

บทที่ 2

ขบวนการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขบวนการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนแรกจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกลายนิ้วมือซึ่งจะแบ่งการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆคือ กลุ่มแรกทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขบวนการรับภาพและการปรับปรุงภาพเบื้องต้น กลุ่มที่สองเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขบวนการแยกคุณลักษณะ และกลุ่มที่สามเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจับคู่ลายนิ้วมือ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงระบบการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติซึ่งแยกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือ การพิสูจน์ภาพลายนิ้วมือ และการจำแนกลายนิ้วมือ ในส่วนที่สามจะกล่าวถึงขบวนการรู้จำลายนิ้วมืออัตโนมัตินับเป็นส่วนที่ซับซ้อนที่สุดเพราะเกี่ยวข้องกับการทำงานหลายอย่างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการรับภาพ ขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น ขั้นตอนการแยกคุณลักษณะ และขั้นตอนการรู้จำ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนก็มีรายละเอียดค่อนข้างมากและจะได้กล่าวถึงต่อไป

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขบวนการรู้จำลายนิ้วมืออัตโนมัติออกมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะงานที่เกี่ยวข้องได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ 1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการรับภาพและปรับปรุงภาพเบื้องต้น 2) การแยกคุณลักษณะ และ 3) การจับคู่ลายนิ้วมือ

กลุ่มแรกเป็นส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการรับภาพและการปรับปรุงภาพเบื้องต้น ได้แก่ งานวิจัยของ *M.R.Verma et al.*, (1987) เสนอวิธีการหาขอบภาพลายนิ้วมือโดยใช้ทฤษฎีฟัซซีของ *Pal* และ *King* (1981) ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพแล้วทำภาพเป็นภาพขาวดำสองระดับ ต่อจากนั้นทำเส้นให้บางจากอัลกอริธึมของ *Hilditch* งานวิจัยของ *B.M.Mehre et al.*, (1987, 1989) ได้เสนอวิธีการปรับปรุงภาพโดยใช้วิธีหาทิศทางของภาพจากการเข้ารหัสทิศทางเพื่อจับคู่เส้นลายนิ้วมือและวิธีการการคำนวณจากตัววัดการกระจายของข้อมูลหรือค่าการกระจาย ซึ่งเป็นการแยกส่วนของบริเวณเส้นลายนิ้วมือและพื้นหลังของภาพโดยการเลือก

จากความหนาแน่นในแต่ละทิศทางของภาพแต่ละส่วนและจากการกระจายของข้อมูล งานวิจัยของ Q.Xiao และ H.Raafat (1991) เสนอวิธีที่จะปรับปรุงภาพหลังจากภาพนั้นผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้นจากการทำเส้นให้บางโดยการทำให้เส้นมีความต่อเนื่องในจุดที่ถูกต้องโดยใช้วิธีทางโครงสร้างและสถิติ (Statistical and Structural) งานวิจัยของ D.G.D.Hung (1993) เสนอวิธีการปรับปรุงภาพจากภาพขาวดำสองระดับโดยการขยายและลดขนาดของเส้นลายนิ้วมือซึ่งช่วยลดปัญหากรณีเส้นลายนิ้วมือเกิดหลุมและเส้นขาดซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับคู่ และงานวิจัยของ B.G.Sherlock et al., (1992,1993,1994) ได้จำลองสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาสนามทิศทางของเส้นแกน (Core) และสามเหลี่ยม (Delta) โดยการหาอินทิเกรตของเส้นโค้งรอบสนามเวกเตอร์ โดยใช้วิธี Poincare Index ในการหาจุดเดี่ยวๆ ของสนามเวกเตอร์ อีกทั้งได้ออกแบบตัวกรองที่เรียกว่า Directional Fourier Filter โดยการแปลงภาพให้อยู่ในเชิงความถี่แล้วอาศัยการหาค่าการกระจายของภาพที่สอดคล้องกับทิศทางหลักที่กำหนดให้กับตัวกรองต่อจากนั้นจะทำภาพเป็นภาพขาวดำสองระดับโดยการหาตำแหน่งจุดแยกจากบล็อคย่อยๆ เป็นต้น

ซึ่งในส่วนของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนจะใช้วิธีการทำภาพเป็นภาพขาวดำสองระดับโดยการหาตำแหน่งจุดแยกย่อย และวิธีแยกพื้นหลังกับลายนิ้วมือเนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมานานและสามารถคำนวณหาได้ง่าย

กลุ่มที่สองเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกคุณลักษณะ อาทิเช่น งานวิจัยของ M.Kawagoe และ A.Tojo (1984) ได้เสนอวิธีการปรับปรุงวิธีการแยกคุณลักษณะจากวิธีการเข้ารหัสทิศทางเป็นวิธี Relaxation Technique หรือบางครั้งเรียกว่า Poincare Index มาใช้ในการแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือ และงานวิจัยของ N.K.Ratha et al., (1995) ได้เสนอวิธีการแยกคุณลักษณะแบบใหม่ที่เรียกว่า การหาสนามทิศทาง แล้วใช้วิธีนี้ในการจับคู่ลายนิ้วมือกับทิศทางของลายเส้นเพื่อใช้ในการปรับปรุงภาพโดยทดสอบกับฐานข้อมูล NIST ชุดที่ 9 ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอการแยกคุณลักษณะทั้งวิธีเข้ารหัสทิศทางและวิธีหาสนามทิศทางและเปรียบเทียบผลการรู้จำลายนิ้วมือที่ได้จากการแยกคุณลักษณะทั้งสองวิธีเนื่องจากวิธีเข้ารหัสทิศทางเป็นวิธีที่ใช้กันมานานส่วนวิธีหาสนามทิศทางเป็นวิธีใหม่ที่นิยมใช้กับงานด้านการรู้จำลายนิ้วมือ

กลุ่มที่สามเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจับคู่ลายนิ้วมือซึ่งมีนักวิจัยหลายกลุ่มเสนอวิธีการจับคู่ลายนิ้วมือไว้หลายวิธี เช่น B.Moayer และ K.S.Fu (1976) ได้เสนอวิธีการจำแนกลายนิ้วมือโดยวิธี ระบบต้นไม้ (Tree System) โดยการแบ่งภาพขนาด 192x192 จุดภาพเป็นบล็อคย่อยๆ ขนาด 48x48 จุดภาพ จำนวน 4x4 บล็อก แล้วทำการหาตำแหน่งจุดแยกในแต่ละบล็อคย่อยๆ นั้นต่อจากนั้นทำการเข้ารหัสภาพในบล็อคย่อยๆ นั้นโดยใช้วิธี ห่วงโซ่ (Chain Coded) จากนั้นจึงทำ

