบส่วนโค้ง

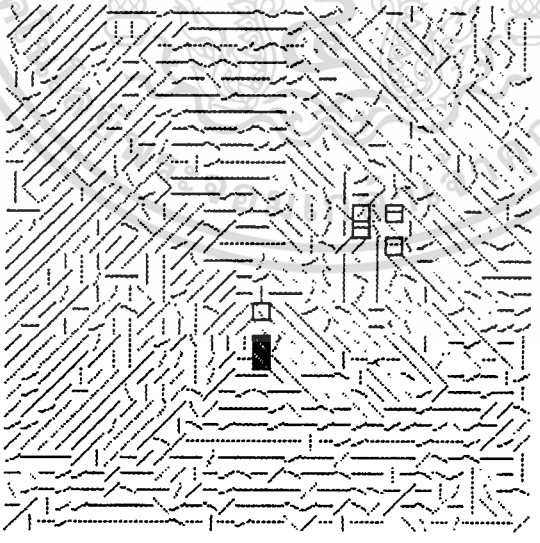
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

นำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้มาจากสแกนเนอร์มาทดลองปรากฏว่าจะได้ผลการทดลองดังลักษณะต่อไปนี้

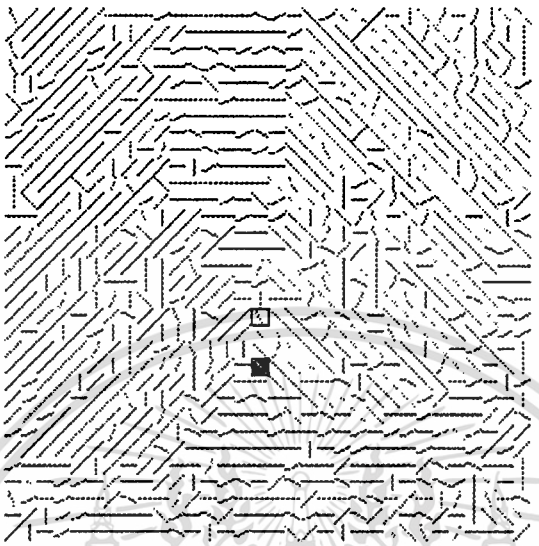
กำหนดให้ บล็อกสีดำแทน จุด delta และ บล็อกสีขาวแทนจุด core

รูปที่ 71 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบ Arch



รูปที่ 72 แสดงภาพทิศทางของลายนิ้วมือแบบ Arch หลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

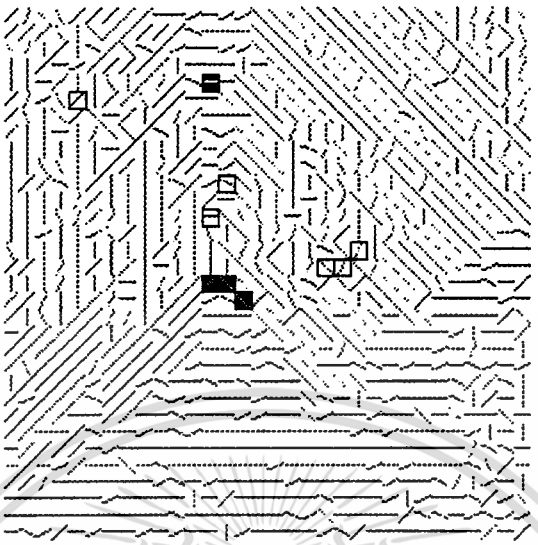
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



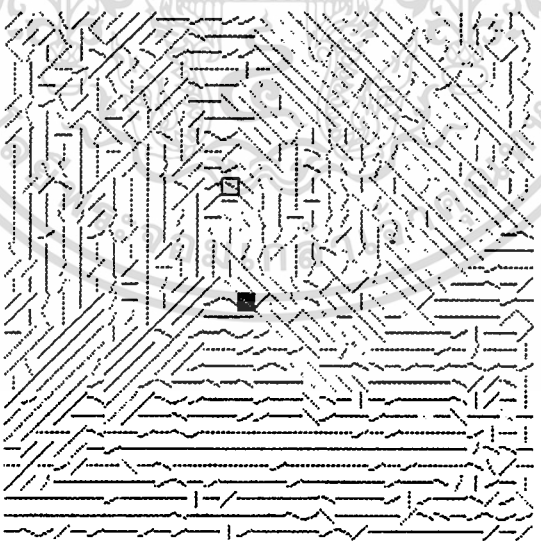
รูปที่ 73 แสดงจุด core และ delta ของภาพลายนิ้วมือแบบ Arch

รูปที่ 74 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบ Tented Arch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



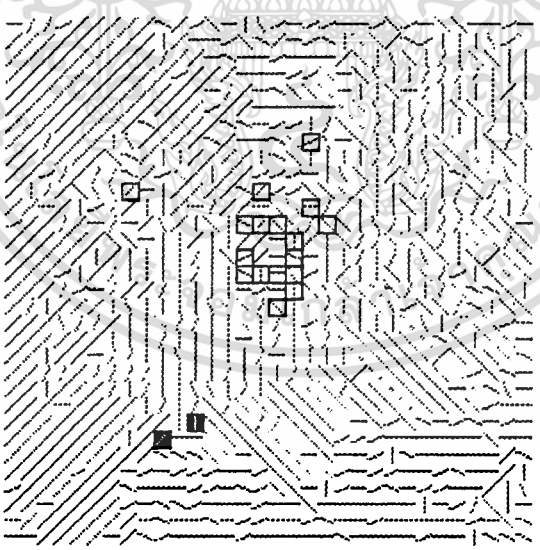
รูปที่ 75 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Tented Arch และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง



