



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การเพิกถอนคุณลักษณะของถาปนัวมืดด้วยวิธีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม

โดย นางสาวแวแอะซะ หะยีสอเฮะ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตรบัณฑิตสาขามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตยวงษ์)

12 ตุลาคม 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุง มีสัจ)

การเพิ่มพูนคุณลักษณะของถาขนี้วมือด้วยวิธีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม

นางสาวแวงแะเซาะ หะยีสอเฮาะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ISBN 974-19-086-2
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาวแวอาเฮาะะ หะยีฮอเฮาะ
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การเพิ่หาคณตักษณะของลายนิ้วมือด้ววิธีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม
สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิคย์สุวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

ระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือถูกใช้ในการพิสูจน์ตัวบุคคล เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุ จึงเป็นเทคนิคการหาเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่เชื่อถือได้ ในสมัยก่อนมีการจัดเก็บลายนิ้วมือของประชากรด้วยการจัดกลุ่มลายนิ้วมือของบุคคลจำนวนมากไว้ด้วยกัน แต่เมื่อเก็บสะสมไว้เป็นจำนวนมากก็เกิดความยุ่งยากในการตรวจสอบค้นหา ทำให้ระบบตรวจสอบด้วยมือคนมีความผิดพลาดมากขึ้น จึงทำให้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยสืบค้นลายนิ้วมือ ในงานวิจัยนี้การเห็นว่าคุณลักษณะของลายพิมพ์นิ้วมือนั้นด้วยวิธีเวฟเลททรานส์ฟอร์มเป็นการหาค่าตัวแทนลายนิ้วมือ เพื่อนำมาใช้เป็นดัชนีในการสืบค้น โดยการนำภาพลายนิ้วมือ มาทำการแปลงเวฟเลทโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet เป็นฟังก์ชันพื้นฐาน ทำการแปลง 3 ระดับ ผลของการแปลงเวฟเลทจะได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งเป็นเลขจำนวนจริง จากนั้นแปลงชนิดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็ม นำไปหาค่า Co-occurrence Matrix และนำค่าที่ได้ไปค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ในขั้นตอนการรู้จำก็กระทำตามวิธีข้างต้นเช่นกัน แล้วนำคุณลักษณะของลายนิ้วมือสืบค้น มาเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของลายนิ้วมือในฐานข้อมูล ผลจากการศึกษาพบว่าคุณลักษณะ Contrast มีความสามารถในการจำแนกตัวบุคคลได้ดีกว่าคุณลักษณะอื่น

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 80 หน้า)

คำสำคัญ : คุณลักษณะของลายนิ้วมือ, เวกเตอร์ฐานสัฟฟอร์ม, โคออดิเนตเร็นซ์เมตริกซ์



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

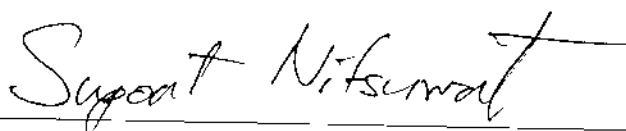
Name : Miss Waeacsoh Hayisohoh
Thesis Title : Fingerprint Feature Extraction Using Wavelet Transform
Major Field : Computer Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Assistant Professor Dr. Supot Nitsuwat
Assistant Professor Dr. Kuntpong Woraratpanya
Academic Year : 2006

Abstract

Fingerprint matching system is used for identifying persons, because it does not depend on age. In the past, we collected and grouped the human fingerprints manually. This had brought about a trouble in searching and locating an individual fingerprint. As a result, there always were mistakes happened in identification process. Nowadays, computer software and hardware have been applied to this job. Searching and locating fingerprint has been much easier than before. This study was to verify fingerprint characteristic using wavelet transform to create a fingerprint index. Fingerprints had been transformed into frequency domain with three levels using Discrete Meyer Wavelet as a basis function. As a result, we come up with a wavelet coefficient, which was truncated into integer format, and then find a cooccurrence matrix in order to generate six fingerprint features. The above mentioned processes then were repeated again on the to be tested fingerprint in the recognition step before comparing with the ones in computer database. The result of this study indicated that a 'contrast' features was the best one, among several features.

(Total 80 pages)

Keywords : Fingerprint Feature, Wavelet Transform, Co-occurrence Metrix



Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวรรณ ที่ให้ความรู้ ดูแลเอาใจใส่ และให้คำปรึกษาแนวทางการทำวิทยานิพนธ์จนบรรลุผลสำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา ที่คอยให้คำแนะนำในขั้นตอนการทดลองและช่วยแก้ไขโปรแกรมให้ถูกต้อง

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนญาติพี่น้อง พี่ ๆ ที่ทำงานและเพื่อน ๆ ที่คอยช่วยเหลือให้กำลังใจ และให้เวลาในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จด้วยดี และขอบคุณคุณชาลินทร์ เกรียงสินยศ และร้อยตรีอิสรีย์ อัสมะแอ ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกทุกอย่าง

แวนแอเซาะ หะยีสอเฮาะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 คำจำกัดความในการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การแปลงเวฟเลท	3
2.2 การหาลักษณะเด่นจากถดถอย	6
2.3 การหาค่าความต่าง	11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1 ขั้นตอนการเพิ่้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ	15
3.2 ขั้นตอนการทดสอบค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	22
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัย	23
4.1 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	23
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของลักษณะเด่น	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
5.1 สรุปผลการวิจัย	76
5.2 ข้อเสนอแนะ	77
เอกสารอ้างอิง	78
ประวัติผู้วิจัย	79

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 ภาพลายนิ้วมือ	15
4-1 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Soraya ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	23
4-2 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Nisa ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	24
4-3 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Phaka ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	24
4-4 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Daranee ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	24
4-5 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Burin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	24
4-6 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	25
4-7 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Komsan ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	25
4-8 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Methee ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	25
4-9 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Rungroj ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	25
4-10 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Salinee ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	26
4-11 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Somsak ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	26
4-12 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Alisa ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	26
4-13 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Som ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	26
4-14 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vichai ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	27
4-15 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Veera ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	27
4-16 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanya ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	27
4-17 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Parita ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	27
4-18 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupa ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	28
4-19 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	28
4-20 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Naree ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca	28
4-21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมีย่าน Ca ระดับที่ 1	29
4-22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมีย่าน Ca ระดับที่ 2	30
4-23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมีย่าน Ca ระดับที่ 3	31
4-24 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Soraya ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	41
4-25 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Nisa ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	41
4-26 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Phaka ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-27 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Darance ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	42
4-28 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Burin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	42
4-29 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	42
4-30 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Komsan ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	42
4-31 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Methee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	43
4-32 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Rungroj ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	43
4-33 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Salinee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	43
4-34 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Somsak ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	43
4-35 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Alisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	44
4-36 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Sorn ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	44
4-37 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vichai ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	44
4-38 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Veera ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	44
4-39 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanya ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	45
4-40 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Parita ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	45
4-41 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	45
4-42 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	45
4-43 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Naree ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv	46
4-44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1	46
4-45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 2	47
4-46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 3	48
4-47 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Soraya ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	58
4-48 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Nisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	58
4-49 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Phaka ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	58
4-50 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Daranee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	59
4-51 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Burin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	59
4-52 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	59
4-53 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Komsan ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-54 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Methee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	60
4-55 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Rungroj ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	60
4-56 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Salinee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	60
4-57 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Somsak ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	60
4-58 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Alisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	61
4-59 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Sorn ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	61
4-60 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vichai ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	61
4-61 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Veera ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	61
4-62 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanya ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	62
4-63 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Parita ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	62
4-64 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	62
4-65 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	62
4-66 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Naree ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv	63
4-67 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1	63
4-68 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 2	64
4-69 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 3	65
4-70 ผลการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือสืบค้นกับคุณลักษณะของลายนิ้วมือในฐานข้อมูล	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 เวฟเลทแม่แบบ Morlet	3
2-2 เวฟเลทแม่ชนิดต่าง ๆ (ก) เวฟเลทแม่แบบ Daubechies (ข) เวฟเลทแม่แบบ Coiflet (ค) เวฟเลทแม่แบบ Haar (ง) เวฟเลทแม่แบบ Symmlet	4
2-3 การแปลงเวฟเลท 3 ระดับ	5
2-4 การแปลงแบบ Forward Wavelet Transform	5
2-5 การแปลงแบบ Inverse Wavelet Transform	6
2-6 ความเข้มแสงของภาพขนาด 4×4	7
2-7 สมาชิกของ g_{11}	8
2-8 สมาชิกของ g_{12}	8
3-1 แผนผังการดำเนินงานขั้นตอนการค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ	14
3-2 การแปลงเวฟเลท ระดับที่ 1	21
3-3 การแปลงเวฟเลท ระดับที่ 2	21
3-4 การแปลงเวฟเลท ระดับที่ 3	21
4-1 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	32
4-2 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	32
4-3 ค่าเฉลี่ย MaxProbability ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	33
4-4 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	33
4-5 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	34
4-6 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	34
4-7 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	35
4-8 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	35
4-9 ค่าเฉลี่ย MaxProbability ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	36
4-10 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	36
4-11 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	37
4-12 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	37
4-13 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	38
4-14 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-42 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1	68
4-43 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	69
4-44 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	69
4-45 ค่าเฉลี่ย MaxProbability ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	70
4-46 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	70
4-47 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	71
4-48 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2	71
4-49 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	72
4-50 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	72
4-51 ค่าเฉลี่ย MaxProbability ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	73
4-52 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	73
4-53 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	74
4-54 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3	74

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือถูกใช้ในการพิสูจน์ตัวบุคคล หรือใช้เป็นหลักฐานในการยืนยันความถูกต้องมาช้านาน เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุ จึงเป็นเทคนิคการหาเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่เชื่อถือได้ ในสมัยก่อนที่ยังไม่มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากนัก มีการจัดเก็บลายนิ้วมือของประชากรเพื่อการจัดกลุ่มลายนิ้วมือของบุคคลจำนวนมากไว้ด้วยกัน แต่เมื่อเก็บสะสมไว้เป็นจำนวนมากก็เกิดความยุ่งยากในการตรวจสอบค้นหา เพราะปริมาณงานที่มีเข้ามาในวันหนึ่ง ๆ ทำให้ระบบตรวจสอบด้วยมือคนเริ่มเกิดความผิดพลาดมากขึ้น คุณภาพของงานไม่คงที่แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำลายนิ้วมือแฝงที่ได้มาจากสถานที่เกิดเหตุเข้าตรวจสอบกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือนับล้านนิ้ว โดยใช้แรงคนค้นหาเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก จึงทำให้เกิดเทคนิคการจับคู่ลายนิ้วมือด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจสอบความจริงของตัวบุคคลขึ้น อย่างไรก็ตามการจับคู่ลายนิ้วมือนั้นกระทำได้โดยการเปรียบเทียบลักษณะเด่น (Feature) ที่ค้นหาได้โดยตรงจากลายนิ้วมือ การค้นหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ (Fingerprint Feature Extraction) ของแต่ละบุคคลจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้รู้ว่าลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลมีจุดไหนบ้างที่บอกถึงลักษณะเด่นของบุคคลนั้น ๆ และรูปแบบของลายนิ้วมือของแต่ละคนมีความซับซ้อนแตกต่างกัน บางคนนอกจากจะมีลายนิ้วมือที่ซับซ้อนแล้ว อาจจะมีตำหนิต่าง ๆ บนลายนิ้วมือ จึงจำเป็นที่จะต้องมียุทธวิธีที่ดีในการค้นหาลักษณะเด่นและบันทึกจุดสำคัญ ๆ บนลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลเก็บไว้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีการค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือด้วยวิธี Wavelet Transform

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นภาพ Binary ขนาด 128x128 Pixel ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือแล้ว

1.3.2 พิจารณาลายนิ้วมือว่าเป็นลวดลาย (Texture) ของภาพ ไม่ได้พิจารณาแบบเป็นลายเส้น Minutiae

1.3.3 คุณลักษณะที่ค้นหา คือ Energy, Entropy, Contrast, Homogeneity, Correlation และ Maximum Probability ของทั้งภาพ

1.4 จำกัดความในการวิจัย

1.4.1 ภาพลายนิ้วมือ หมายถึง ลายนิ้วมือที่ได้จากเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

1.4.2 Co-occurrence Matrix หมายถึง เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ทางตำแหน่งของข้อมูลที่มีต่อเพื่อนบ้านที่อยู่ติดกันในทิศทางและระยะทางที่กำหนด

1.4.3 การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) หมายถึง การแปลงสัญญาณจากการนำเสนอทางตำแหน่งเป็นการนำเสนอทางความถี่ โดยการกรองความถี่แบบความถี่ต่ำผ่านและแบบความถี่สูงผ่านโดยใช้ฟังก์ชันฐานที่มีคุณสมบัติแบบ Wavelet แล้วทำ Sub-Sampling จนได้สัญญาณย่อย 4 ย่านความถี่

1.4.4 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ หมายถึง ค่าคุณลักษณะของลายนิ้วมือที่สามารถใช้เป็นดัชนีในการสืบค้นข้อมูลภาพได้

1.4.5 ข้อมูลสืบค้น หมายถึง ค่าคุณลักษณะของลายนิ้วมือที่จะนำมาพิสูจน์ทราบโดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าคุณลักษณะของลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ได้ขั้นตอนวิธีการค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือที่มีประสิทธิภาพ

1.5.2 สามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในกระบวนการแยกประเภทของลายนิ้วมือต่อไปได้