การแยกคุณลักษณะโดยการพิจารณาจากโครงสร้างของเส้นที่ผ่านการเข้ารหัสแบบห่วงโซ่แล้ว จึงนำไปเปรียบเทียบกับแบบที่เก็บลักษณะของลายเส้นไว้ งานวิจัยของ K.Rao และ K.Balck (1980) ได้เสนอวิธีแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือโดยใช้วิธีที่เรียกว่า ไวยากรณ์ (Syntactic Approach) ซึ่งใช้วิธีการแยกคุณลักษณะเฉพาะโดยวิธีเข้ารหัสทิศทางแล้วแทนค่ารูปแบบลายนิ้วมือด้วยชุดตัวอักษรซึ่งแบ่งกลุ่มลายนิ้วมือออกได้เป็น 10 กลุ่มหลักๆ งานวิจัยของ V.S.Srinivason และ N.N.Murth (1992) ได้เสนอวิธีการจับคู่ภาพลายนิ้วมือโดยอาศัยตำแหน่งสามเหลี่ยมและตำแหน่งแกนจากการแยกคุณลักษณะโดยการเข้ารหัสข้อมูล J.L.Blue (1994) ได้ทดสอบวิธีการจำแนกลายนิ้วมือและตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสถิติ 4 วิธี และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 3 วิธี งานวิจัยของ K.Karu และ A.K.Jain (1996) ได้เสนอวิธีการแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือที่เรียกว่า Rule-Based จากฐานข้อมูล NIST ชุดที่ 4 และชุดที่ 9 โดยอาศัยหลักการหาตำแหน่งของแกน และสามเหลี่ยมจากวิธีการเข้ารหัสทิศทางและวิธี Poincare Index แล้วตัดสินใจว่าเป็นลายนิ้วมือในกลุ่มใด และ A.K.Jain et al., (1997) ได้พัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิสูจน์ลายนิ้วมือจากการหาเส้นลายละเอียด (Minutia) และจับคู่เส้นลายละเอียดนั้นโดยใช้วิธีที่เรียกว่า Alignment-Based Elastic Matching ซึ่งอาศัยการคุณลักษณะโดยวิธีการหาสนามทิศทาง

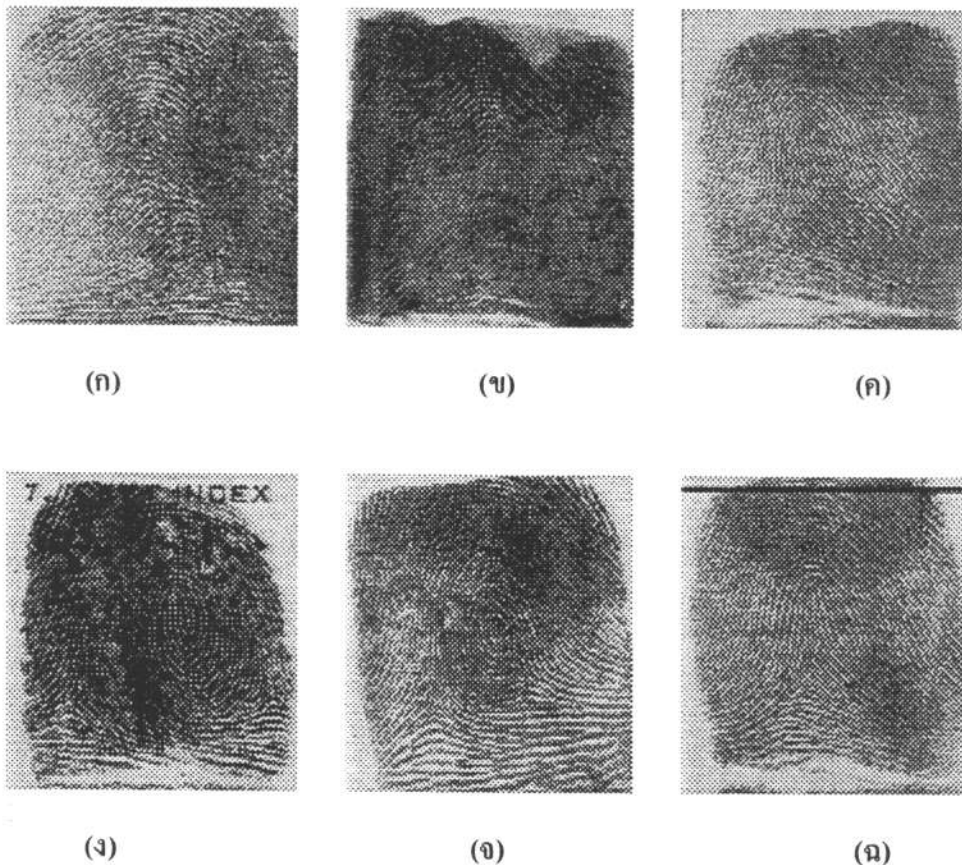
นอกจากนี้ก็มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขบวนการรู้จำลายนิ้วมือที่เกี่ยวข้องกับการทำงานทั้งสามส่วนอาทิเช่น งานวิจัยของ L.Coetsee และ E.Botha (1993) ได้เสนอวิธีการปรับปรุงภาพเบื้องต้นจากวิธีการทำเส้นให้บางแล้วขจัดเศษส่วนที่ขาดหายไปและกำจัดเส้นลายนิ้วมือในส่วนที่เกินมา แล้วทำการทดสอบการจำแนกลายนิ้วมือโดยวิธีการแยกเชิงเส้น (Linear Classification) วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งใกล้เคียง (Nearest Neighbourhood) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้วิธีการแยกคุณลักษณะจากการเข้ารหัสทิศทางและวิธีลิ้มและวงแหวน (Wedge and Ring) เปรียบเทียบผลการทดสอบ