รูปที่ 76 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Tented Arch และจุด core และ delta หลังผ่านขั้นตอนการตรวจหาทั้งหมด

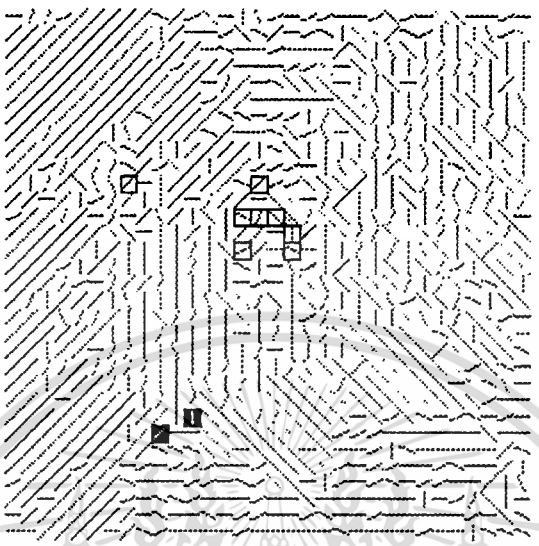
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 77 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบ Left Loop

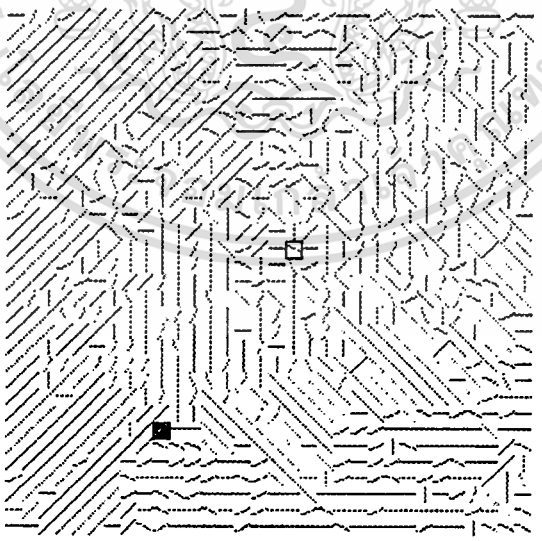


รูปที่ 78 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบLeft Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

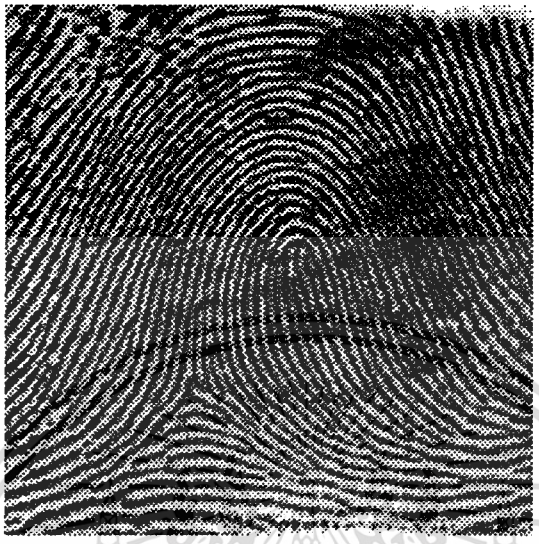


รูปที่ 79 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบLeft Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการตรวจสอบส่วนโค้ง

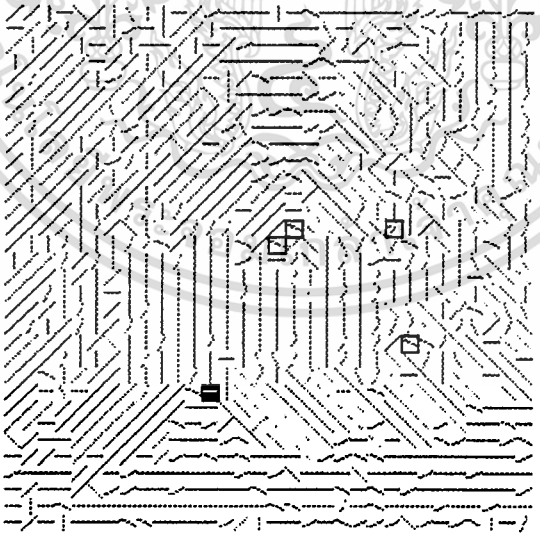


รูปที่ 80 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบLeft Loop และจุด core และ delta