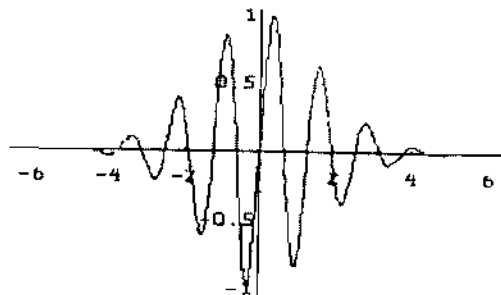
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาขั้นตอนวิธีการเพื่อกำหนดลักษณะของลายนิ้วมือด้วยวิธี Wavelet Transform ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform)

เวฟเลตเป็นขบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เซตของสัญญาณที่มีลักษณะเฉพาะเป็นองค์ประกอบพื้นฐานซึ่งเรียกว่า เซตของเวฟเลต (Wavelet Set) ซึ่งสมาชิกจะมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เป็นสัญญาณที่เกิดจากต้นแบบเดียวกัน ต้นแบบของสัญญาณจะเรียกว่า เวฟเลตแม่ (Mother Wavelet) เวฟเลตจะมีคุณสมบัติเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ กล่าวคือเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีขนาดลดลงสู่ศูนย์ ดังภาพที่ 2-1



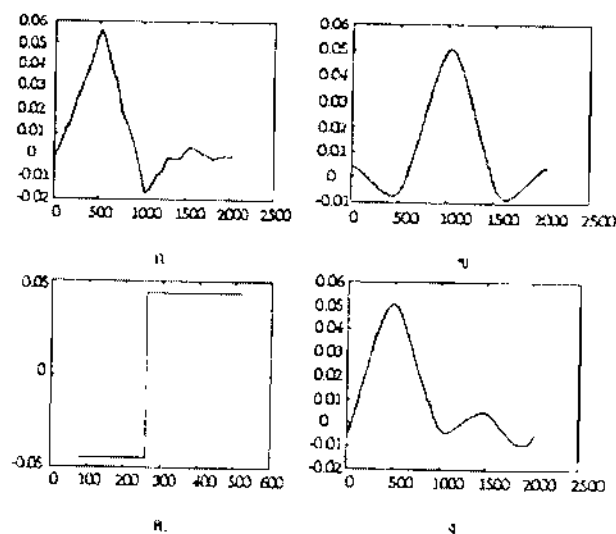
ภาพที่ 2-1 เวฟเลตแม่แบบ Morlet

เวฟเลตแม่จะถูกนำไปสร้างเป็นสมาชิกตัวอื่นๆ ในเซตของเวฟเลตโดยสมาชิกตัวอื่นๆ ได้มาจากเวฟเลตแม่ที่ถูก “ย่อ/ขยาย” (Scaling : a) และ “เลื่อนตำแหน่ง” (Translation : b) ไปตามแกนของเวลา ดังสมการที่ 2-1 เวฟเลตแม่มีหลายชนิด ดังภาพที่ 2-2 ก. เป็นเวฟเลตแม่แบบ Daubechies, ข. เป็นเวฟเลตแม่แบบ Coiflet, ค. เป็นเวฟเลตแม่แบบ Haar และ ง. เป็นเวฟเลตแม่แบบ Symmlet ตามลำดับ

$$g_{b,a}(t) = g\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2-1)$$

โดยที่ a คือ ค่าอัตราส่วนของการย่อ/ขยาย

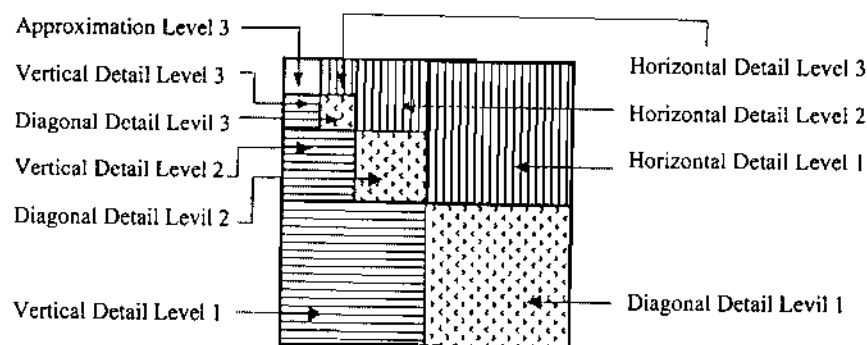
b คือ ค่าการเลื่อนตำแหน่ง



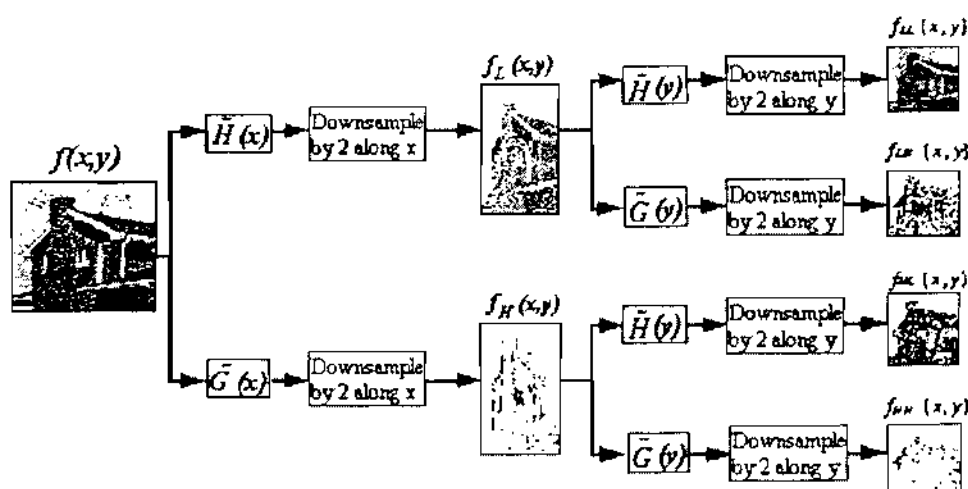
ภาพที่ 2-2 เวฟเลทแม่ชนิดต่าง ๆ (ก) เวฟเลทแม่แบบ Daubechies (ข) เวฟเลทแม่แบบ Coiflet
(ค) เวฟเลทแม่แบบ Haar (ง) เวฟเลทแม่แบบ Symmlet

ในการวิจัยเลือกใช้วิธีการแปลงภาพแบบเวฟเลท ชนิด Discrete Meyer Wavelet โดยเป็นการแปลงภาพแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ โดยที่แต่ละส่วนนั้นมีองค์ประกอบในเชิงความถี่ที่แตกต่างกันออกไป เวฟเลทเป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของภาพจากหยาบไปละเอียด ซึ่งการแปลงแบบอื่นข้อมูลหลังจากการแปลงจะไม่มีความสัมพันธ์กันกับภาพต้นฉบับเลย โดยจะทำการแยกส่วนประกอบของภาพในลักษณะเชิงลำดับชั้น (Hierarchical) ที่จะแยกส่วนประกอบของภาพแบบเรียกซ้ำ (Recursive) และเปลี่ยนข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปข้อมูลความถี่ โดยผ่านตัวกรองสัญญาณแบบ High Pass และตัวกรองสัญญาณแบบ Low Pass ส่วนที่ผ่านตัวกรองสัญญาณแบบ High Pass คือข้อมูลบริเวณความถี่สูงหรือรายละเอียดของข้อมูลที่มีความละเอียดน้อย และส่วนที่ผ่านตัวกรองสัญญาณแบบ Low Pass คือข้อมูลบริเวณความถี่ต่ำหรือรายละเอียดของข้อมูลที่มีความละเอียดมาก ตัวกรองสัญญาณจะต้องเป็น “Perfect Reconstruction Filters” ซึ่งหมายความว่าความผิดเพี้ยนใดๆ ที่เกิดจากการแปลง Forward จะถูกยกเลิกด้วยการแปลง Inverse

จากภาพที่ 2-4 แสดงการแปลงแบบ Forward Wavelet Transform ของภาพ โดยเริ่มจากภาพต้นฉบับ $f(x,y)$ ผ่านการกรองสัญญาณทางแกน x ผลที่ได้เป็นภาพ Lowpass Image $f_L(x,y)$ และ Highpass Image $f_H(x,y)$ ซึ่งจะทำให้ $f_L(x,y)$ และ $f_H(x,y)$ ทางแกน x ถูกแบ่งครึ่ง Bandwidth ของสัญญาณ และทำ Downsample โดยไม่มีการสูญเสียข้อมูล จากนั้นทั้ง $f_L(x,y)$ และ $f_H(x,y)$ จะถูกกรองสัญญาณทางแกน y ผลลัพธ์ได้ 4 ภาพย่อย (Sub Image) ประกอบด้วย $f_{LL}(x,y)$, $f_{LH}(x,y)$, $f_{HL}(x,y)$, $f_{HH}(x,y)$ และทำ Downsample ภาพย่อยอีกครั้ง ซึ่งเราจะแยกส่วนประกอบภาพเป็น $f_{LL}(x,y)$ (Approximation Signal หรือ Lowpass-Lowpass) อีก 3 ภาพย่อย คือ Detail Signal ได้แก่ $f_{LH}(x,y)$ (Horizontal Detail หรือ Lowpass-Highpass), $f_{HL}(x,y)$ (Vertical Detail หรือ Highpass-Lowpass) และ $f_{HH}(x,y)$ (Diagonal Detail หรือ Highpass-Highpass)



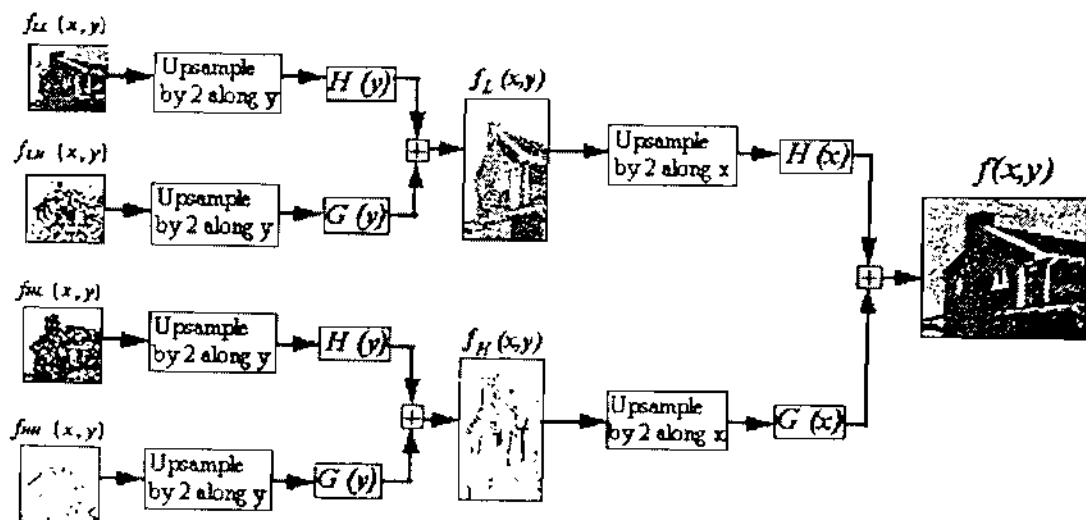
ภาพที่ 2-3 การแปลงเวฟเลต 3 ระดับ



ภาพที่ 2-4 การแปลงแบบ Forward Wavelet Transform

หลังจากการแปลงภาพแบบเวฟเลตแล้ว จะได้เมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์ที่ประกอบด้วย สัญญาณค่าเฉลี่ย (Approximation Signal) และสัญญาณรายละเอียด (Detail Signal) จากนั้นทำการควอนไทซ์ผลลัพธ์จากการแปลงเพื่อลดจำนวนข้อมูลสัมประสิทธิ์ลง

ส่วนการแปลงแบบ Inverse Wavelet Transform ของภาพเป็นกระบวนการย้อนกลับจากการแปลงแบบ Forward Wavelet Transform โดยเริ่มจากนำสัญญาณค่าเฉลี่ยและสัญญาณรายละเอียดมาทำอัพแซมเปิลทางแกน y ด้วยตัวกรองสัญญาณแบบ Lowpass Inverse Filter และตัวกรองสัญญาณแบบ Highpass Inverse Filter ทั้ง 4 ภาพ การทำอัพแซมเปิลจะกระทำโดยการใส่ค่า 0 ระหว่างคู่ของค่าสัญญาณในแกน y หลังจากนั้นจะทำการอัพแซมเปิลทางแกน x และสร้างภาพกลับขึ้นมาใหม่ ดังภาพที่ 2-5 [5], [7, 8, 9]



ภาพที่ 2-5 การแปลงแบบ Inverse Wavelet Transform

2.2 การหาลักษณะเด่นจากลวดลาย

ลวดลาย [6], [10] เป็นเนื้อหาที่เด่นและได้ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายและแปลความหมายภาพ ใช้สืบค้นภาพในฐานข้อมูล รวมทั้งใช้เพื่อการแยกกลุ่มภาพ (Image Classification) มาเป็นเวลานาน ลักษณะที่สำคัญของลวดลายคือลักษณะที่ซ้ำ ๆ กันของรูปแบบพื้นฐาน (Fundamental Patterns) ดังนั้นลวดลายจึงต้องพิจารณาจากกลุ่มของจุดภาพที่อยู่ติดกันซึ่งมีลักษณะของค่าความเข้มตามเงื่อนไขที่กำหนดซึ่งเรียกว่า Texture Primitives หรือ Texture Elements หรือ Texels ปริมาณที่นิยมใช้เพื่ออธิบายลักษณะของลวดลายที่สำคัญ คือ ความคมชัด (Contrast) ความสม่ำเสมอ (Uniformity) ความหยาบ (Coarseness) ความขรุขระ (Roughness) ความเป็นระเบียบ (Regularity)