ในส่วนของงานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้องกับงานด้านการปรับปรุงการรู้จำลายนิ้วมือก็ได้มีการพัฒนาออกมาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ เกรียงไกร โชวเจริญสุข และคณะ (2536) ได้ทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม อรุณ กำเหนิดนันท และคณะ (2538) ได้ทำการวิจัยเรื่องการรู้จำลายนิ้วมือโดยวิธีต้นไม้ (Tree System) มัฆวาน จันทร์กอสอ และ เกษตร์ สิริสันติสัมฤทธิ์ (2538) เสนอวิธีการรู้จำลายนิ้วมือเพื่อลดขนาดข้อมูลโดยการเข้ารหัสตัวอักษร สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์ และ บุญชัย ฤาชัยสา (2538) ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือโดยทำการหมุนภาพเป็นมุม 5 และ 15 องศา เป็นต้น

ซึ่งในส่วนการทดสอบการรู้จำลายนิ้วมือในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้วิธีการรู้จำโดยวิธี
โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับเนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีใหม่ที่น่าสนใจกับงานที่เกี่ยวข้องกับ
การรู้จำรูปแบบ

2.2 ระบบการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ

การจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ (Jain *et al.*,
1997) ได้แก่ การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือ (Fingerprint Classification) การพิสูจน์ลายนิ้วมือ
(Fingerprint Verification) และการจำแนกลายนิ้วมือ (Fingerprint Identification)

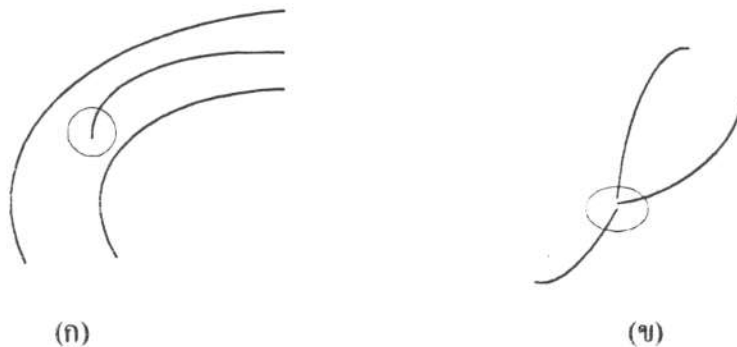


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มลายนิ้วมือ (ก) โค้ง (ข) ลูปซ้าย (ค) ลูปขวา (ง) ก้นหอย
(จ) ก้นหอยในอีกลักษณะ และ (ฉ) โค้งแบบเด่น

2.2.1 การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือ

การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือเป็นการแยกกลุ่มลายนิ้วมือตามลักษณะที่ปรากฏออกเป็น
กลุ่มๆ เพื่อให้การจัดระบบฐานข้อมูลจำนวนมากมีประสิทธิภาพและลดเวลาในการจับคู่

ภาพลายนิ้วมือจากฐานข้อมูล ซึ่งการแบ่งกลุ่มภาพขึ้นอยู่กับรูปแบบของเส้น (Ridge Pattern) สนามทิศทางของเส้นในส่วนย่อยๆ และเส้นลายละเอียด (Minutiae) ดังนั้นถ้าสามารถดึงเอาคุณลักษณะเหล่านี้จากภาพลายนิ้วมือได้อย่างถูกต้อง จะทำให้การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือเป็นงานที่ง่ายขึ้น การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ 6 ประเภท (Karu and Jain 1996) ได้แก่ แบบโค้ง (Arch) โค้งแบบเต็นท์ (Tented Arch) ลูปขวา (Right Loop) ลูปซ้าย (Left Loop) ก้นหอย (Whorl) และ ลูปคู่ (Twin Loop) ดังแสดงในรูปที่ 2.1

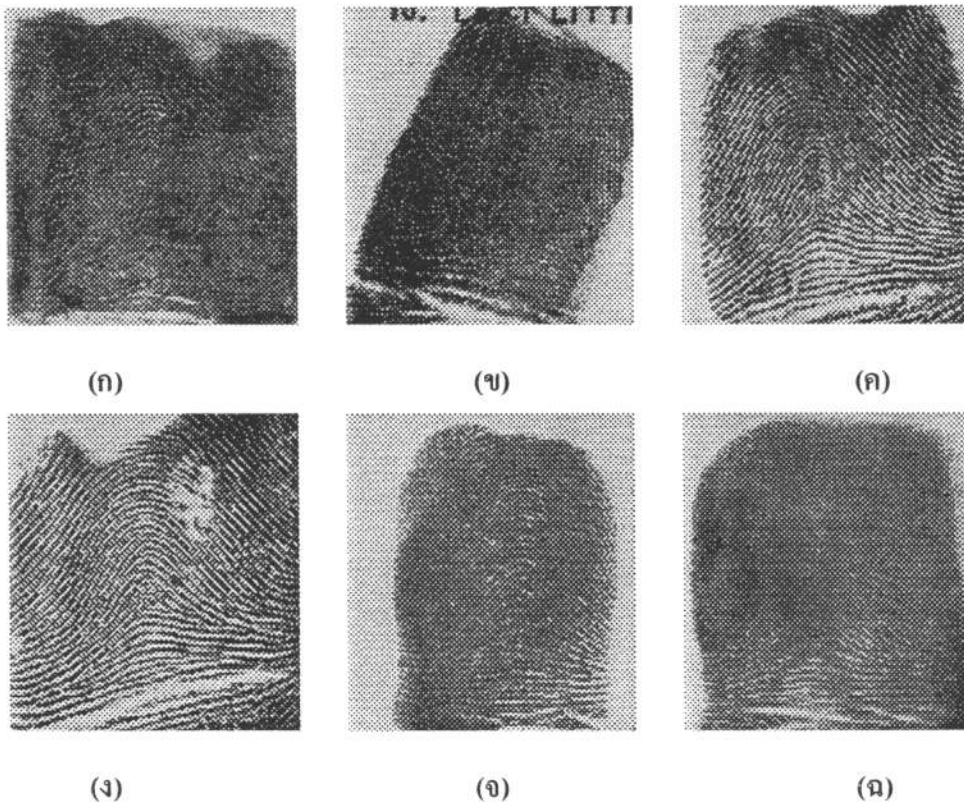


รูปที่ 2.2 โครงสร้างหลักของเส้นลายนิ้วมือ (ก) เส้นปลาย และ (ข) เส้นที่แตกออกเป็นสองแฉก