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

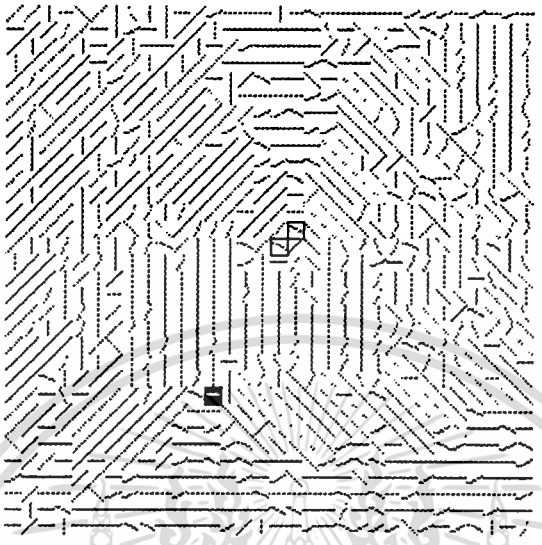


รูปที่ 81 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบ Left Loop

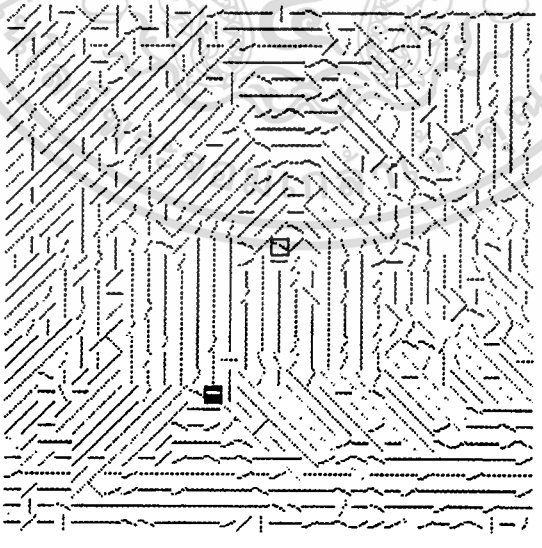


รูปที่ 82 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบLeft Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



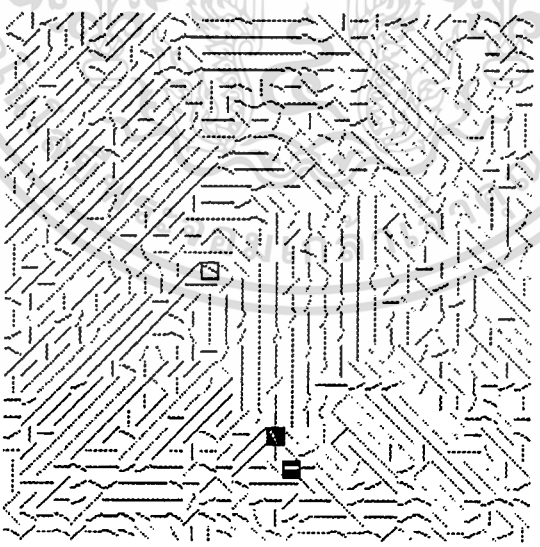
รูปที่ 83 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบLeft Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการตรวจสอบส่วนโค้ง



รูปที่ 84 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบLeft Loop และจุด core และ delta

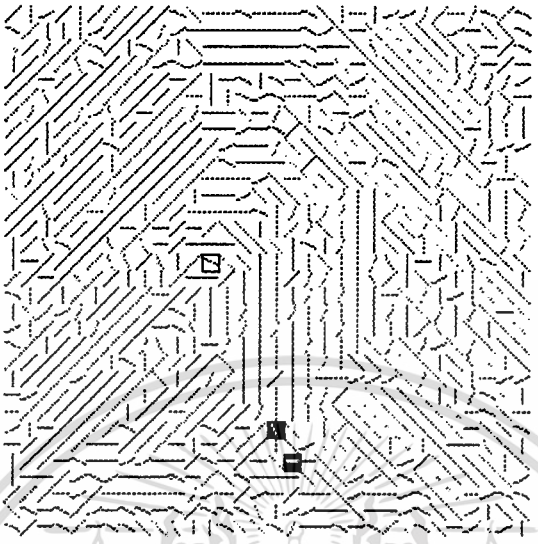
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 85 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบ Right Loop

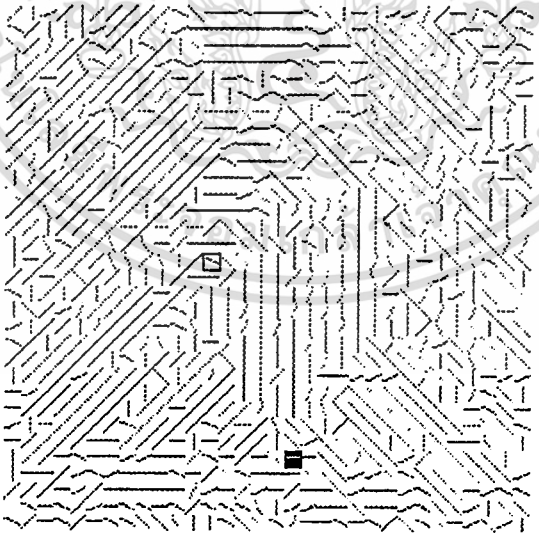


รูปที่ 86 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Right Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



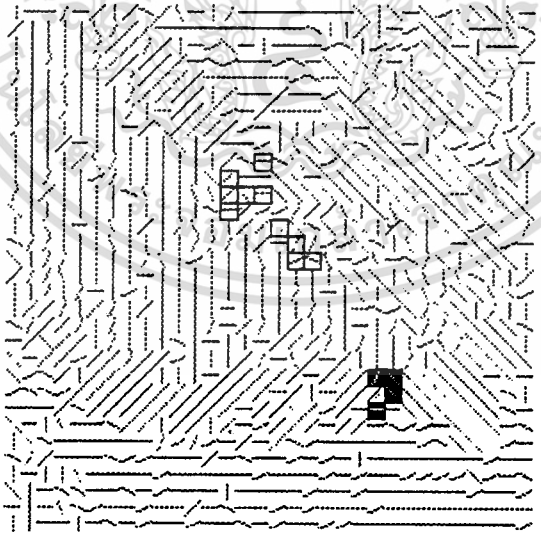
รูปที่ 87 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Right Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการตรวจสอบส่วนโค้ง