ความถี่ (Frequency) ความหนาแน่น (Density) ทิศทาง (Directionality) เป็นต้น ต่อไปนี้เป็นวิธีการเพื่อใช้คำนวณหาปริมาณเหล่านี้โดยใช้ปริมาณทางสถิติ (Statistical Texture Description Methods)

2.2.1 Spatial Frequencies เป็นการอธิบายลักษณะของลวดลายโดยใช้ลักษณะทางตำแหน่ง (Spatial Characteristic) เป็นหลักโดยใช้

2.2.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์จาก Autocorrelation Function กล่าวคือลวดลายที่ละเอียดจะมีความถี่ทางตำแหน่งสูง (เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว) ค่าของ Autocorrelation Function ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ส่วนลวดลายที่หยาบจะมีความถี่ต่ำ ค่าของ Autocorrelation Function ลดลงอย่างช้าๆ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น

2.2.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์จากการทำการแปลงแบบ Fourier, Gabor Filter Banks และ Wavelet

2.2.2 Co-occurrence Matrix เป็นการอธิบายลักษณะของลวดลายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง Texture Primitives ที่อยู่ติดกันในทิศทางและระยะทางที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้า Texture Primitives ของลวดลายคือค่าความเข้มแสงของภาพขนาด 4×4 ดังแสดงในภาพที่ 2-6 กำหนดให้เมตริกซ์ A แทนชุดค่าของข้อมูลที่มีขนาด 4×4 ดังสมการที่ 2-2

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

ภาพที่ 2-6 ความเข้มแสงของภาพขนาด 4×4

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & -2 & 1 \\ 1 & -1 & -2 & -2 \\ 0 & 2 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

จะเห็นว่าค่าต่ำสุดของสมาชิกในเมตริกซ์ A คือ -2 (นั่นคือ $\min = -2$) ค่าสูงสุดของสมาชิกในเมตริกซ์ A คือ 2 (นั่นคือ $\max = 2$) จะได้ Co-occurrence Matrix ขนาด 5×5

(มาจาก $\max - \min + 1 = 2 - (-2) + 1 = 5$) ดังสมการที่ 2-3

$$C_d = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} & g_{15} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & g_{25} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & g_{35} \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & g_{45} \\ g_{51} & g_{52} & g_{53} & g_{54} & g_{55} \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

จากนั้นพิจารณาหาค่า g_{ij} = จำนวนสมาชิกของ $\{(a_{r,c}, a_{r+1,c+1})$ โดยที่

$(a_{r,c}, a_{r+1,c+1}) = (-3+i, -3+j), r = 1, 2, 3$ และ $c = 1, 2, 3\}$

ค่า g_{11} จะพิจารณาจากจำนวนของสมาชิก $(a_{r,c}, a_{r+1,c+1}) = (-2, -2)$ จะได้ $g_{11} = 2$ ดังภาพที่ 2-7

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

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

ภาพที่ 2-7 สมาชิกของ g_{11}

ค่า g_{12} จะพิจารณาจากจำนวนของสมาชิก $(a_{r,c}, a_{r+1,c+1}) = (-2, -1)$ จะได้ $g_{12} = 1$ ดังภาพที่ 2-8

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

ภาพที่ 2-8 สมาชิกของ g_{12}

ค่า g_{13} จะพิจารณาจากจำนวนของสมาชิก $(a_{r,c}, a_{r+1,c+1}) = (-2, 0)$ จะได้ $g_{13} = 0$ (เนื่องจากไม่พบความสัมพันธ์ที่กำหนด)

ค่า g_{14} จะพิจารณาจากจำนวนของสมาชิก $(a_{r,c}, a_{r+1,c+1}) = (-2, 1)$ จะได้ $g_{14} = 0$ (เนื่องจากไม่พบความสัมพันธ์ที่กำหนด)

จำนวนในลักษณะเดียวกันนี้จนถึง g_{55} โดย

ค่า g_{55} จะพิจารณาจากจำนวนของสมาชิก $(a_{r,c}, a_{r+1,c+1}) = (2, 2)$ จะได้ $g_{55} = 0$ (เนื่องจากไม่พบความสัมพันธ์ที่กำหนด)

ดังนั้นจะได้ Co-occurrence Matrix ดังสมการ 2-4

$$C_d = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

กำหนดให้ $C_d = [g_{ij}]_{m \times m}$ เป็น Co-occurrence Matrix ของเมตริกซ์ A (2-5)

และ $N_d = [h_{ij}]_{m \times m}$ โดยที่ $h_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m g_{ij}}$ (2-6)

เรียกเมตริกซ์ N_d นี้ว่า Normalized Co-occurrence Matrix ของเมตริกซ์ A
จาก Co-occurrence Matrix สามารถคำนวณหาค่าคุณลักษณะของลวดลายได้ดังนี้

$$\text{Energy} = \sum_{i,j} P_{\phi,d}^2(i, j) \quad (2-7)$$

$$\text{Entropy} = \sum_{i,j} P_{\phi,d}(i, j) \log P_{\phi,d}(i, j) \quad (2-8)$$

$$\text{Maximum Probability} = \max_{i,j} P_{\phi,d}(i,j) \quad (2-9)$$

$$\text{Contrast} = \sum_{i,j} |i-j|^K P_{\phi,d}^\lambda(i,j) \quad \text{โดย } K=2, \lambda=1 \quad (2-10)$$

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i,j,i \neq j} \frac{P_{\phi,d}^\lambda(i,j)}{|i-j|^K} \quad (2-11)$$

$$\text{Correlation} = \frac{\sum_{i,j} [(ij)P_{\phi,d}(i,j)] - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2-12)$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่} \quad \mu_x &= \sum_i i \sum_j P_{\phi,d}(i,j), \quad \mu_y = \sum_j j \sum_i P_{\phi,d}(i,j) \\ \sigma_x &= \sqrt{\sum_i (i - \mu_x)^2 \sum_j P_{\phi,d}(i,j)}, \quad \sigma_y = \sqrt{\sum_j (j - \mu_y)^2 \sum_i P_{\phi,d}(i,j)} \end{aligned}$$

2.2.3 Edge Frequency เป็นการอธิบายลวดลาย โดยใช้ความถี่ของการเกิดเส้นขอบโดยใช้ Gradient ของทุกจุดภาพ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของค่า Gradient ในทิศทางที่กำหนดให้ และสุดท้ายจะได้คุณลักษณะของลวดลายต่อไปนี้

2.2.3.1 Dimensionality ได้จากจำนวนค่าระยะทาง d ที่ใช้ไปทั้งสิ้นเพื่อการคำนวณค่า Gradient

2.2.3.2 Coarseness ได้จากจำนวนเส้นขอบ

2.2.3.3 Contrast ได้จากขนาดของค่า Gradient ของเส้นขอบ

2.2.3.4 Randomness ได้จาก Entropy ของขนาดของ Histogram ของเส้นขอบ

2.2.3.5 Directivity ได้จาก Entropy ของขนาดของ The Edge-direction Histogram ของเส้นขอบ

2.2.3.6 Linearity ได้จากค่า Co-occurrences ของจุดภาพที่เป็นเส้นขอบในทิศทางเดียวกับทิศทางของเส้นขอบและระยะทางที่กำหนดให้

2.2.3.7 Periodicity ได้จากค่า Co-occurrences ของจุดภาพที่เป็นเส้นขอบในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของเส้นขอบและระยะทางที่กำหนดให้

2.2.3.8 Size ได้จากค่า Co-occurrences ของจุดภาพที่เป็นเส้นขอบในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของเส้นขอบและระยะทางที่กำหนดให้

2.2.4 Primitive Length เป็นการนับจำนวนจุดภาพที่มีค่าความเข้มเท่ากันหรือใกล้เคียงกันถ้ามีจำนวนมากแสดงว่าเป็นลวดลายหยาบ ถ้ามีจำนวนน้อยแสดงว่าเป็นลวดลายละเอียด ถ้าให้ $B(a,r)$ เป็นจำนวน Texture Primitive ที่มีค่าความเข้ม a และความยาว r , N_r เป็นความยาวสูงสุดของ Texture Primitive, M, N เป็นขนาดของภาพ และ L เป็นจำนวนของค่าความเข้มในภาพ จะได้

$$\text{The total number of runs } K = \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} B(a, r) \quad (2-13)$$

$$\text{Short primitive emphasis } \frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} \frac{B(a, r)}{r^2} \quad (2-14)$$

$$\text{Short primitive emphasis } \frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} B(a, r) r^2 \quad (2-15)$$

$$\text{ความสม่ำเสมอของค่าความเข้มแสง } \frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \left(\sum_{r=1}^{N_r} B(a, r)^2 \right) \quad (2-16)$$

$$\text{ความสม่ำเสมอของ Primitive Length } \frac{1}{K} \sum_{r=1}^{N_r} \left(\sum_{a=1}^L B(a, r)^2 \right) \quad (2-17)$$

$$\text{Primitive percentage } \frac{K}{\sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} r B(a, r)} \quad (2-18)$$

2.2.5 Mathematical Morphology เป็นการกระทำที่ใช้รูปร่าง (Shape) และเรขาคณิตเป็นหลัก ในการคำนวณ คณิตศาสตร์ที่ใช้คือ ทฤษฎี Point Set, Integral Geometry และ Topology คำอธิบายหลักการที่สำคัญของกระบวนการนี้โดยย่อ คือ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพ และ Point Set (B) ซึ่งเรียกว่า Structuring Element ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งภาพ Mathematical Morphology สามารถใช้อธิบายลักษณะของลวดลายได้โดยใช้การกระทำ Erosion, Dilation, Opening, Closing หลายๆ ครั้งต่อเนื่องกันอย่างเหมาะสม

2.2.6 Markov Random Field (MRF) เป็นการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายลักษณะของ ลวดลายโดยใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า Bayes' Rule ซึ่งกล่าวว่าการประมาณค่าความน่าจะเป็น Posterior $Pr(f|O)$ ของสมมุติฐาน f เมื่อกำหนด Observations (O) มาให้จะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับผลคูณของ Likelihood $Pr(O|f)$ และความน่าจะเป็น Prior $Pr(f)$ สำหรับลวดลายนั้นค่า $Pr(f)$ สามารถสร้างขึ้นมาจากแบบจำลองของ Texture Primitive โดยใช้ MRF จากนั้นเราสามารถ หาพารามิเตอร์ของลักษณะลวดลายโดยกระทำการหาค่า Maximum A Posteriori (MAP)

2.3 การหาค่าความต่าง (Distance Measure)

การหาค่าความต่างเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลสับสนกับข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อที่จะเลือกใช้งานเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณที่รับได้มากที่สุด

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (2-19)$$

โดยที่ p คือ ข้อมูลสืบทอด
 q คือ ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเพิ่มพินัยลักษณะเด่นของลายนิ้วมือแบ่งออกเป็น 2 วิธีการใหญ่ๆ คือ แบบใช้ลักษณะเด่นที่เพิ่มพินัยโดยพิจารณาจุด Minutiae และแบบใช้ลักษณะเด่นที่เพิ่มพินัยโดยพิจารณาว่าลายนิ้วมือเป็นลวดลายของภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้พิจารณาว่าลายนิ้วมือเป็นลวดลาย (Texture) ของภาพ ไม่ได้พิจารณาแบบเป็นลายเส้น Minutiae จึงมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการเพิ่มพินัยลักษณะที่แตกต่างกันของลายนิ้วมือและการหาพินัยลักษณะเด่นจากลวดลายภาพดังต่อไปนี้

การเพิ่มพินัยลักษณะที่แตกต่างกันของลายนิ้วมือจากภาพลายนิ้วมือเพื่อสร้างระบบตรวจสอบและการรู้จำ โดยขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพลายนิ้วมือ ได้แก่ Histogram Equalization, Median Filtering, Binarization และ Thinning จากนั้นใช้ Wavelet Transform และ Wavelet Packet Transform รับภาพลายนิ้วมือข้างต้นมาใช้และให้ผลลัพธ์ที่ดีมาก [2]

การหาพินัยลักษณะเด่นของลวดลายโดยใช้ Discrete Wavelet Transform สามารถแสดงลักษณะเฉพาะได้โดยใช้ค่าสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ร่วมกัน 2 ลักษณะ คือ Wavelet Histogram Signature และ Wavelet Co-occurrence Signature จากการทดลอง การจำแนกที่ดีที่สุดต้องแสดงผลร่วมกันทั้ง Histogram และ Co-occurrence Signature [3]

การพัฒนาแบบสืบทอดข้อมูลภาพชนิดลวดลายโดยวิธีการแปลงเวฟเลทเป็นการหาค่าตัวแทนของลวดลายภาพโหมคขาวดำ ซึ่งผลของการแปลงเวฟเลท จะได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ชุดหนึ่งซึ่งมีจำนวนมากถึง 16,384 ค่า จึงต้องนำมาลดจำนวนสัมประสิทธิ์ลงเหลือ 1 ค่า โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเลทและวิธีการหาค่า Energy จะได้เป็นค่าตัวแทนลายภาพที่ 1 และค่าตัวแทนลายภาพที่ 2 ซึ่งจะเรียกว่าค่าตัวแทนลายภาพของภาพต้นแบบ นำลวดลายเดิมมาหมุนทำมุมต่าง ๆ ย่อ/ขยายขนาดลวดลายภาพ ปรับความสว่างลดลง ปรับความสว่างเพิ่มขึ้น และเลื่อนตำแหน่งภาพ ซึ่งจะเรียกว่าภาพสืบทอด แล้วนำมาผ่านวิธีการแปลงเวฟเลทและลดขนาดข้อมูลเหมือนลวดลายภาพต้นแบบจะได้ค่าตัวแทนลวดลายภาพของภาพสืบทอด เปรียบเทียบค่าตัวแทนลวดลายภาพของภาพสืบทอดกับภาพต้นแบบ มีค่าใกล้เคียงกันสูงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีในการสืบทอดข้อมูลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6]