2.2.2 การพิสูจน์ลายนิ้วมือ

คือการหาข้อสรุปว่าลายนิ้วมือทั้งสองเป็นลายนิ้วมือเดียวกันหรือไม่ โดยอาศัยข้อสมมุติฐานที่ว่าลายนิ้วมือของคนๆ เดียวกันจะมีโครงสร้างของเส้นหรือเส้นลายละเอียดที่สามารถจับคู่กันได้ ซึ่งโครงสร้างหลักของเส้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ เส้นปลาย (Ridge Ending) ซึ่งแสดงไว้ดังรูป 2.2 (ก) และเส้นที่แตกออกเป็นสองแฉก (Ridge Bifurcation) ดังรูปที่ รูปที่ 2.2 (ข)

ในระบบการพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติถ้าสามารถใช้ลักษณะของเส้นลายละเอียดในการจับคู่ลายนิ้วมือแล้วจะทำให้ช่วยลดเวลาในการจับคู่แต่ทั้งนี้ต้องมีเงื่อนไขว่าลายนิ้วมือจะต้องไม่มีการเปลี่ยนรูปและแต่ละตำแหน่งของเส้นลายละเอียดต้องชัดเจน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ยากทั้งนี้เนื่องจากหมึกอาจเลอะเปื้อนภาพทำให้เกิดเป็นเส้นลายนิ้วมือเทียม หรือเส้นลายละเอียดขาดหรือหายไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบหาตำแหน่งที่เกิดเส้นลายนิ้วมือเทียมและแปลงรูปที่ถูกเปลี่ยนรูปไปให้อยู่ในลักษณะเดิมให้มากที่สุด รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างภาพลายนิ้วมือของคนสามคนโดยที่ รูปที่ 2.3 (ก) และ (ข) เป็นลายนิ้วมือของคนทีหนึ่ง รูปที่ 2.3 (ค) และ (ง) เป็นลายนิ้วมือของคนที่สองและ รูปที่ 2.3 (จ) และ (ฉ) เป็นลายนิ้วมือของคนทีสาม



รูปที่ 2.3 ภาพลายนิ้วมือของคนสามคน (ก) และ (ข) เป็นภาพลายนิ้วมือของคนหนึ่ง (ค) และ (ง) เป็นภาพลายนิ้วมือของคนที่สอง ส่วน (จ) และ (ฉ) เป็นภาพลายนิ้วมือของคนที่สาม

2.2.3 การจำแนกลายนิ้วมือ

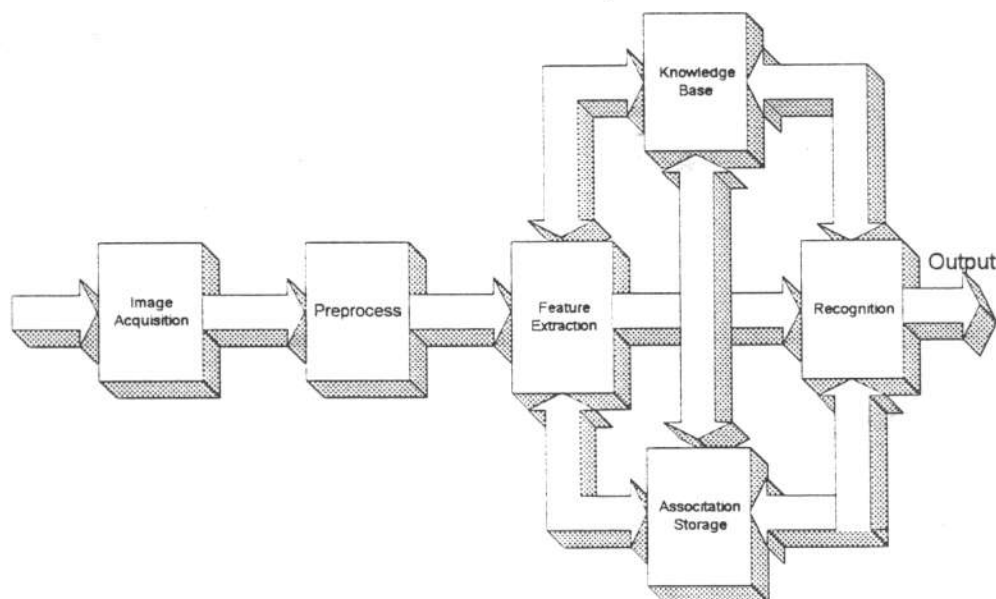
เป็นวิธีการจับคู่ลายนิ้วมือที่ต้องการหาคำตอบเข้ากับลายนิ้วมือจากฐานข้อมูลว่ามีหรือไม่มี เพื่อลายนิ้วมือที่ต้องการคำตอบถ้ามีอยู่ในฐานข้อมูลให้แสดงผลออกมา ซึ่งวิธีนี้จะใช้มากในงานที่เกี่ยวข้องกับทางด้านกฎหมาย และอยู่ในระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับเทคนิคอื่นๆเช่น การรู้จำรูปแบบ ระบบฐานข้อมูล ขบวนการทำงานแบบขนาน และการรับข้อมูล ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาทางด้านความถูกต้องและความเร็วในการค้นหาข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญ

ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ เนื่องจากวิธีนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น งานด้านการรักษาความปลอดภัย ซึ่งเห็นประโยชน์ได้เด่นชัดกว่าการแบ่งกลุ่มภาพหรือการพิสูจน์ลายนิ้วมือ ซึ่งการแบ่งกลุ่มภาพจะใช้กับระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่และหลังจากทำการแบ่งกลุ่มภาพแล้วต้องผ่านขบวนการจำแนกลายนิ้วมืออีกครั้ง ในขณะที่เราทำการทดสอบกับระบบฐานข้อมูลขนาดเล็กซึ่ง

มีข้อจำกัดน้อยกว่า ส่วนการพิสูจน์ลายนิ้วมือมักจะพบในงานของตำรวจ ซึ่งเป็นลักษณะงานที่เฉพาะเจาะจง