รูปที่ 88 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Right Loop และจุด core และ delta

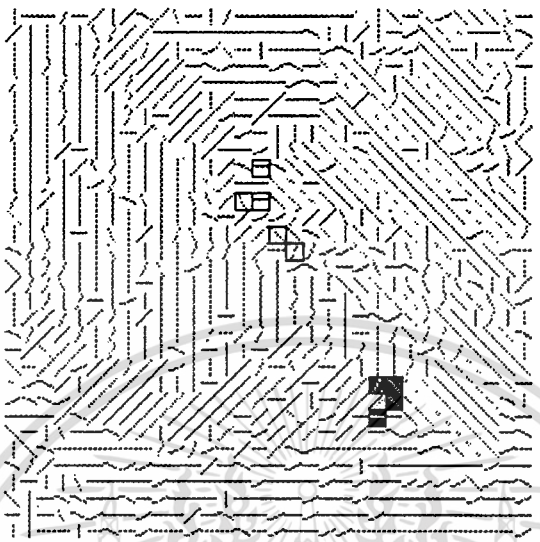
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 89 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบ Right Loop

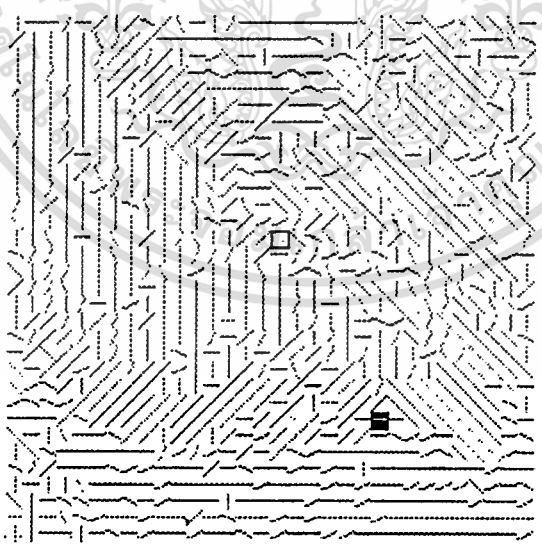


รูปที่ 90 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Right Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 91 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Right Loop และจุด core และ deltaหลังผ่านขั้นตอนการตรวจสอบส่วนโค้ง

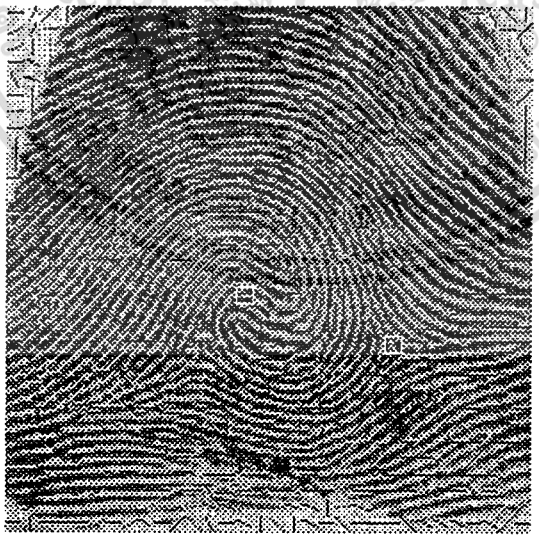


รูปที่ 92 แสดงภาพทิศทางลายนิ้วมือแบบ Right Loop และจุด core และ delta

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

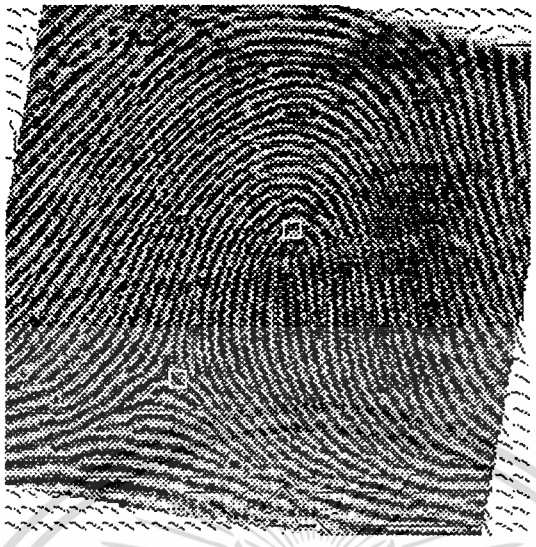
ต่อไปเป็นการวางภาพทิศทางทับลงบนภาพลายนิ้วมือเพื่อแสดงความใกล้เคียงของจุด core และ จุด delta ที่ตรวจหาได้ในภาพทิศทาง กับจุด core และ จุด delta ในภาพจริง

รูปที่ 93 แสดงภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และ จุด delta ได้เมื่อจุด delta มีการเอียงไปเป็นมุมเล็กน้อย