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ Spatial Frequencies ในการหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือโดยใช้ลักษณะทางตำแหน่งเป็นหลัก และใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากการแปลงเวฟเลต ลดจำนวนของสัมประสิทธิ์ลงโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ นำไปหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลวดลาย ได้แก่ Energy, Entropy, Maximum Probability, Contrast, Homogeneity และ Correlation

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยเพิ่หาคุณลักษณะของลายนิ้วมือด้วยวิธี Wavelet Transform และทดสอบคุณสมบัติของลักษณะเด่นดังกล่าวโดยแบ่งการดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเพิ่หาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ

3.1.1 การเตรียมภาพลายนิ้วมือ

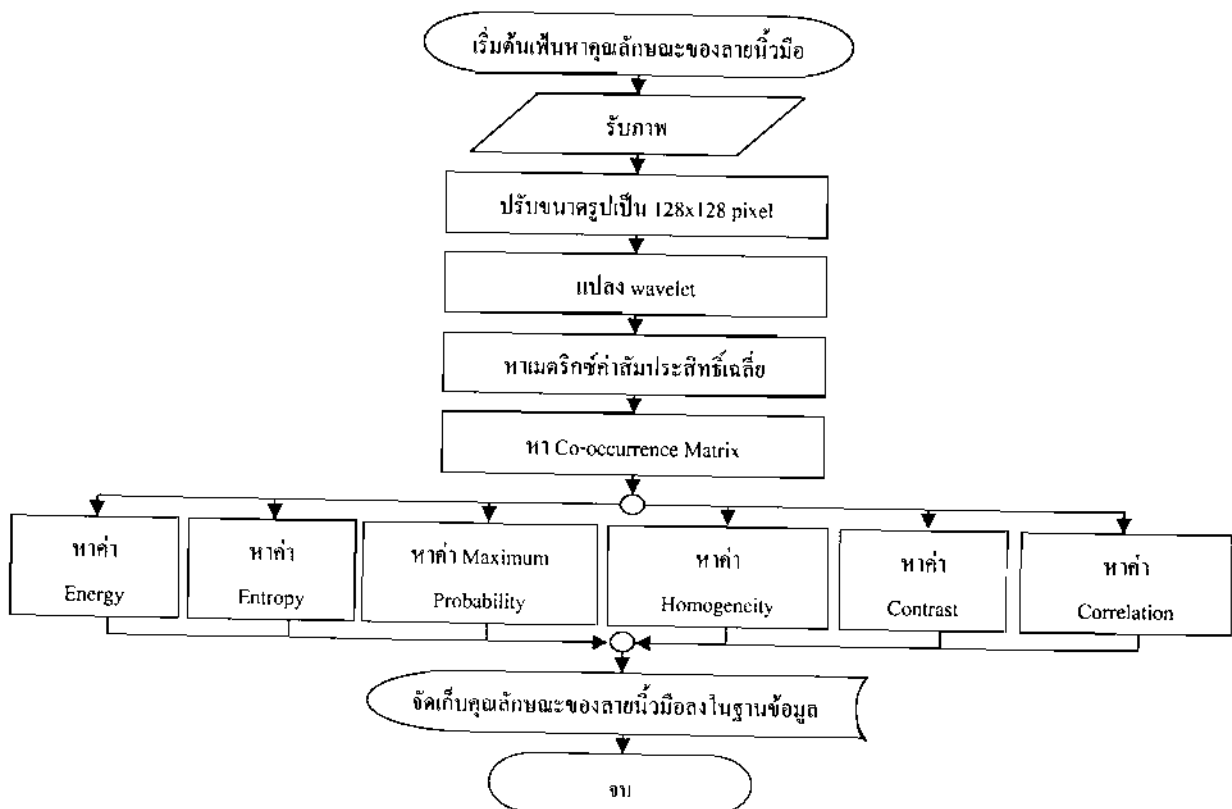
3.1.2 การแปลง Wavelet Transform

3.1.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย

3.1.4 คำนวณหา Co-occurrence Matrix

3.1.5 หาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ

3.2 ขั้นตอนการทดสอบค่าตัวแทนลายนิ้วมือ



ภาพที่ 3-1 แผนผังการดำเนินงานขั้นตอนการเพิ่หาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ

3.1 ขั้นตอนการเพิกาะคุณลักษณะของลายนิ้วมือ

3.1.1 การเตรียมภาพลายนิ้วมือ เพื่อใช้ในการหาตัวแทนค่าตัวแทนลายนิ้วมือ

นำภาพลายนิ้วมือ ที่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพแล้วจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือซึ่งเป็นภาพ Binary มาปรับให้มีขนาด 128x128 จุดภาพ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ภาพลายนิ้วมือในการหาตัวแทนค่าตัวแทนลายนิ้วมือของคน 20 คน คนละ 3 ภาพ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ภาพลายนิ้วมือ

คนที่	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
1. Soraya	 Soraya.bmp	 Soraya2.bmp	 Soraya3.bmp
2. Nisa	 Nisa.bmp	 Nisa2.bmp	 Nisa3.bmp
3. Phaka	 Phaka.bmp	 Phaka2.bmp	 Phaka3.bmp

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

คนที่	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
4. Daranee	 Daranee.bmp	 Darance2.bmp	 Daranee3.bmp
5. Alisa	 Alisa.bmp	 Alisa2.bmp	 Alisa3.bmp
6. Burin	 Burin.bmp	 Burin2.bmp	 Burin3.bmp
7. Kanin	 Kanin.bmp	 Kanin2.bmp	 Kanin3.bmp

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

คนที่	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
8. Kanya	 Kanya.bmp	 Kanya2.bmp	 Kanya3.bmp
9. Komsan	 Komsan.bmp	 Komsan2.bmp	 Komsan3.bmp
10. Methee	 Methee.bmp	 Methee2.bmp	 Methee3.bmp
11. Naree	 Naree.bmp	 Naree2.bmp	 Naree3.bmp

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

คนที่	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
12. Parita	 Parita.bmp	 Parita2.bmp	 Parita3.bmp
13. RungRoj	 RungRoj.bmp	 RungRoj2.bmp	 RungRoj3.bmp
14. Salinee	 Salinee.bmp	 Salinee2.bmp	 Salinee3.bmp
15. Somsak	 Somsak.bmp	 Somsak2.bmp	 Somsak3.bmp

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

คนที่	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
16. Sorn	 Sorn.bmp	 Sorn2.bmp	 Sorn3.bmp
17. Veera	 Veera.bmp	 Veera2.bmp	 Veera3.bmp
18. Vichai	 Vichai.bmp	 Vichai2.bmp	 Vichai3.bmp
19. Yupa	 Yupa.bmp	 Yupa2.bmp	 Yupa3.bmp

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

คนที่	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
20. Yupin	 Yupin.bmp	 Yupin2.bmp	 Yupin3.bmp

3.1.2 การแปลง Wavelet Transform

นำภาพลายนิ้วมือจากขั้นตอนที่ 3.1.1 มาทำการแปลงเวฟเลต โดยใช้ Discrete Meyer Wavelet เป็นฟังก์ชันพื้นฐาน ภาพที่ 3-1 เป็นตัวอย่างของภาพที่ผ่านการแปลงเวฟเลต 1 ระดับ ภาพจะถูกแบ่งเป็น 4 ภาพย่อย โดยในแต่ละภาพจะมีขนาด 64x64 โดยที่

Ca คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน Approximation

Ch คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน Horizontal Detail

Cv คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน Vertical Detail

Cd คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน Diagonal Detail

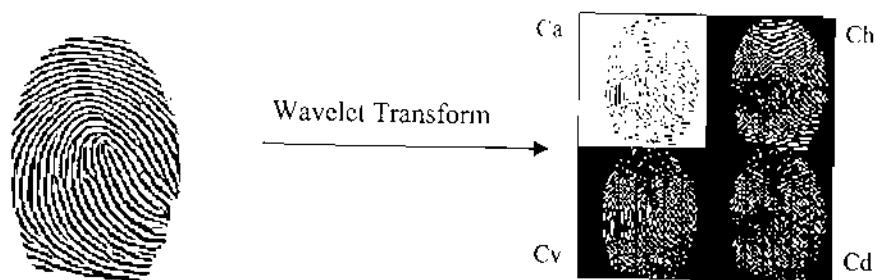
จากนั้นทำการแปลงเวฟเลตระดับที่ 2 และ ระดับที่ 3 ดังภาพที่ 3-2 และภาพที่ 3-3 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่แถบ Approximation ระดับที่ 1-3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แถบ Horizontal Detail ระดับที่ 1-3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แถบ Vertical Detail ระดับที่ 1-3 และค่าสัมประสิทธิ์ที่แถบ Diagonal Detail ระดับที่ 1-3

สำหรับงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ 3 แบบเพื่อทดสอบว่าแบบใดจะสามารถหาค่าตัวแทนลายนิ้วมือได้ดีที่สุด

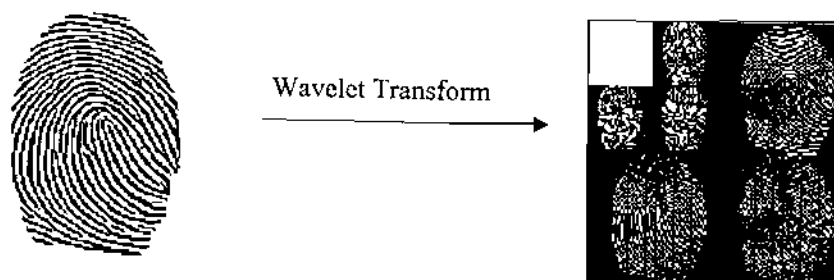
3.1.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ย่าน Ca (Approximation) ระดับที่ 1 – 3

3.1.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ย่าน Ch, Cd, Cv (Details) ระดับที่ 1 – 3

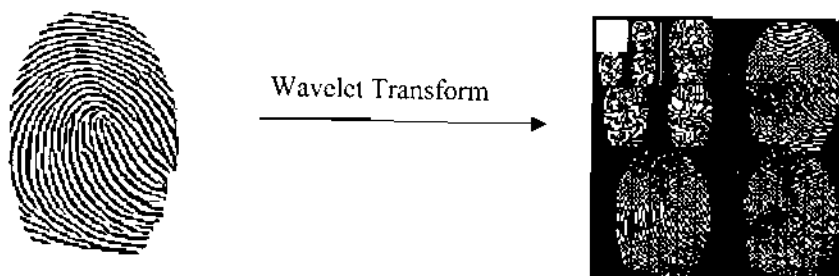
3.1.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ย่าน ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv (ทั้ง 4 ย่าน) ระดับที่ 1 – 3



ภาพที่ 3-2 การแปลงเวฟเลต ระดับที่ 1



ภาพที่ 3-3 การแปลงเวฟเลต ระดับที่ 2



ภาพที่ 3-4 การแปลงเวฟเลต ระดับที่ 3

3.1.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเลตระดับที่ 1-3 มาหาค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยทีละระดับ และลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็ม โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน Approximation ไม่ต้องการค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน Ch, Cd, Cv (Details) หาค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยดังสมการ 3-1 และค่าสัมประสิทธิ์ที่ย่าน ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv (ทั้ง 4 ย่าน) หาค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยดังสมการ 3-2 จากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็ม

$$AV_3(i,j) = \left(\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (CH(i,j) + CV(i,j) + CD(i,j))}{3} \right) \quad (3-1)$$

$$AV_4(i,j) = \left(\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (CA(i,j) + CH(i,j) + CV(i,j) + CD(i,j))}{4} \right) \quad (3-2)$$

โดยที่ m แทนขนาดความสูงของภาพ

n แทนขนาดความกว้างของภาพ

3.1.4 คำนวณหา Co-occurrence matrix

3.1.5 หาคุณลักษณะของลายนิ้วมือเพื่อหาค่าตัวแทนลายนิ้วมือ ซึ่งได้แก่ Energy, Entropy, Contrast, Homogeneity, Correlation และ Maximum Probability

3.2 ขั้นตอนการทดสอบค่าตัวแทนลายนิ้วมือ

ทดสอบค่าตัวแทนลายนิ้วมือโดยการหาค่าความต่าง (Distance Measure) เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแทนลายนิ้วมือสืบค้นกับค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลว่ามีค่าเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันหรือไม่ ถ้าค่าตัวแทนลายนิ้วมือสืบค้นมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันกับค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลแสดงว่าค่าตัวแทนที่ได้นี้มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะจำแนกบุคคล ทำให้สามารถค้นพบข้อมูลเฉพาะบุคคลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลได้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัยของวิทยานิพนธ์นี้สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.1 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ

เมื่อดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการหาค่าตัวแทนลายนิ้วมือ จะได้ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ผ่านการแปลงเวฟเลตโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet เป็นฟังก์ชันพื้นฐานจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งเป็นเลขจำนวนจริง จากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็มนำมาหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ได้แก่ Energy, Entropy, Contrast, Maximum Probability, Homogeneity และ Correlation