2.3 ขบวนการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ

ขบวนการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติเป็นงานที่ซับซ้อนและมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานในหลายๆอย่างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน (ดูรูปที่ 2.4) คือ 1) ขั้นตอนในการรับภาพ (Image Acquisition) 2) ขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น (Preprocessing) 3) ขั้นตอนการแยกคุณลักษณะ (Feature Extraction) และ 4) ขั้นตอนการรู้จำ (Recognition)



รูปที่ 2.4 ขบวนการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ

2.3.1 ขั้นตอนในการรับภาพ

ในระบบการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติภาพลายนิ้วมือจะต้องอยู่ในรูปภาพดิจิทัล ซึ่งทำได้โดยการถ่ายรูปผ่านกล้องวิดีโอซึ่งจะจับภาพลายนิ้วมือที่เป็นสัญญาณภาพต่อเนื่อง (Analog Signal) แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยตัวจับภาพ (Framegrabber) (ดูรูปที่ 2.5) ซึ่งมาตรฐานโดยทั่วไปที่นิยมใช้จะมีจำนวนจุดภาพ (Pixel) ขนาด 512 x 512 จุดภาพ และแต่ละจุดภาพจะมีระดับความเข้ม 256 ระดับเทา (Gray Scale)

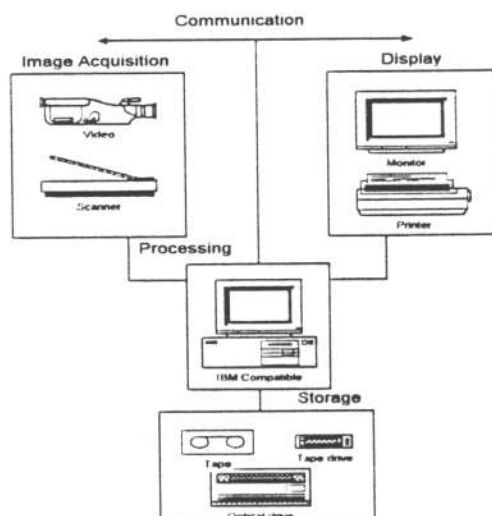
การรับข้อมูลภาพลายนิ้วมือก่อนที่จะถ่ายรูปผ่านกล้องวิดีโอสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี วิธีแรกเป็นการใช้กระดาษและหมึกพิมพ์ (Ink-and-Paper) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างมาก โดยการหมุนมือไปบนแท่นหมึกแล้วนำไปกดทับกับกระดาษ เพื่อทำการแปลงข้อมูลจากภาพ 3 มิติ

เป็นภาพ 2 มิติ ต่อจากนั้นใช้กล้องวิดีโอถ่ายภาพและตัวจับภาพทำการแปลงภาพเป็นภาพดิจิทัล แต่วิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียเนื่องจากหมึกอาจจะเลอะเปื้อนภาพได้ บางครั้งอาจจะใช้วิธีพิมพ์ภาพลงบนแผ่นพลาสติกแทนกระดาษ แต่กล่าวโดยรวมแล้ววิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียที่สำคัญคือระยะเวลาในการเก็บรักษาทำให้หมึกจาง ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่เหมาะกับการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ

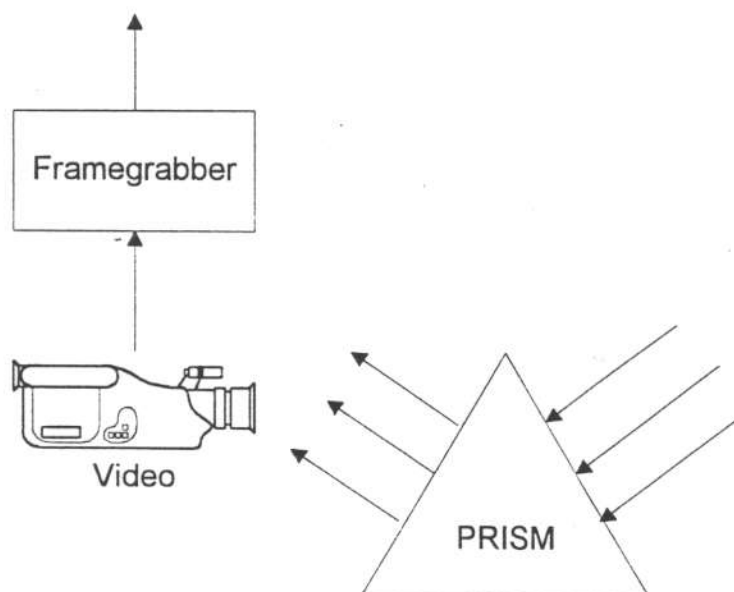
ส่วนวิธีที่สองเป็นการอ่านด้วยแสง (Optical) แสดงดังรูปที่ 2.6 เป็นการเก็บข้อมูลโดยใช้ปริซึม และลำแสง ซึ่งแปลงข้อมูล 3 มิติ เป็น 2 มิติเพื่อเป็นภาพดิจิทัล ซึ่งอาศัยหลักการหักเหของลำแสง เมื่อมีลำแสงส่องไปยังปริซึมจะมีลำแสงสะท้อนออกมาจากปริซึมทำมุม 45 องศากับผิวของปริซึม เมื่อนิ้วมือกดทับบนผิวปริซึมดัชนีการหักเห (Refraction Index) ที่ตำแหน่งที่เส้นนูนลายนิ้วมือแตะกับพื้นผิวปริซึมจะเปลี่ยนไป และที่ตำแหน่งที่ไม่มีแสงสะท้อนออกมาคือเส้นทึบของภาพลายนิ้วมือ หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพลายนิ้วมือโดยใช้กล้องวิดีโอ และทำการแปลงเป็นภาพดิจิทัล ซึ่งวิธีนี้จะให้ประสิทธิภาพได้ดีกว่าแบบแรกเพราะ สะอาด รวดเร็ว และแก้ปัญหาเนื่องจากภาพขาดความคมชัดได้

2.3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น

หลังจากได้ภาพดิจิทัลแล้วนำภาพที่ได้มาผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพ เพื่อให้ภาพที่ได้รับเข้ามาให้มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพของภาพที่ได้รับเข้ามาอาจจะมีสัญญาณรบกวนหรือภาพบางส่วนอาจขาดความคมชัด ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงภาพก่อนที่จะนำไปผ่านขั้นตอนการแยกคุณลักษณะ ตัวอย่างการปรับปรุงภาพเบื้องต้นได้แก่ การลดสัญญาณรบกวน การหาคำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทา (Thresholding) การแยกส่วน (Segmentation) การแก้ปัญหาโครงสร้างใหม่และการหาขอบภาพ เป็นต้น