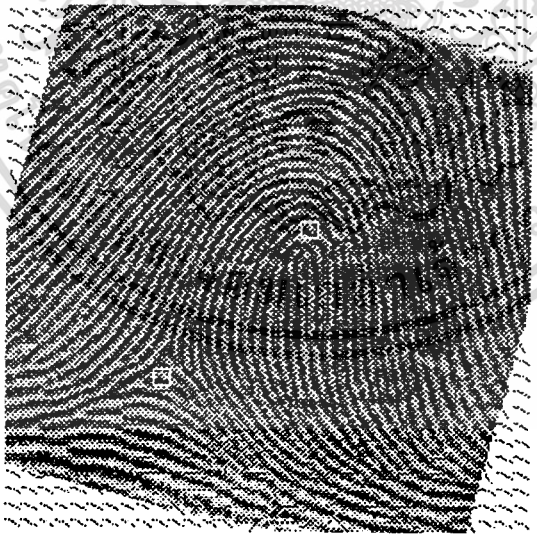


รูปที่ 94 แสดงภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ที่ได้โดยที่จุด delta มีการเอียงไปเป็นมุมประมาณ 135 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

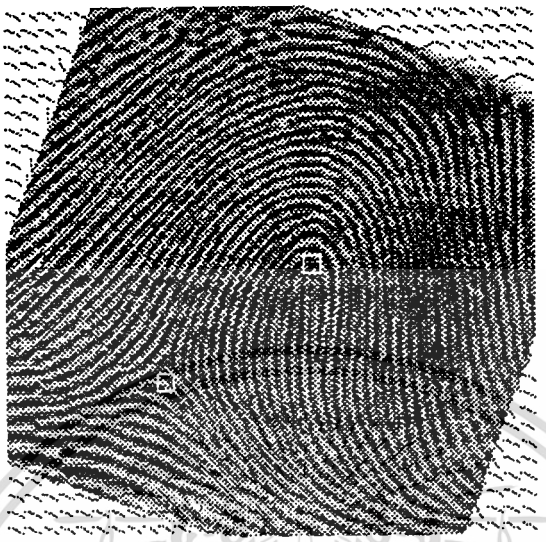


รูปที่ 95 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 10 องศา

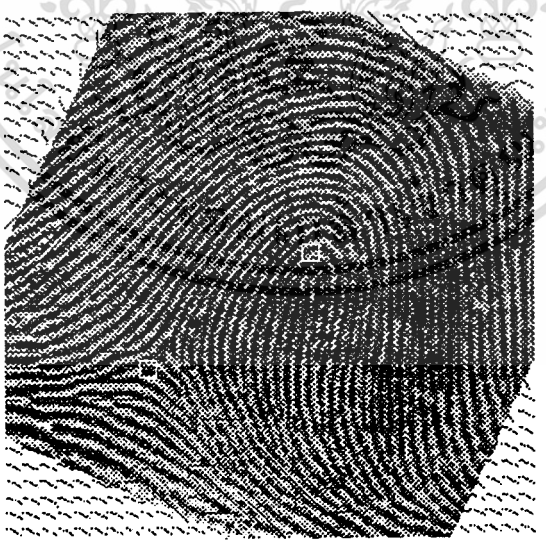


รูปที่ 96 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



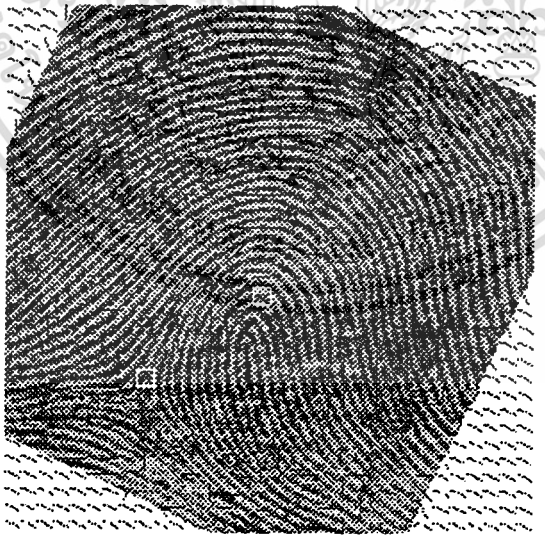
รูปที่ 97 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 20 องศา



รูปที่ 98 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 25 องศา

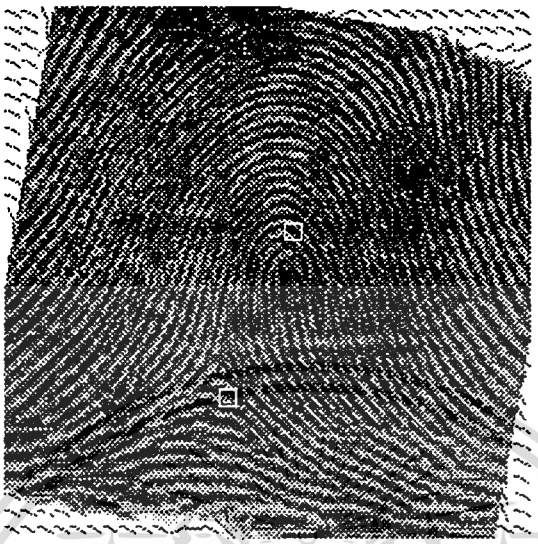
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 99 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 35 องศา