4.1.1 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ผ่านการแปลงโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ย่าน Ca ระดับที่ 1 - 3 คือค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลย่าน Approximation ปรากฏว่าการแปลงเวฟเลตระดับที่ 1 สามารถจำแนกคนได้ดีที่สุด สามารถนำไปเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลได้ ส่วนการแปลงเวฟเลตระดับที่ 2 และ 3 ไม่สามารถจำแนกคนได้ เพราะค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ได้แตกต่างกันมากในคน ๆ เดียว ถึงแม้ว่าจะมีค่าที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดแต่ถ้ามาดูค่าที่ได้ของแต่ละคนในตารางที่ 4-1 ถึงตารางที่ 4-20 เพราะฉะนั้นค่าเฉลี่ยที่ได้จึงไม่สามารถนำไปเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือได้

ตารางที่ 4-1 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Soraya ที่แปลงเวฟเลตระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9911	0.9934	0.9950	0.9883	0.9682	0.9913	0.9719	0.9501	0.9880
Entropy	0.0445	0.0332	0.0254	0.0593	0.1552	0.0443	0.1375	0.2339	0.0611
MaximumProbability	0.9955	0.9967	0.9975	0.9941	0.9840	0.9956	0.9859	0.9747	0.9940
Contrast	16.6579	9.5810	7.3501	21.7428	29.6125	11.1265	34.5960	40.6387	33.1844
Homogeneity	0.9957	0.9970	0.9976	0.9945	0.9850	0.9960	0.9868	0.9766	0.9942
Correlation	-0.0016	-0.0010	-0.0009	-0.0019	0.0146	-0.0011	-0.0043	-0.0068	-0.0023

ตารางที่ 4-2 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Nisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9888	0.9749	0.9855	0.9841	0.9989	0.9922	0.9876	0.9651	0.9947
Entropy	0.0555	0.1219	0.0701	0.0810	0.0055	0.0399	0.0632	0.1731	0.0266
MaximumProbability	0.9944	0.9874	0.9927	0.9920	0.9995	0.9961	0.9938	0.9824	0.9974
Contrast	9.8584	23.4424	12.5713	38.6742	5.7246	16.5689	22.8594	67.7215	8.1682
Homogeneity	0.9949	0.9883	0.9932	0.9924	0.9995	0.9963	0.9940	0.9831	0.9976
Correlation	-0.0015	-0.0037	-0.0020	-0.0027	-0.0002	-0.0013	-0.0024	-0.0065	-0.0007

ตารางที่ 4-3 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Phaka ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9897	0.9829	0.9852	0.9936	0.9855	0.9922	0.9723	0.9981	0.9951
Entropy	0.0512	0.0826	0.0745	0.0320	0.0724	0.0399	0.1370	0.0097	0.0252
MaximumProbability	0.9948	0.9914	0.9926	0.9968	0.9927	0.9961	0.9861	0.9991	0.9976
Contrast	15.3137	20.5430	14.0368	17.0009	14.3977	12.3539	37.5633	6.1033	14.3065
Homogeneity	0.9952	0.9919	0.9930	0.9969	0.9933	0.9964	0.9868	0.9991	0.9976
Correlation	-0.0007	-0.0024	-0.0023	-0.0011	-0.0021	-0.0012	-0.0043	-0.0004	-0.0010

ตารางที่ 4-4 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Daranee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9867	0.9645	0.9892	0.9876	0.9947	0.9860	0.9951	0.9865	0.9936
Entropy	0.0676	0.1736	0.0540	0.0628	0.0273	0.0708	0.0249	0.0685	0.0326
MaximumProbability	0.9933	0.9821	0.9946	0.9938	0.9973	0.9930	0.9976	0.9932	0.9968
Contrast	16.8366	45.6035	11.7522	15.4707	10.8873	27.5917	10.4232	25.3688	14.3359
Homogeneity	0.9937	0.9830	0.9951	0.9941	0.9975	0.9932	0.9976	0.9936	0.9969
Correlation	-0.0023	-0.0006	-0.0015	0.1071	-0.0008	-0.0024	-0.0008	-0.0020	-0.0013

ตารางที่ 4-5 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Burin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9688	0.9745	0.9675	0.9862	0.9989	0.9986	0.9786	0.9947	0.9962
Entropy	0.1513	0.1265	0.1601	0.0698	0.0055	0.0074	0.1061	0.0271	0.0194
MaximumProbability	0.9843	0.9872	0.9836	0.9931	0.9995	0.9993	0.9893	0.9974	0.9981
Contrast	35.0964	30.0074	47.2297	24.2751	5.1620	5.6743	24.4343	15.2046	10.0730
Homogeneity	0.9853	0.9880	0.9844	0.9935	0.9995	0.9993	0.9898	0.9975	0.9982
Correlation	-0.0053	-0.0038	-0.0056	-0.0022	-0.0003	-0.0002	-0.0037	-0.0010	-0.0006

ตารางที่ 4-6 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9813	0.9833	0.9763	0.9809	0.9793	0.9927	0.9188	0.9840	0.9977
Entropy	0.0939	0.0819	0.1158	0.0936	0.1032	0.0369	0.3818	0.0795	0.0116
MaximumProbability	0.9906	0.9916	0.9881	0.9904	0.9896	0.9964	0.9585	0.9920	0.9989
Contrast	23.2585	21.4052	27.5463	19.8462	29.3460	11.7690	81.9031	22.6568	9.2906
Homogeneity	0.9913	0.9922	0.9887	0.9912	0.9904	0.9966	0.9616	0.9927	0.9989
Correlation	-0.0028	-0.0024	-0.0039	-0.0026	0.0049	-0.0010	0.0649	-0.0022	-0.0005

ตารางที่ 4-7 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Komsan ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9969	0.9941	0.9955	0.9863	0.9731	0.9964	0.9725	0.9595	0.9904
Entropy	0.0159	0.0295	0.0234	0.0696	0.1327	0.0184	0.1353	0.1986	0.0491
MaximumProbability	0.9984	0.9970	0.9977	0.9932	0.9865	0.9982	0.9861	0.9796	0.9952
Contrast	2.9208	9.9978	7.7260	25.9114	27.4179	4.2707	23.5329	56.9126	19.3274
Homogeneity	0.9986	0.9972	0.9979	0.9935	0.9872	0.9984	0.9869	0.9807	0.9954
Correlation	-0.0003	-0.0009	-0.0006	-0.0022	0.0205	-0.0004	-0.0047	-0.0041	-0.0016

ตารางที่ 4-8 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Methee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9756	0.9816	0.9729	0.9881	0.9745	0.9818	0.9850	0.9850	0.9758
Entropy	0.1210	0.0911	0.1294	0.0598	0.1272	0.0916	0.0766	0.0759	0.1213
MaximumProbability	0.9877	0.9908	0.9864	0.9940	0.9872	0.9908	0.9925	0.9925	0.9878
Contrast	31.6668	25.1163	32.1141	23.1978	32.9840	27.7464	34.0640	24.7198	50.8351
Homogeneity	0.9887	0.9911	0.9871	0.9943	0.9880	0.9914	0.9927	0.9930	0.9884
Correlation	-0.0039	-0.0033	-0.0039	-0.0021	-0.0040	-0.0029	-0.0028	-0.0023	-0.0041

ตารางที่ 4-9 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Rungroj ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca 1

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9858	0.9947	0.9905	0.9770	0.9872	0.9943	0.9951	0.9970	0.9786
Entropy	0.0693	0.0262	0.0479	0.1146	0.0657	0.0294	0.0249	0.0155	0.1063
MaximumProbability	0.9929	0.9973	0.9952	0.9884	0.9936	0.9972	0.9976	0.9985	0.9893
Contrast	11.9576	11.2089	11.9590	39.5915	20.1926	13.7143	15.4720	9.7250	22.9447
Homogeneity	0.9936	0.9975	0.9954	0.9891	0.9939	0.9973	0.9977	0.9986	0.9903
Correlation	-0.0019	-0.0009	-0.0017	-0.0038	-0.0020	-0.0010	-0.0008	-0.0005	-0.0031

ตารางที่ 4-10 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Salinee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9902	0.9891	0.9881	0.9982	0.9752	0.9996	0.9912	0.9910	0.9593
Entropy	0.0499	0.0540	0.0589	0.0092	0.1235	0.0018	0.0444	0.0462	0.1950
MaximumProbability	0.9951	0.9945	0.9941	0.9991	0.9875	0.9998	0.9956	0.9955	0.9795
Contrast	19.0456	25.8377	21.3839	5.3394	31.0600	2.8259	6.7329	13.7760	54.3351
Homogeneity	0.9954	0.9948	0.9945	0.9991	0.9883	0.9998	0.9959	0.9958	0.9808
Correlation	0.1004	-0.0018	-0.0018	-0.0004	-0.0041	-0.0001	-0.0012	-0.0012	-0.0058

ตารางที่ 4-11 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Somsak ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9902	0.9788	0.9861	0.9793	0.9772	0.9871	0.9308	0.9989	0.9929
Entropy	0.0490	0.1042	0.0678	0.1033	0.1131	0.0649	0.3296	0.0058	0.0365
MaximumProbability	0.9951	0.9894	0.9930	0.9896	0.9885	0.9935	0.9648	0.9994	0.9964
Contrast	11.7835	23.5710	19.9417	33.0155	40.2202	8.9236	90.6209	3.9766	13.9911
Homogeneity	0.9955	0.9899	0.9936	0.9904	0.9890	0.9940	0.9672	0.9995	0.9966
Correlation	-0.0014	0.0012	-0.0017	-0.0025	-0.0031	-0.0018	-0.0065	-0.0002	-0.0011

ตารางที่ 4-12 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Alisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9877	0.9864	0.9839	0.9915	0.9954	0.9924	0.9529	0.9827	0.9970
Entropy	0.0619	0.0691	0.0797	0.0436	0.0233	0.0395	0.2269	0.0864	0.0155
MaximumProbability	0.9938	0.9932	0.9919	0.9957	0.9977	0.9962	0.9762	0.9913	0.9985
Contrast	16.1620	21.0406	18.7680	10.8745	8.0032	9.1107	58.9705	19.6948	3.9120
Homogeneity	0.9942	0.9936	0.9924	0.9959	0.9978	0.9965	0.9775	0.9921	0.9986
Correlation	-0.0018	-0.0022	0.0007	-0.0015	-0.0007	-0.0011	-0.0078	-0.0021	-0.0003

ตารางที่ 4-13 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Som ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9808	0.9788	0.9838	0.9993	0.9933	0.9754	0.9932	0.9925	0.9878
Entropy	0.0967	0.1048	0.0826	0.0037	0.0344	0.1213	0.0346	0.0378	0.0619
MaximumProbability	0.9904	0.9894	0.9919	0.9996	0.9966	0.9876	0.9966	0.9962	0.9939
Contrast	31.7897	40.7669	30.5835	3.3259	5.5166	24.5909	15.8982	12.5637	18.0770
Homogeneity	0.9908	0.9898	0.9923	0.9997	0.9970	0.9886	0.9968	0.9965	0.9942
Correlation	-0.0032	0.0010	0.0356	-0.0002	-0.0008	0.0084	-0.0011	-0.0010	-0.0019

ตารางที่ 4-14 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vichai ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9969	0.9917	0.9939	0.9908	0.9805	0.9878	0.9704	0.9910	0.9824
Entropy	0.0155	0.0416	0.0306	0.0465	0.0972	0.0624	0.1480	0.0459	0.0880
MaximumProbability	0.9984	0.9959	0.9970	0.9954	0.9902	0.9939	0.9851	0.9955	0.9911
Contrast	6.0224	9.1886	8.3693	13.7168	17.6060	20.3649	64.7712	21.5887	15.4720
Homogeneity	0.9986	0.9960	0.9971	0.9957	0.9908	0.9942	0.9859	0.9958	0.9918
Correlation	-0.0004	-0.0013	-0.0010	-0.0012	-0.0026	-0.0020	-0.0050	-0.0014	-0.0024

ตารางที่ 4-15 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Veera ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9725	0.9818	0.9751	0.9996	0.9890	0.9996	0.9771	0.9942	0.9740
Entropy	0.1355	0.0916	0.1252	0.0018	0.0564	0.0018	0.1131	0.0299	0.1296
MaximumProbability	0.9861	0.9908	0.9875	0.9998	0.9945	0.9998	0.9885	0.9971	0.9869
Contrast	31.2161	18.6740	29.9588	2.8259	20.9965	2.8259	27.2289	13.7728	39.2103
Homogeneity	0.9870	0.9914	0.9883	0.9998	0.9948	0.9998	0.9893	0.9973	0.9877
Correlation	-0.0018	0.0015	-0.0014	-0.0001	-0.0018	-0.0001	-0.0035	-0.0010	0.0360

ตารางที่ 4-16 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanya ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9824	0.9962	0.9842	0.9823	0.9890	0.9959	0.9704	0.9430	0.9970
Entropy	0.0884	0.0186	0.0773	0.0896	0.0570	0.0206	0.1456	0.2718	0.0155
MaximumProbability	0.9912	0.9981	0.9921	0.9911	0.9945	0.9980	0.9851	0.9711	0.9985
Contrast	19.6832	5.9344	30.0020	32.9745	20.9612	10.4674	44.7797	76.6714	8.4984
Homogeneity	0.9915	0.9982	0.9925	0.9915	0.9947	0.9980	0.9859	0.9730	0.9986
Correlation	-0.0032	-0.0005	0.0134	-0.0029	-0.0020	-0.0007	-0.0049	-0.0082	-0.0005

ตารางที่ 4-17 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Parita ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9878	0.9922	0.9861	0.9586	0.9975	0.9872	0.9974	0.9816	0.9993
Entropy	0.0606	0.0401	0.0692	0.2018	0.0129	0.0639	0.0136	0.0921	0.0039
MaximumProbability	0.9939	0.9961	0.9930	0.9791	0.9988	0.9936	0.9987	0.9908	0.9996
Contrast	15.9983	6.6715	19.3552	41.1182	9.0225	14.5291	5.0825	20.5462	3.3579
Homogeneity	0.9943	0.9964	0.9933	0.9804	0.9988	0.9941	0.9987	0.9913	0.9996
Correlation	-0.0021	-0.0011	-0.0023	-0.0065	-0.0004	-0.0018	-0.0004	-0.0027	-0.0002