รูปที่ 2.5 การประมวลสัญญาณภาพ



รูปที่ 2.6 การรับภาพด้วยแสง

1. วิธีการปรับปรุงภาพ

วิธีการปรับปรุงภาพแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ระบบแรกทำการปรับปรุงภาพในเชิงระยะ (Spatial Domain) และระบบที่สองเป็นการปรับปรุงภาพในเชิงความถี่ (Frequency Domain)

วิธีการปรับปรุงภาพในเชิงระยะเป็นขบวนการกระทำโดยตรงกับจุดภาพที่ความเข้มระดับเทาของภาพนั้นๆ ซึ่งสามารถแทนด้วยฟังก์ชัน

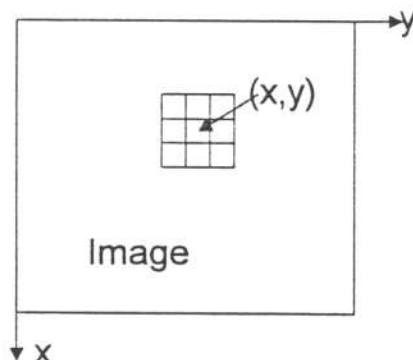
$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (2.1)$$

เมื่อ $f(x, y)$ แทนภาพก่อนผ่านขบวนการปรับปรุงภาพ $g(x, y)$ เป็นภาพที่ผ่านขบวนการปรับปรุงภาพแล้ว และ T เป็นฟังก์ชันการแปลงหรือตัวกระทำ (Operator) กับ f ตัวอย่างการหา $g(x, y)$ ทำได้โดยการกำหนดตำแหน่งใกล้เคียงกับจุด (x, y) จากนั้นใช้กรอบสี่เหลี่ยมเล็กๆเคลื่อนไปทุกๆจุดจากมุมบนซ้ายแล้วหาแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพที่ตำแหน่งใกล้เคียงโดยใช้ตัวกระทำคำนวณค่า $g(x, y)$ ที่ตำแหน่งนั้นๆ (ดูรูป 2.7) ซึ่งเราเรียกกรอบสี่เหลี่ยมเล็กๆนี้ว่า หน้ากาก หรือ หน้าต่าง รูปที่ 2.7 แสดงหน้าต่างขนาด 3x3 จุดภาพ

ระบบที่สองเป็นวิธีการปรับปรุงภาพในเชิงความถี่ซึ่งเป็นวิธีที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการคอนโวลูชัน (Convolution) กับภาพ $f(x, y)$ และการกระทำในเชิงเส้น โดยอาศัยตัวกระทำ

$h(x, y)$ ซึ่ง $g(x, y)$ หาได้จากการคอนโวลูชันระหว่างสัญญาณเข้าคือ $f(x, y)$ และตัวกระทำ $h(x, y)$ และสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.7 หน้าต่างขนาด 3x3 ที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (x, y)

และทำการเปลี่ยนให้อยู่ในเชิงความถี่โดยการแปลงฟูริเยร์ (Fourier Transform) จะได้

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) \quad (2.3)$$

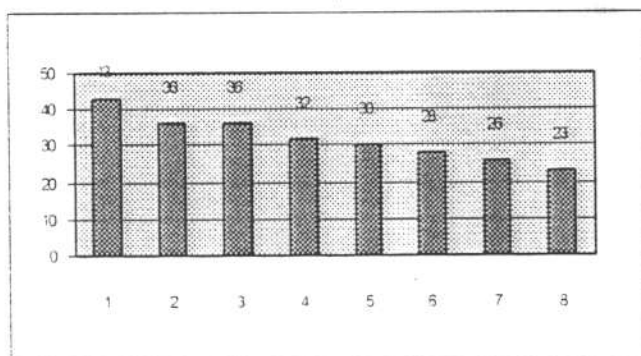
เมื่อ G, H และ F เป็นการแปลงฟูริเยร์ของ g, h และ f ตามลำดับ ซึ่งเราเรียก $H(u, v)$ ว่า ฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) ในเชิงความถี่ จากสมการที่ (2.3) จะเห็นว่า $G(u, v)$ ได้จากการคูณกันระหว่าง $H(u, v)$ และ $F(u, v)$ ซึ่งรูปที่ 2.8 แสดงระบบการทำงานเชิงเส้นที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเข้า ฟังก์ชันการแปลง และสัญญาณออก โดยที่รูปที่ 2.8 ก) แสดงสัญญาณออกจากผลของการทำคอนโวลูชันระหว่าง $h(x, y)$ และ สัญญาณเข้า ส่วนรูปที่ 2.7 ข) แสดงสัญญาณออกจากผลคูณของ $H(u, v)$ และสัญญาณเข้า แต่เราต้องการใช้ภาพที่ใช้งานในเชิงระยะคั่นนั้นต้องทำการแปลงฟูริเยร์กลับ (Inverse Fourier Transform) จากสมการที่ (2.2) และ (2.3) เราจะสามารถคำนวณ $g(x, y)$ กลับได้ดังนี้

$$g(x, y) = F^{-1}[H(u, v)F(u, v)] \quad (2.4)$$

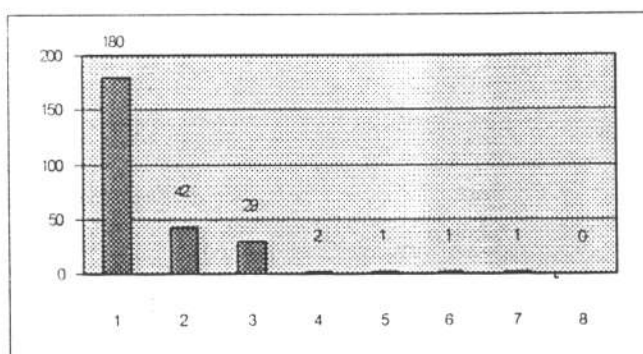
ข) ถ้าค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในฮิสโตแกรมน้อยกว่าค่าที่กำหนด กำหนดให้บริเวณนั้นเป็นส่วนพื้นหลัง