รูปที่ 100 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 25 องศา

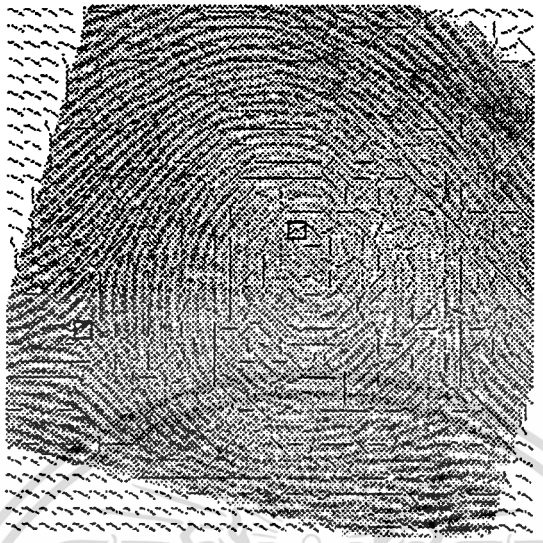
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



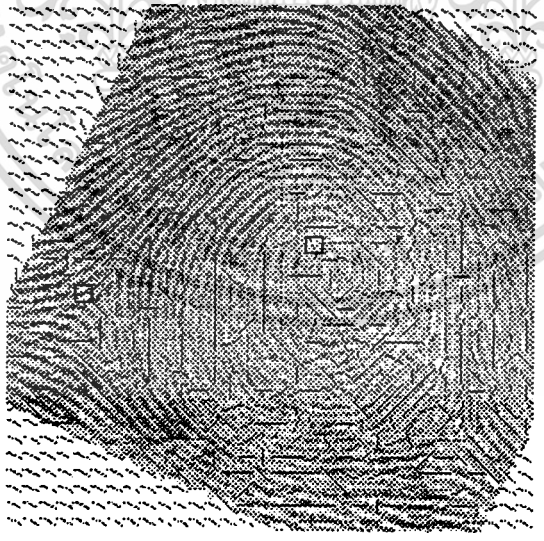
รูปที่ 101 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 10 องศา

รูปที่ 102 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

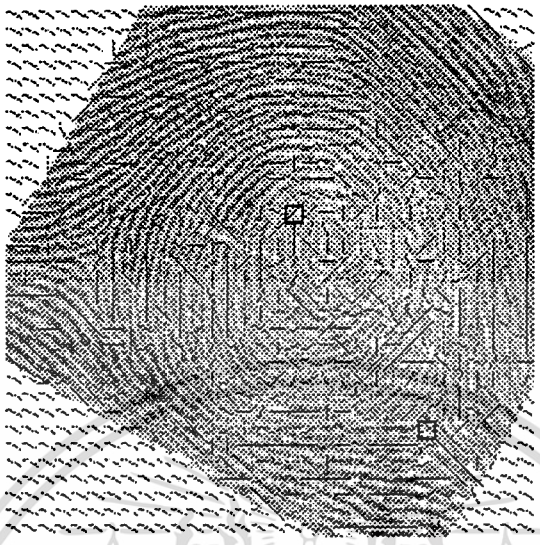


รูปที่ 103 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 15 องศา

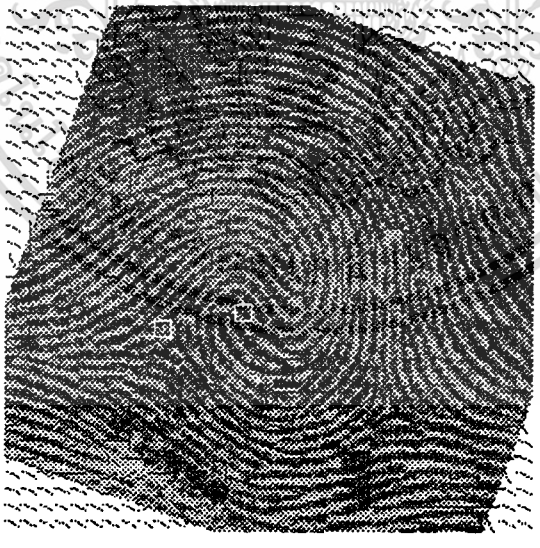


รูปที่ 104 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 25 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 105 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 35 องศา



รูปที่ 106 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่สามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ใกล้เคียงได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

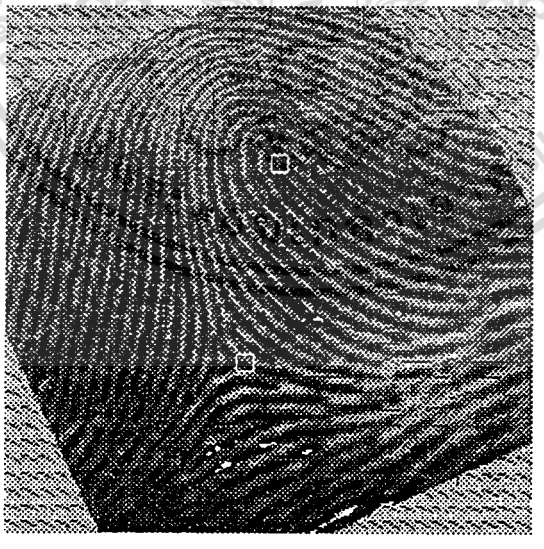
จากตัวอย่างข้างต้นเป็นตัวอย่างของภาพที่ได้มาจากการสแกนเนอร์โดยการพิมพ์ลายนิ้วมือลงบนกระดาษแล้วนำลายนิ้วมือดังกล่าวไปทำการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์แล้วจึงนำภาพมาประมวลผลได้ดังรูปข้างต้นส่วนรูปที่จะได้เห็นต่อไปด้านล่างเป็นรูปที่ได้มาจากกล้องวีดีโอแล้วจึงทำการประมวลผล