ตารางที่ 4-18 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9930	0.9875	0.9860	0.9925	0.9814	0.9730	0.9977	0.9979	0.9962
Entropy	0.0348	0.0626	0.0705	0.0379	0.0932	0.1340	0.0116	0.0106	0.0191
MaximumProbability	0.9965	0.9937	0.9930	0.9963	0.9907	0.9864	0.9989	0.9990	0.9981
Contrast	10.6434	16.3490	18.2555	8.6182	26.1773	32.2258	8.5663	6.3547	6.8427
Homogeneity	0.9967	0.9940	0.9932	0.9965	0.9913	0.9872	0.9989	0.9990	0.9983
Correlation	-0.0011	0.0089	-0.0016	-0.0013	-0.0030	-0.0043	-0.0004	-0.0004	-0.0004

ตารางที่ 4-19 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9785	0.9853	0.9799	0.9865	0.9989	0.9765	0.9966	0.9996	0.9899
Entropy	0.1051	0.0736	0.0990	0.0672	0.0055	0.1179	0.0173	0.0019	0.0510
MaximumProbability	0.9892	0.9926	0.9899	0.9932	0.9995	0.9882	0.9983	0.9998	0.9949
Contrast	30.5415	24.4270	38.6122	23.3681	5.3621	33.3839	10.8610	2.9929	23.7764
Homogeneity	0.9898	0.9930	0.9904	0.9936	0.9995	0.9889	0.9985	0.9998	0.9952
Correlation	0.0058	-0.0024	-0.0036	-0.0023	-0.0002	-0.0037	-0.0006	-0.0001	-0.0016

ตารางที่ 4-20 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Naree ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9850	0.9938	0.9953	0.9968	0.9948	0.9733	0.9882	0.9872	0.9917
Entropy	0.0747	0.0314	0.0230	0.0165	0.0263	0.1318	0.0590	0.0631	0.0422
MaximumProbability	0.9925	0.9969	0.9977	0.9984	0.9974	0.9866	0.9941	0.9936	0.9959
Contrast	19.1349	6.5603	3.9455	7.0475	6.2422	41.4738	13.4836	13.6786	10.9099
Homogeneity	0.9929	0.9970	0.9979	0.9985	0.9976	0.9875	0.9944	0.9943	0.9962
Correlation	-0.0027	-0.0010	-0.0005	-0.0006	-0.0007	0.0015	-0.0019	-0.0014	-0.0012

ตารางที่ 4-21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือนาน Ca ระดับที่ 1

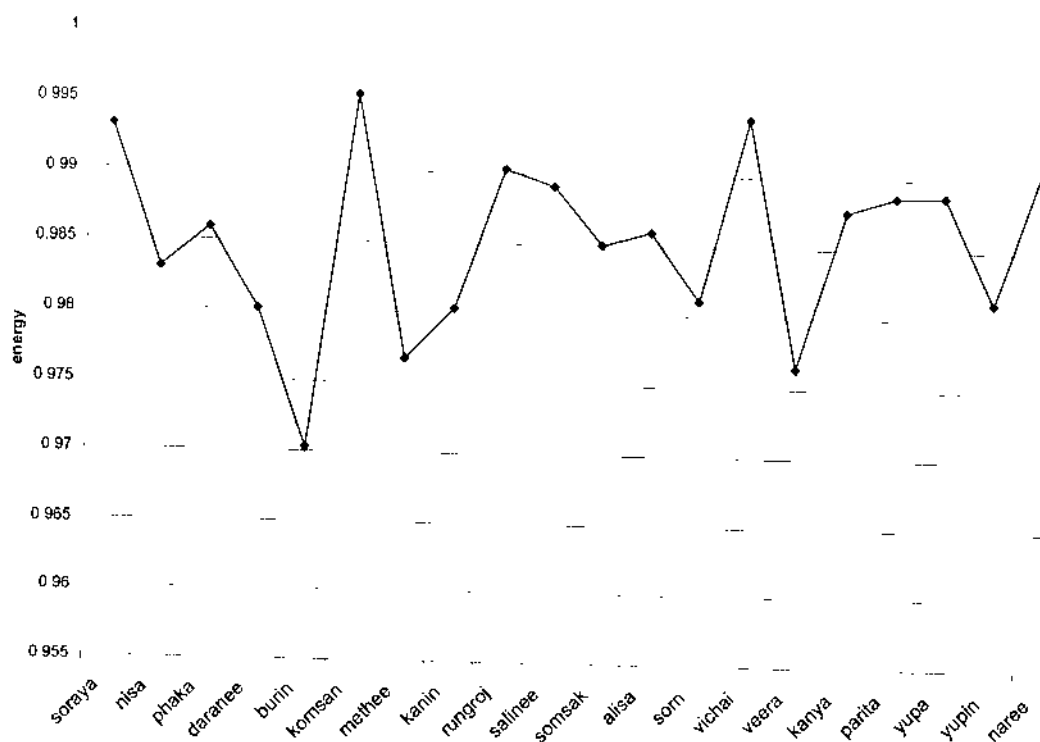
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.9932	0.0344	0.9966	11.1963	0.9967	-0.0012
Nisa	0.9831	0.0825	0.9915	15.2907	0.9921	-0.0024
Phaka	0.9859	0.0694	0.9929	16.6312	0.9934	-0.0018
Darane	0.9801	0.0984	0.9900	24.7308	0.9906	-0.0015
Burin	0.9703	0.1460	0.9850	37.4445	0.9859	-0.0049
Komsan	0.9955	0.0230	0.9977	6.8815	0.9979	-0.0006
Methee	0.9767	0.1138	0.9883	29.6324	0.9890	-0.0037
Kanin	0.9803	0.0972	0.9901	24.0700	0.9907	-0.0030
Rungroj	0.9903	0.0478	0.9951	11.7085	0.9955	-0.0015
Salinee	0.9891	0.0543	0.9945	22.0891	0.9949	0.0323
Somsak	0.9850	0.0736	0.9925	18.4321	0.9930	-0.0006
Alisa	0.9860	0.0702	0.9930	18.6569	0.9934	-0.0011
Sorn	0.9811	0.0947	0.9905	34.3800	0.9910	0.0111
Vichai	0.9942	0.0292	0.9971	7.8601	0.9972	-0.0009
Veera	0.9764	0.1174	0.9882	26.6163	0.9889	-0.0005
Kanya	0.9876	0.0614	0.9938	18.5399	0.9941	0.0033
Parita	0.9887	0.0566	0.9943	14.0083	0.9947	-0.0018
Yupa	0.9888	0.0560	0.9944	15.0826	0.9946	0.0021
Yupin	0.9812	0.0925	0.9906	31.1936	0.9911	-0.0001
Narec	0.9914	0.0431	0.9957	9.8802	0.9959	-0.0014

ตารางที่ 4-22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ca ระดับที่ 2

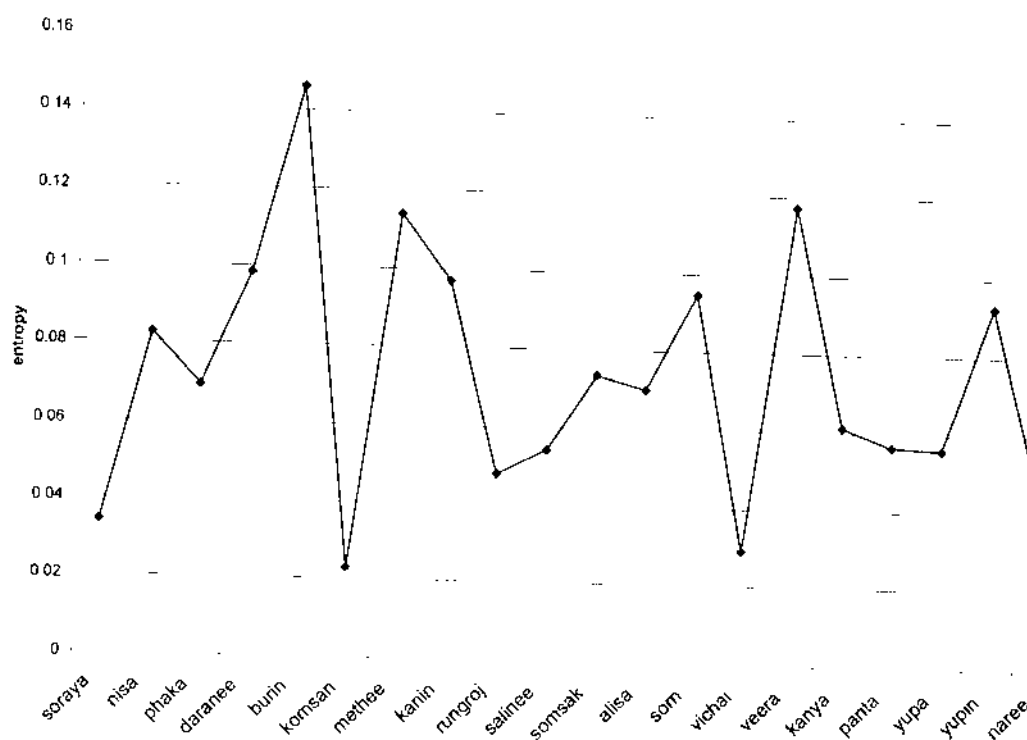
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.9826	0.0863	0.9913	20.8273	0.9918	0.0039
Nisa	0.9917	0.0421	0.9958	20.3226	0.9961	-0.0014
Phaka	0.9904	0.0481	0.9952	14.5842	0.9955	-0.0015
Darance	0.9894	0.0536	0.9947	17.9832	0.9950	0.0347
Burin	0.9946	0.0276	0.9973	11.7038	0.9974	-0.0009
Komsan	0.9853	0.0735	0.9926	19.2000	0.9930	0.0060
Methee	0.9815	0.0929	0.9907	27.9761	0.9912	-0.0030
Kanin	0.9843	0.0779	0.9921	20.3204	0.9927	0.0004
Rungroj	0.9862	0.0699	0.9931	24.4995	0.9934	-0.0023
Salinee	0.9910	0.0449	0.9955	13.0751	0.9957	-0.0015
Somsak	0.9826	0.0867	0.9913	29.2317	0.9918	-0.0023
Alisa	0.9931	0.0355	0.9965	9.3295	0.9967	-0.0011
Sorn	0.9893	0.0531	0.9946	11.1445	0.9951	0.0025
Vichai	0.9864	0.0687	0.9931	17.2292	0.9936	-0.0020
Veera	0.9961	0.0200	0.9980	8.8828	0.9981	-0.0007
Kanya	0.9891	0.0558	0.9945	21.4677	0.9948	-0.0018
Parita	0.9811	0.0929	0.9905	21.5566	0.9911	-0.0029
Yupa	0.9823	0.0883	0.9911	22.3404	0.9916	-0.0029
Yupin	0.9873	0.0635	0.9936	20.7047	0.9940	-0.0021
Narec	0.9883	0.0582	0.9941	18.2545	0.9945	0.0001

ตารางที่ 4-23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือนาน Ca ระดับที่ 3

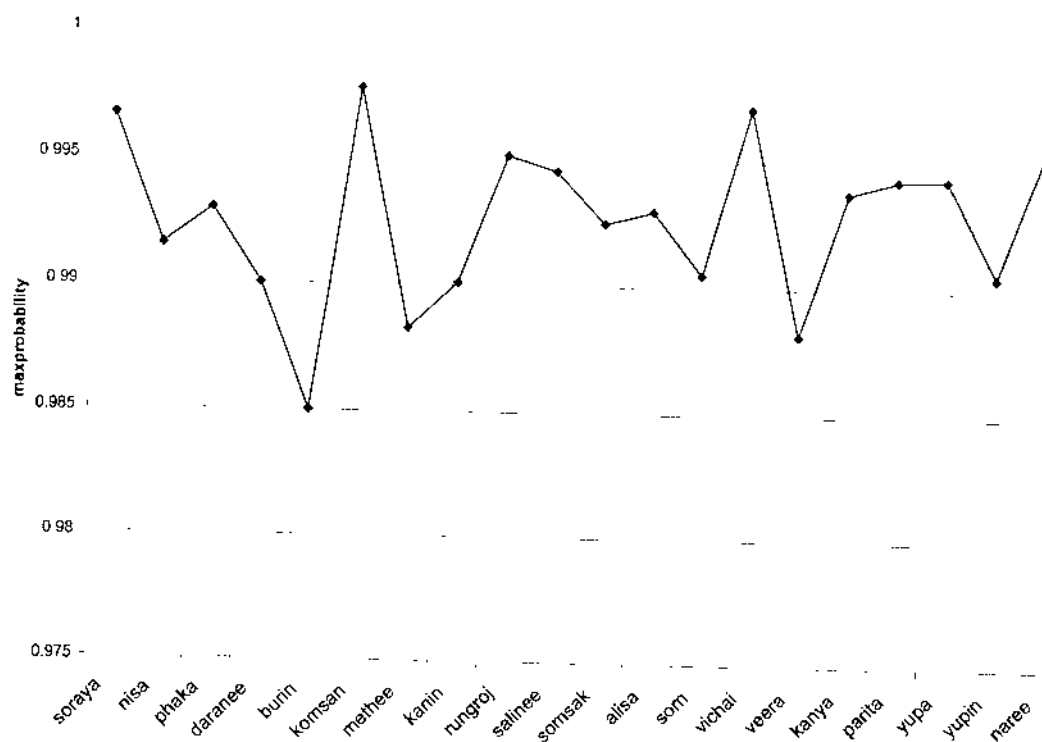
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.9700	0.1442	0.9849	36.1397	0.9858	-0.0044
Nisa	0.9696	0.1487	0.9846	46.4019	0.9855	-0.0045
Phaka	0.9885	0.0573	0.9942	19.3244	0.9945	-0.0019
Darance	0.9917	0.0420	0.9959	16.7093	0.9960	-0.0014
Burin	0.9946	0.0277	0.9973	12.1193	0.9974	-0.0009
Komsan	0.9741	0.1276	0.9870	33.2576	0.9877	-0.0035
Methee	0.9819	0.0913	0.9909	36.5396	0.9914	-0.0031
Kanin	0.9669	0.1576	0.9831	37.9502	0.9844	0.0208
Rungroj	0.9742	0.1244	0.9869	43.0038	0.9877	0.0017
Salinec	0.9744	0.1245	0.9870	28.2883	0.9878	0.0217
Somsak	0.9751	0.1191	0.9873	33.2642	0.9882	-0.0025
Alisa	0.9757	0.1186	0.9877	31.9016	0.9885	-0.0038
Sorn	0.9859	0.0712	0.9929	26.5046	0.9932	-0.0024
Vichai	0.9813	0.0940	0.9906	33.9440	0.9912	-0.0029
Veera	0.9818	0.0909	0.9908	26.7373	0.9914	0.0105
Kanya	0.9701	0.1443	0.9849	43.3165	0.9858	-0.0045
Parita	0.9927	0.0365	0.9964	9.6622	0.9966	-0.0011
Yupa	0.9897	0.0509	0.9948	19.0654	0.9950	-0.0019
Yupin	0.9937	0.0316	0.9969	14.0394	0.9970	-0.0010
Narce	0.9890	0.0548	0.9945	12.6907	0.9950	-0.0015