ค) ถ้าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฮิสโตแกรมทิศทางยกกำลังสองซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของค่าระดับเทาที่จุดนั้นยกกำลังสองมากกว่าค่าการกระจายที่กำหนด แล้วกำหนดให้ส่วนนั้นเป็นบริเวณเส้นลายนิ้วมือ

ตัวอย่างดังรูปที่ 2.9 แสดงความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของฮิสโตแกรมเท่ากับ 20 และมีค่าผลรวมของค่าฮิสโตแกรมยกกำลังสองเท่ากับ 8,470 ดังนั้นบริเวณบล็อคนี้อาจแสดงส่วนที่เป็นพื้นหลัง ในขณะที่รูปที่ 2.10 จะมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของฮิสโตแกรมเท่ากับ 180 และมีค่าผลรวมของค่าฮิสโตแกรมยกกำลังสองเท่ากับ 35,012 ดังนั้นบริเวณบล็อคนี้อาจแสดงส่วนที่เป็นลายนิ้วมือ โดยที่แกน x แสดงทิศทางหลักของแต่ละบล็อก ส่วนแกน y แสดงจำนวนฮิสโตแกรมของแต่ละทิศทาง



รูปที่ 2.9 ฮิสโตแกรมของบริเวณพื้นหลัง



รูปที่ 2.10 ฮิสโตแกรมของบริเวณที่เป็นลายนิ้วมือ

2. วิธีการทำภาพสองระดับโดยการหาตำแหน่งจุดแยกระดับเทาแบบเป็นส่วนๆ

วิธีหนึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้นเชิงระยะที่นิยมได้แก่ การทำภาพสองระดับโดยการหาตำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทา วิธีนี้อาศัยเทคนิคการหาตำแหน่งจุดแยกจากฮิสโตแกรมโดยกำหนดให้

$$f(x, y) = \begin{cases} 1; & f(x, y) \geq T \\ 0; & f(x, y) < T \end{cases} \quad (2.6)$$

โดยที่ $f(x, y)$ คือภาพที่นำมาหาตำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทา และ T เป็นค่าตำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทา

แต่ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะภาพลายนิ้วมือไม่เหมาะกับการหาตำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทาแบบที่ใช้กับภาพโดยทั่วไป ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการหาตำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทาเป็นส่วนๆ โดยการแบ่งภาพขนาด 256×256 จุดภาพให้เป็นบล็อกย่อยๆ ขนาด 16×16 บล็อก จำนวน 16×16 จุดภาพ แล้วทำการหาตำแหน่งจุดแยกของภาพระดับเทา $g_T(x, y)$ ในแต่ละบล็อกย่อยๆจาก

$$g_T(x, y) = \frac{1}{16^2} \sum_{i=0}^{15} \sum_{j=0}^{15} f(x-8+i, y-8+j) \quad (2.7)$$

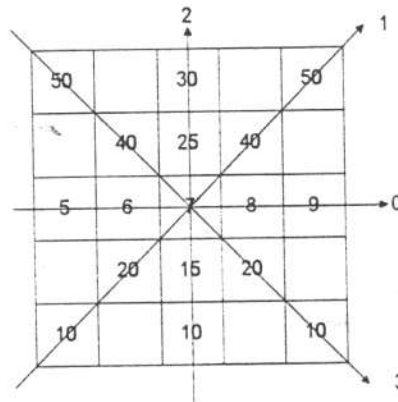
จากสมการที่ (2.7) เป็นการหาค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในแต่ละบล็อกโดยกำหนดให้ที่ตำแหน่งจุดภาพใดๆมีค่าความเข้มแสงมากกว่า $g_T(x, y)$ ให้ตำแหน่งจุดภาพนั้นเป็นสีขาว และถ้าจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มแสงน้อยกว่า $g_T(x, y)$ แล้วกำหนดให้ตำแหน่งจุดภาพนั้นเป็นสีดำ ดังนั้นภาพที่ผ่านขบวนการปรับปรุงภาพจะเป็นภาพขาวดำสองระดับ

2.3.3 ขั้นตอนการแยกคุณลักษณะ

การแยกคุณลักษณะเป็นขบวนการเพื่อลดขนาดของข้อมูลโดยการดึงเอาลักษณะที่โดดเด่นของสัญญาณเข้าออกมา ทั้งนี้ถึงแม้จะมีการลดขนาดข้อมูลแต่ยังคงคุณลักษณะหลักๆของข้อมูลเอาไว้ การแยกคุณลักษณะที่นิยมใช้กับการรู้จำลายนิ้วมือมี 2 วิธี คือ วิธีเข้ารหัสทิศทางและวิธีหาสนามทิศทาง

1. วิธีเข้ารหัสทิศทาง (Directional Image) วิธีนี้จะทำการแบ่งภาพเป็นบล็อกย่อยๆและจะทำการหาทิศทางหลัก (Dominant Direction) ในบล็อกย่อยนั้น ซึ่งสามารถคำนวณจากความ

เข้มของแสงจากระดับเทาของภาพโดยขั้นแรกกำหนดทิศทางย่อยๆของบล็อกนั้นเช่น ทิศทางที่ 0, 45, 90 และ 135 องศา แล้วหาค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในแต่ละทิศทาง ต่อจากนั้นทำการคำนวณหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยและความเข้มที่แต่ละจุดภาพในทิศทางย่อยๆ ซึ่งทิศทางหลักของบล็อกนั้นๆคือทิศทางย่อยที่ให้ค่าผลรวมที่มีค่าต่ำสุด



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการเข้ารหัสทิศทางภาพลายนิ้วมือขนาด 5x5 จุดภาพ

รูปที่ 2.11 เป็นตัวอย่างการการคำนวณหาทิศทางหลักของบล็อกย่อยขนาด 5 x 5 จุดภาพ โดยกำหนดให้ใช้ทิศทางในการคำนวณ 4 ทิศทาง ทิศทางที่ 0 จะมีค่าความเข้มของแสงเป็น 5,6,7,8,9 ซึ่งหาค่าเฉลี่ยในทิศทางนี้เท่ากับ 7 และหาค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าความเข้มในในทิศทางย่อยจาก $\sum_{i=0}^5 |x_i - \bar{x}|$ จะได้ผลรวมของค่าสัมบูรณ์เท่ากับ 6 และในทำนองเดียวกันเราสามารถหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าความเข้มในในทิศทางย่อยที่ 1, 2 และ 3 ได้เป็น 78.4, 40.1 และ 12.8 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าผลในทิศทางที่ 0 จะมีค่าต่ำที่สุดและจะถูกเลือกให้เป็นทิศทางหลักของบล็อกย่อยนี้