รูปที่ 107 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 15 องศา

รูปที่ 108 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 35 องศา

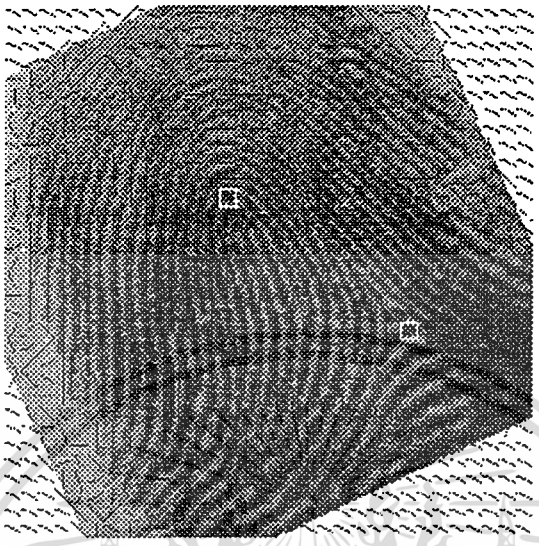
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 109 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้ใกล้เคียงกรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 15 องศา

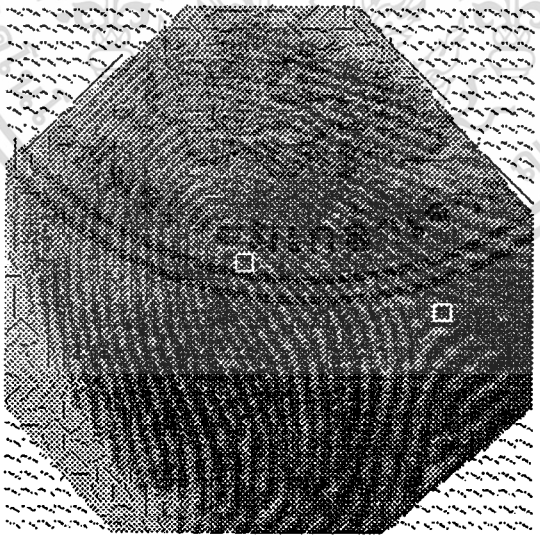


รูปที่ 110 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core ได้ส่วนจุด delta ได้ใกล้เคียงกรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 25 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

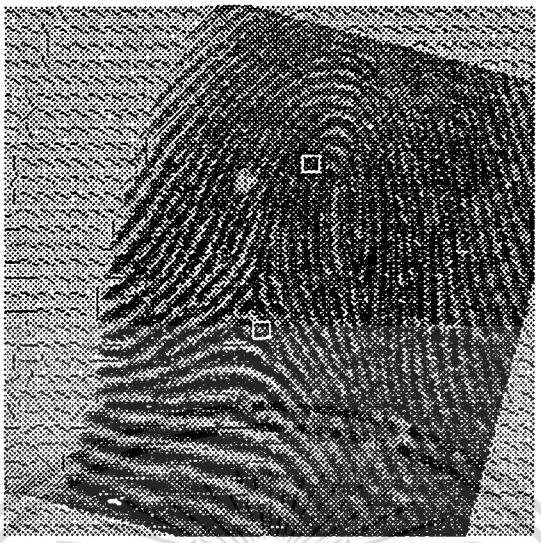


รูปที่ 111 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้ใกล้เคียงกรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 25 องศา

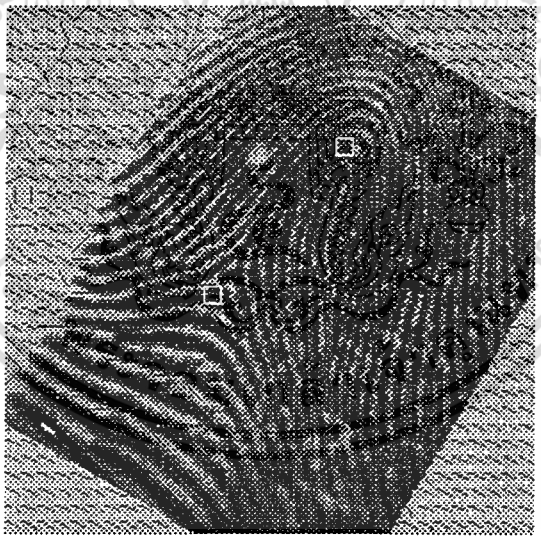


รูปที่ 112 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้ใกล้เคียงกรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 40 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 113 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้ใกล้เคียงกรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 15 องศา



รูปที่ 114 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากกล้องวีดีโอสามารถตรวจจับจุด core และจุด delta ได้กรณีที่ภาพลายนิ้วมือเอียงไป 30 องศา