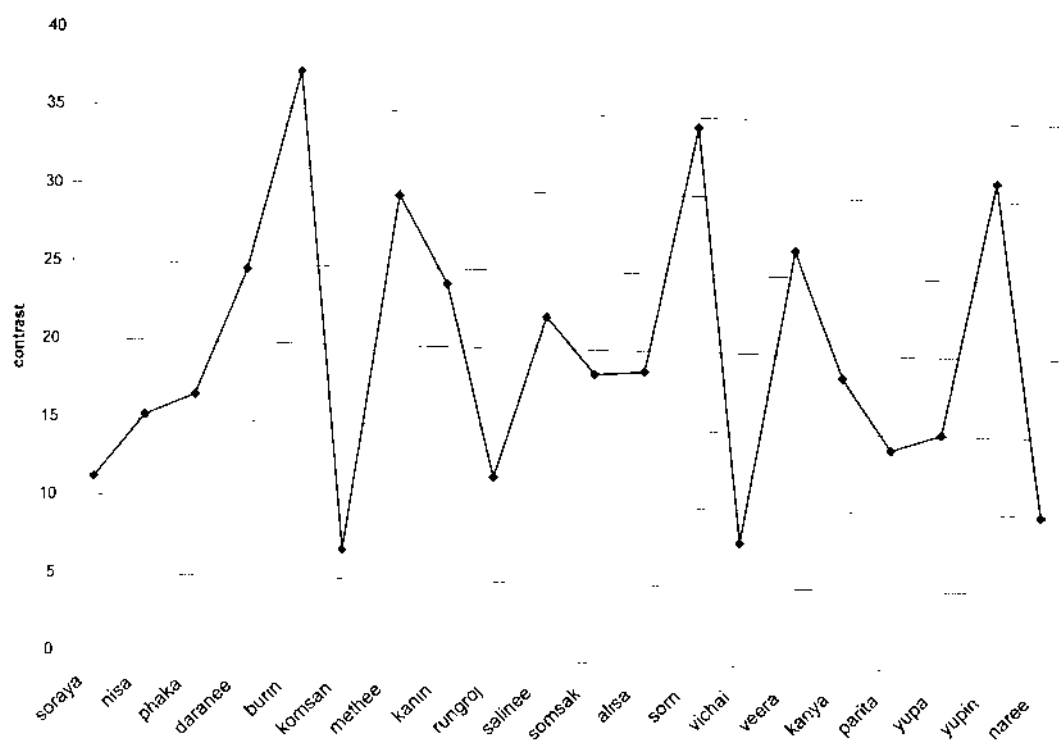
ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



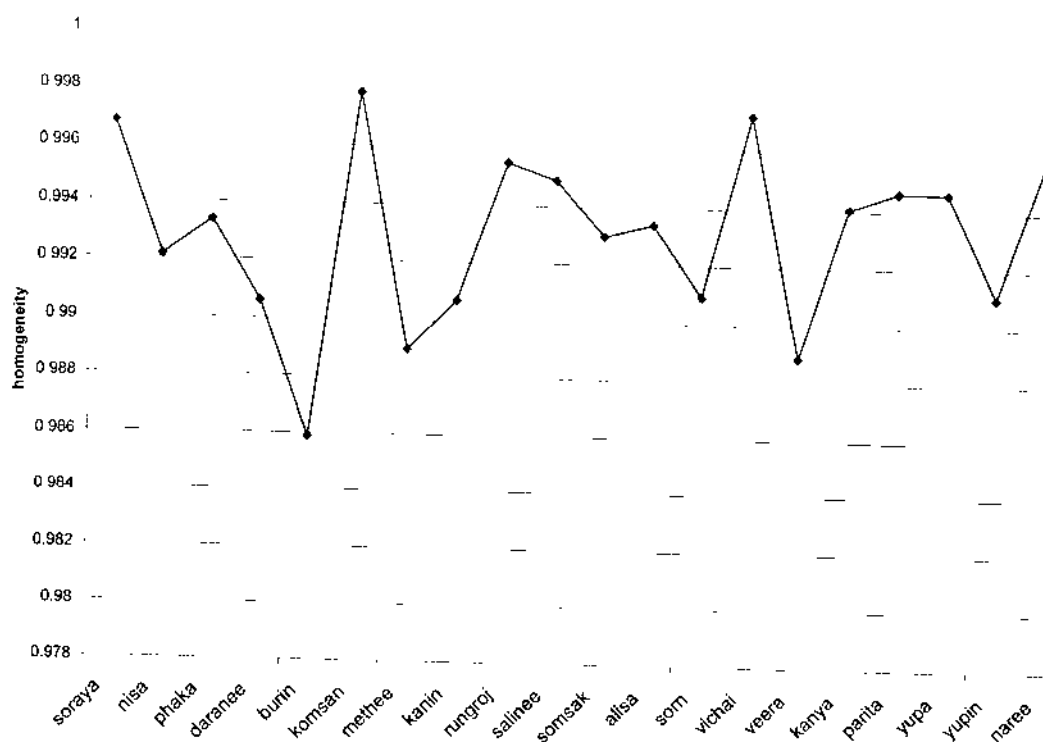
ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



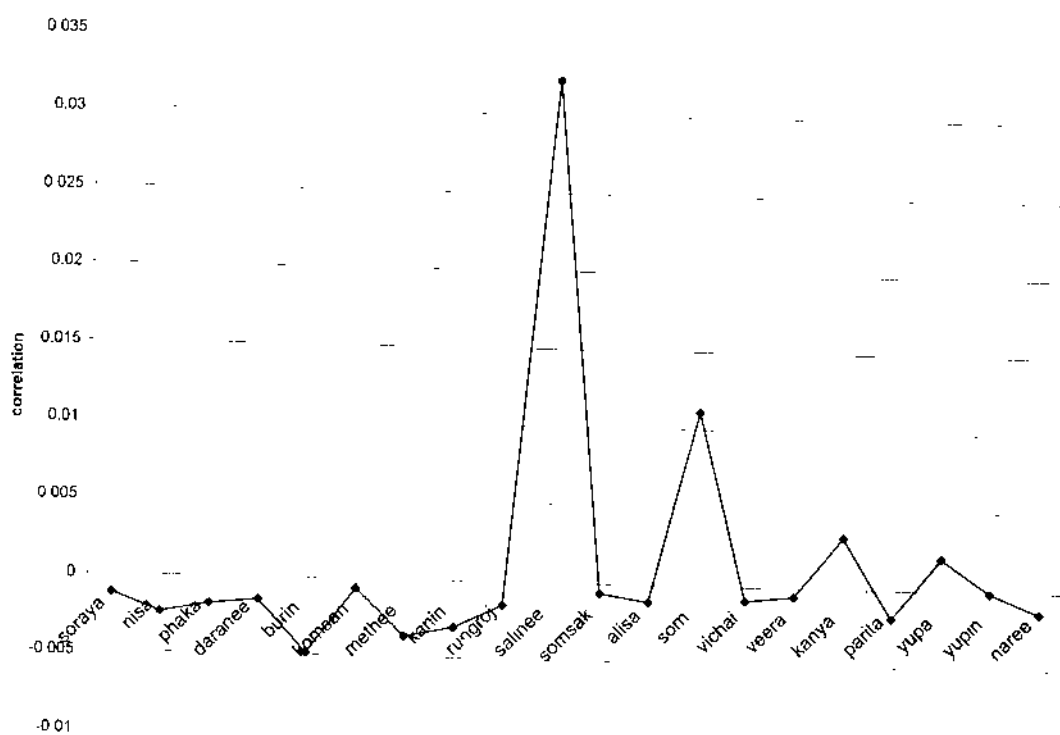
ภาพที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ข่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



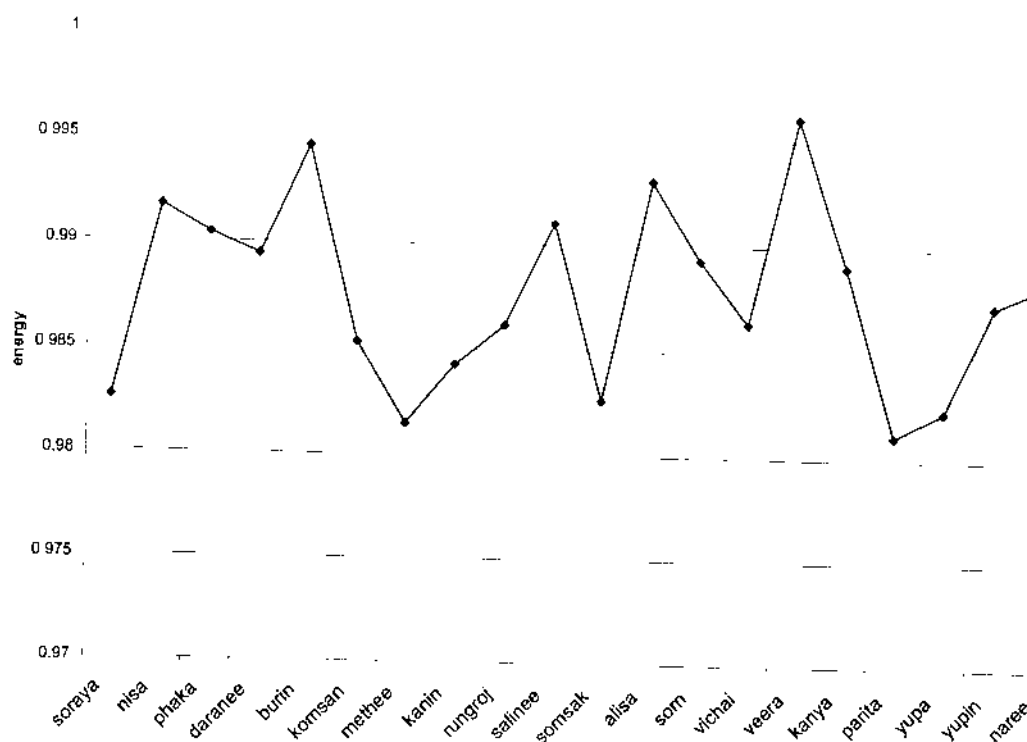
ภาพที่ 4-4 ค่าเฉลี่ย Contrast ข่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



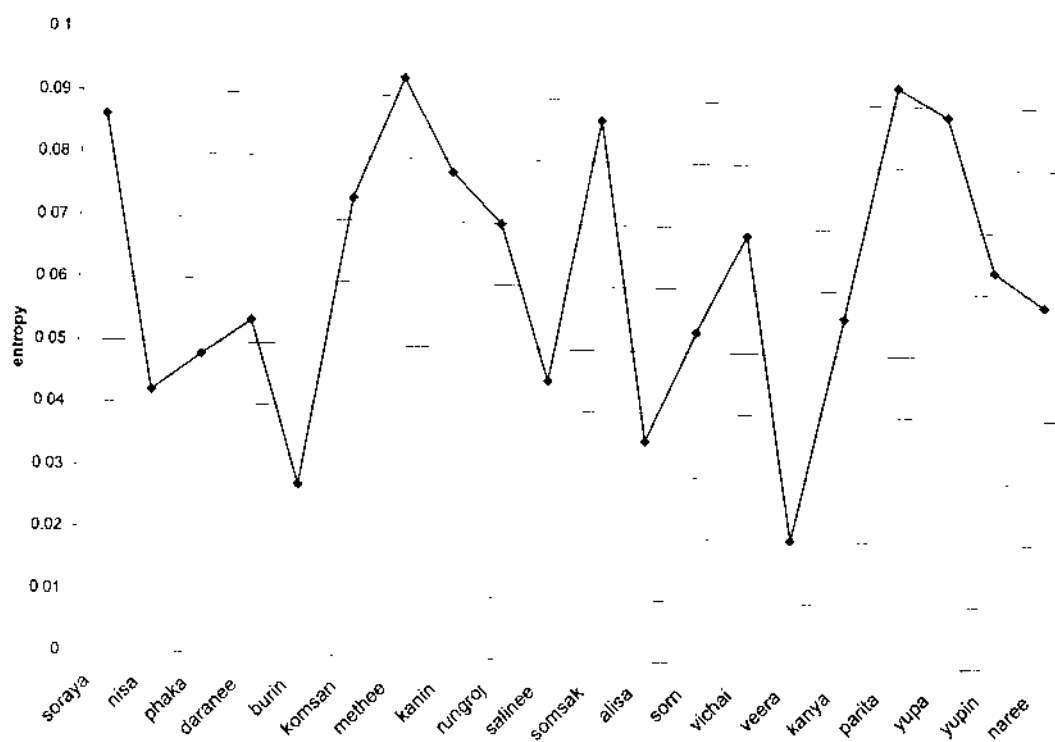
ภาพที่ 4-5 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