2. วิธีการหาสนามทิศทาง เป็นการมองภาพลายนิ้วมือจากทิศทางการไหลของลายเส้น (Ridge Flow) และคำนวณหาทิศทางที่เด่นที่สุดในบล็อกย่อยๆซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) หาค่าเกรเดียน (Gradient) ของบล็อก จากนิยามของเกรเดียนสามารถเขียนแทนด้วย $\nabla f(x, y)$:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

ขนาดของเวกเตอร์หาได้จาก

$$|\nabla f| = \text{mag}(\nabla f) = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

แล้วทำการคำนวณหาค่า $G_x(i, j)$ และ $G_y(i, j)$ ได้จากความสัมพันธ์ของตำแหน่งใกล้เคียงโดยการกำหนดหน้าต่างขนาด 3x3 (ดูรูปที่ 2.12 ก)) โดยทำการหาค่าประมาณที่จุด z_5 จาก Prewitt Operators (Gonzalez and Woods, 1994) จะได้ว่า

$$|\nabla f| \approx |(z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3)| + |(z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7)| \quad (2.10)$$

ในการคำนวณหาค่าเกรเดียนโดยวิธีหาสนามทิศทางจะใช้ Sobel Mask ขนาด 3x3 (ดูรูปที่ 2.12 ข) และ ค)) โดยการทำคอนโวลูชันกับภาพ ซึ่งจะได้นิยามภาพเกรเดียน $G_x(i, j)$ และ $G_y(i, j)$ ในทิศทาง x และ y ตามลำดับดังนี้

$$G_x(i, j) = |(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)| \quad (2.11)$$

$$G_y(i, j) = |(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)| \quad (2.12)$$

z1	z2	z3
z4	z5	z6
z7	z8	z9

(ก)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(ข)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(ค)

รูปที่ 2.12 Sobel Mask ขนาด 3x3 (ก) แสดงตำแหน่งของภาพแทนด้วยสัญลักษณ์ Z (ข) หน้าต่างขนาด 3x3 ที่ใช้ในการหา G_x และ (ค) หน้าต่างขนาด 3x3 ที่ใช้ในการหา G_y

- 2) แบ่งภาพเป็นบล็อกย่อยๆ ขนาด $N \times N$ ในที่นี้กำหนดให้เป็นบล็อกขนาด 16x16 ($N = 16$) แล้วหาทิศทางที่เด่นที่สุดในแต่ละบล็อกโดยใช้สมการ

$$\theta_d = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N 2G_x(i, j)G_y(i, j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (G_x(i, j)^2 - G_y(i, j)^2)} \right) \quad (2.13)$$

เมื่อ $G_x(i, j)$ และ $G_y(i, j)$ มีค่าไม่เท่ากับ 0 แต่ถ้า $G_x(i, j)$ หรือ $G_y(i, j)$ เป็นศูนย์ ทิศทางที่ได้อาจเป็น 0 หรือ 90 องศาแล้วแต่กรณี ค่า θ_d ที่คำนวณได้จะเป็นค่าทิศทางหลักของบล็อคนั้นๆ ซึ่งมีค่าระหว่าง $-\pi/2$ ถึง $\pi/2$ ซึ่งต้องทำการปรับค่า θ_d ให้เหมาะสมเพื่อกำหนดเป็นทิศทางหลักโดยการกำหนดช่วงค่า เช่น ถ้า θ_d มีค่าอยู่ระหว่าง $-\pi/16$ ถึง $\pi/16$ ให้ทิศทางหลักเท่ากับ 0 และถ้า θ_d มีค่าอยู่ระหว่าง $\pi/16$ ถึง $3\pi/16$ ให้ทิศทางหลักเท่ากับ $2\pi/16$ เป็นต้น

2.3.4 ขั้นตอนการรู้จำ

ขั้นตอนนี้เป็นการนำคุณลักษณะของภาพที่ได้ไปทำการรู้จำเพื่อทำการจำแนกหรือจับคู่ลายนิ้วมือ ซึ่งวิธีการจำแนกหรือจับคู่ลายนิ้วมือมีหลายวิธี เช่น วิธีหาใช้ความสัมพันธ์ (Correlation) วิธีหาความสัมพันธ์จากตำแหน่งใกล้เคียง (Nearest Neighbour) วิธีไวยากรณ์ วิธีทางสถิติ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น แล้ววิธีที่นิยมใช้กับการจับคู่ลายนิ้วมือสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธีใหญ่ๆ (Blue et al., 1994) ได้แก่ วิธีที่จับคู่โดยอาศัยลักษณะโครงสร้างของเส้น ซึ่งจะใช้คุณสมบัติของเส้นที่เรียกว่า *String* และ *Primitive* วิธีที่สองคือวิธีไวยากรณ์ที่ใช้สัญลักษณ์ของตัวอักษรแทนลักษณะลายเส้นโดยการสร้างกฎขึ้นมาจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมลักษณะลายนิ้วมือแบบต่างๆ เช่นวิธีที่เรียกว่า *Context Free Grammar* และวิธีที่สามคือวิธีโครงข่ายประสาทเทียม สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมใช้ อาทิเช่น วิธี Hopfield Nets, วิธี Neocognitron และ วิธี Boltzmann Machine แต่ในการทดสอบการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) จะนิยมใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ

วิธีโครงข่ายประสาทเทียมเป็นการนำภาพที่ได้จากขบวนการแยกลักษณะมาใช้ในการสอนโครงข่ายให้มีการจดจำรูปแบบไว้ ซึ่งโครงข่ายจะเก็บคุณลักษณะของข้อมูลในแต่ละแบบไว้ในรูปของน้ำหนัก (Weight) ต่อจากนั้นจะทดสอบการรู้จำโดยนำภาพลายนิ้วมือแบบต่างๆ เข้าไปเพื่อทดสอบการรู้จำของโครงข่าย ซึ่งจะให้คำตอบแสดงว่าลายนิ้วมือนั้นๆ เป็นใคร ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 3 และ 4 ต่อไป