จากรูปที่ได้แสดงไว้ทั้งหมดได้ใช้ค่า threshold เท่ากันทุกรูป คือ t1 = 7 , t2 = 15 และ t3 = 64 เว้นแต่กรณีที่จุด delta หรือ จุด core ไม่สามารถผ่านขั้นตอนการคำนวณได้เลยตัวโปรแกรมได้ตั้งไว้ให้ลดค่าหรือเพิ่มค่าเองโดยอัตโนมัติ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการเก็บภาพลายนิ้วมือมาทั้งหมด 52 ภาพ และสามารถหาจุด core และ delta ซึ่งผลที่ได้มีดังนี้

ลายนิ้วมือแบบ Arch	3	ภาพ	หาได้	2	ภาพ
ลายนิ้วมือแบบ Left Loop	20	ภาพ	หาได้	10	ภาพ
ลายนิ้วมือแบบ Right Loop	19	ภาพ	หาได้	8	ภาพ
ลายนิ้วมือแบบ Whorl	10	ภาพ	หาได้	6	ภาพ

เมื่อนำภาพลายนิ้วมือข้างต้นมาทำการหมุนให้ภาพเอียงไปเป็นมุมจากแนวระดับประมาณ 15 - 40 องศา จำนวน 36 ภาพปรากฏผลที่ได้จากการทดลองดังต่อไปนี้

ลายนิ้วมือแบบ Arch	6	ภาพ	หาได้	2	ภาพ
ลายนิ้วมือแบบ Left Loop	18	ภาพ	หาได้	8	ภาพ
ลายนิ้วมือแบบ Right Loop	6	ภาพ	หาได้	3	ภาพ
ลายนิ้วมือแบบ Whorl	6	ภาพ	หาได้	3	ภาพ

จากปริญญานิพนธ์ฉบับที่แล้ว ไม่สามารถหาจุด delta ที่มีการเอียงได้เพราะโปรแกรมจะมอง จุด delta นั้นเป็นจุด core ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ทำการปรับปรุงขึ้นและสามารถหาจุด delta ที่เอียงได้ โดยใช้เทคนิคการหาแกนของ delta และวาง delta ตามแกนก่อนที่จะหาจุดที่เป็น delta รวมทั้งมีการหมุนบริเวณที่มีลักษณะเป็น delta ขณะที่ทำการกำจัดจุดที่ไม่น่าจะใช่ทิ้งด้วย ส่วนจุด core ได้ทำการหมุนบล็อกล้อมรอบจุดขณะที่ทำการตรวจสอบส่วนโค้ง เพื่อทำการหาจุด core ในภาพลายนิ้วมือที่มีการเอียงไป และอีกประการหนึ่งคือได้เปลี่ยนลักษณะการตัดบล็อกในแต่ละย่านของแต่ละขั้นตอนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้บล็อกดังกล่าวได้แสดงลักษณะล้อมรอบอย่างชัดเจนว่ามีลักษณะเป็น core หรือ เป็น delta ส่วนในขั้นตอนสุดท้ายได้เปลี่ยนลักษณะการตัดบล็อกและการแบ่งย่านของจุด core เพื่อให้จุด core ที่ตรวจสอบได้มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกับจุด core ในภาพลายนิ้วมือจริงมากที่สุด . แต่ก็ยังมีภาพลายนิ้วมือหลายภาพที่ไม่สามารถหาจุด core และ delta ได้ เนื่องจากภาพที่ไม่สามารถหาจุด core และ delta ได้เกิดจากสาเหตุหลายประการคือ ภาพที่ได้จากกล้องวีดีโอไม่มีความคมชัดเมื่อนำมาทำเป็นทิศทาง จึงทำให้ภาพทิศทางเกิดได้ทิศทางที่ผิดพลาดขึ้นและไม่สามารถหาจุด core และ delta ได้ ภาพที่ได้จากสแกนเนอร์จากการกดนิ้วมือลงบนหมึกแล้วพิมพ์ลงบนกระดาษ เกิดการเลอะเลือนของหมึกทำให้เกิด error ขึ้นอีกเช่นกัน

จากผลการทดลองสามารถหาจุด core และ delta คิดเป็นประมาณ 50% ในภาพลายนิ้วมือปกติ ส่วนในภาพลายนิ้วมือที่มีการหมุนให้เอียงไปนั้น เมื่อคิดเป็นสัดส่วนได้ประมาณ 44.44 % และสามารถหาจุด delta ที่เอียงได้รวมทั้งจุด core และ delta ในภาพที่มีการเอียงก็จะสามารถหาได้ด้วย ซึ่งจะให้ผลดีกว่าปริญญานิพนธ์ฉบับที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Detection of singular point in fingerprint image , V. S. Srinivasan and N.N. Murghy

2. Fingerprint classification , Kalle Karu and Anil K. Jain

3. ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตรโนมัติโดยการใช้ฮิสโตแกรมทิศทางและโครงข่ายนิวรอลเพื่อประโยชน์การนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ , นายเกรียงไกร โชวเจริญสุข

4. เทคนิคสำหรับตรวจจับจุดเฉพาะบนลายนิ้วมือ, นายสมศักดิ์ แซ่จึงและนายสุรชัย บุญมาพึ่ง

5. การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม , นายธันวา ศรีประโมง

6. ทฤษฎีการจดจำรูปแบบเบื้องต้น , ผศ.ชม กิ้มปาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้