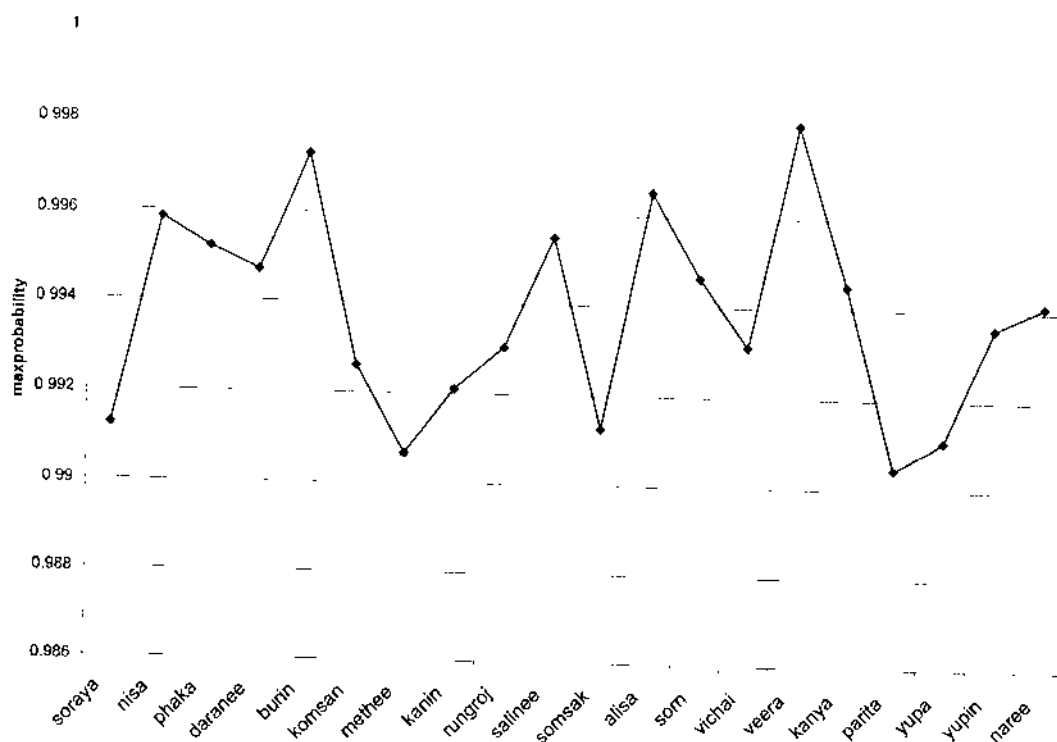
ภาพที่ 4-6 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



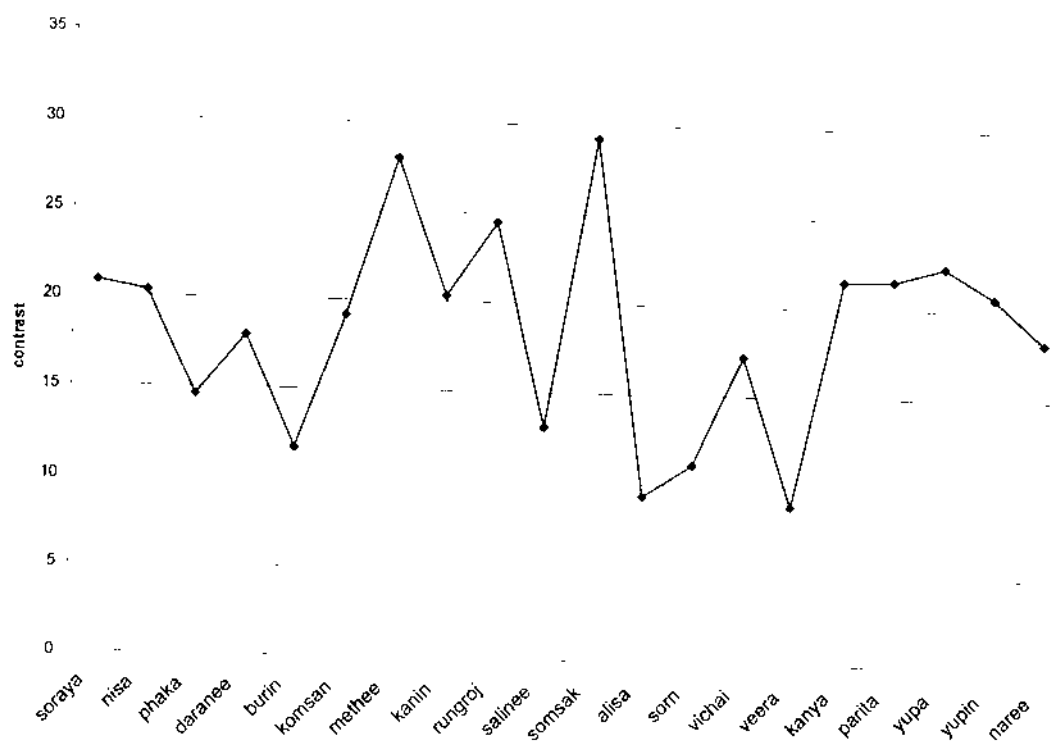
ภาพที่ 4-7 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



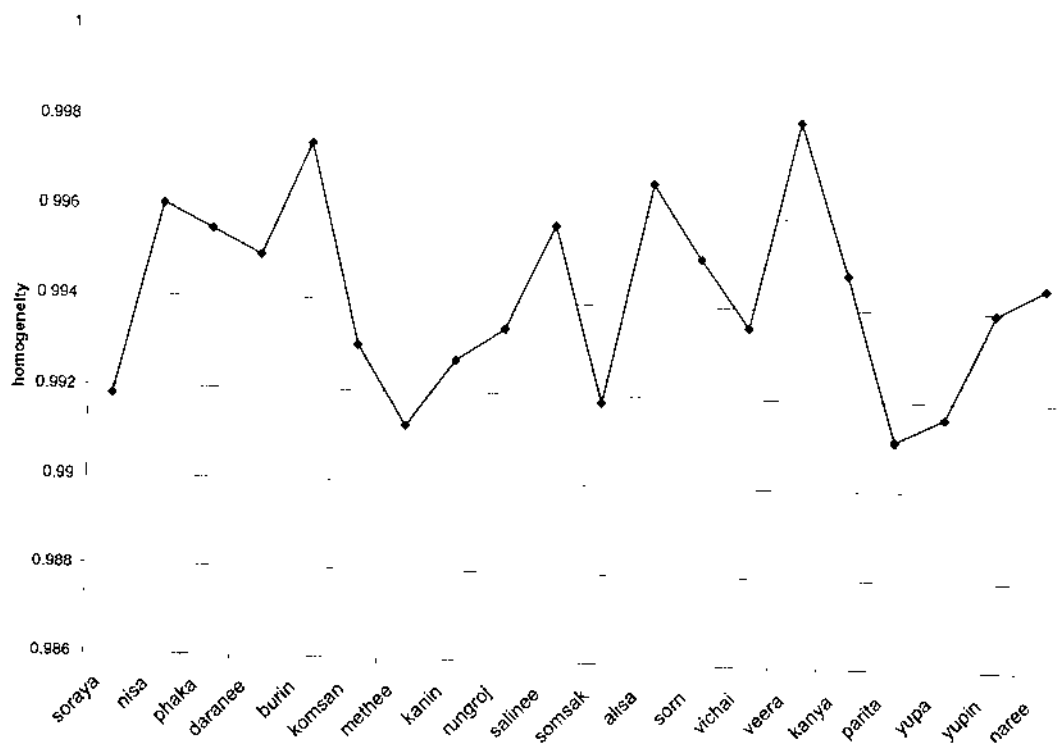
ภาพที่ 4-8 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



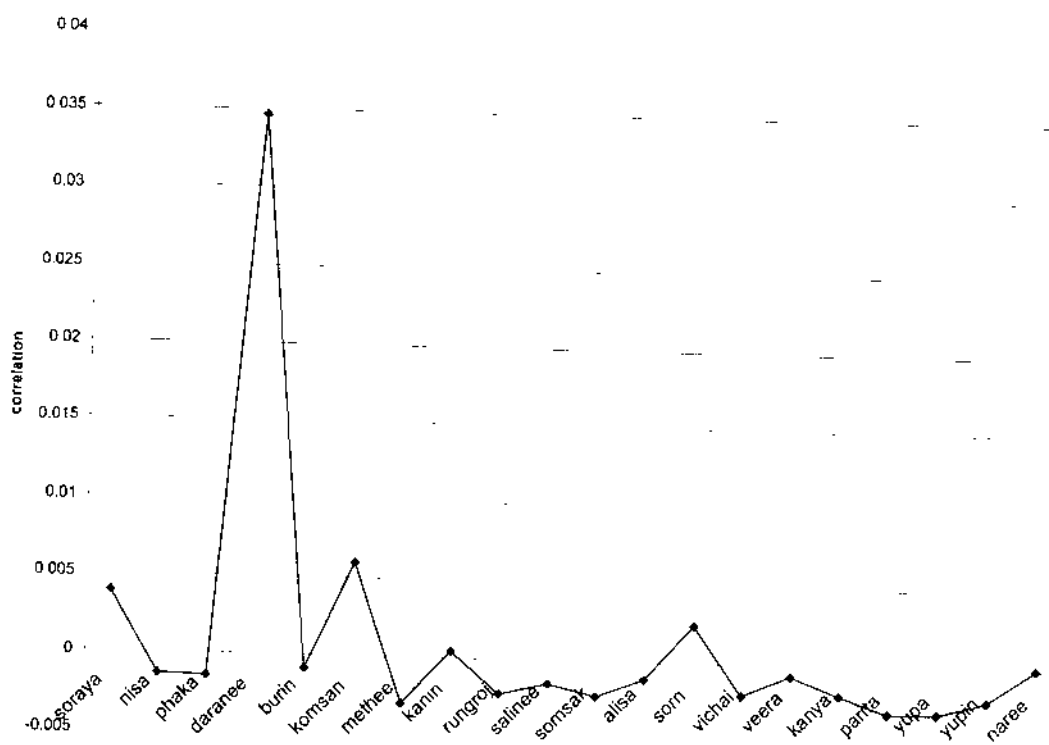
ภาพที่ 4-9 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



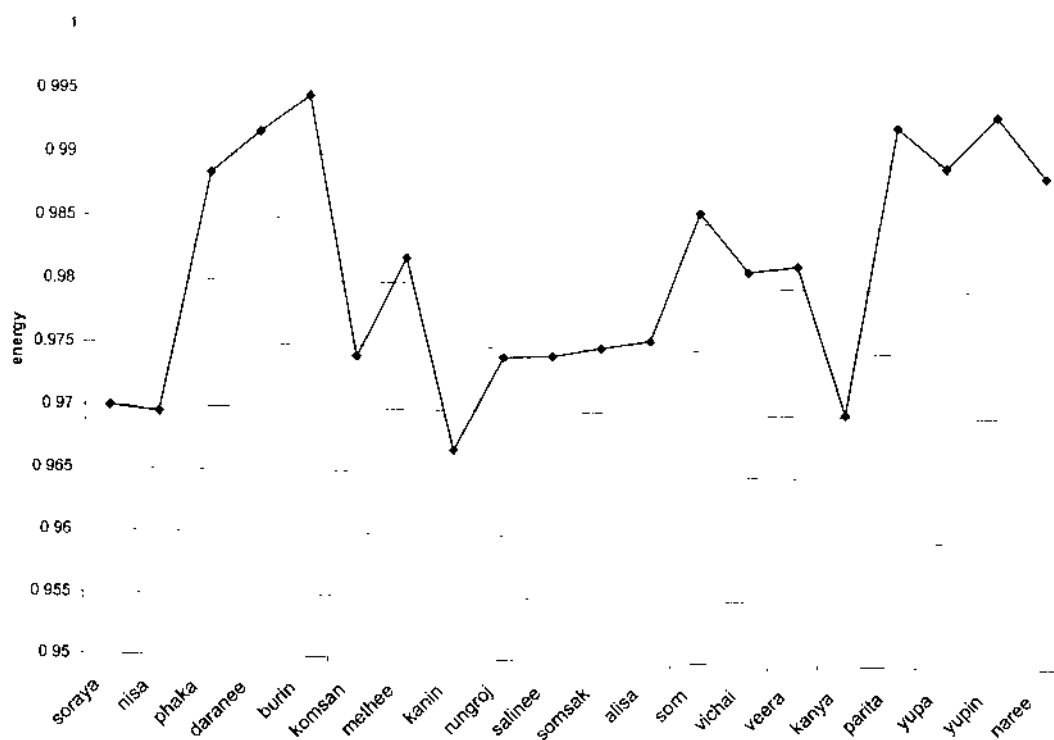
ภาพที่ 4-10 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



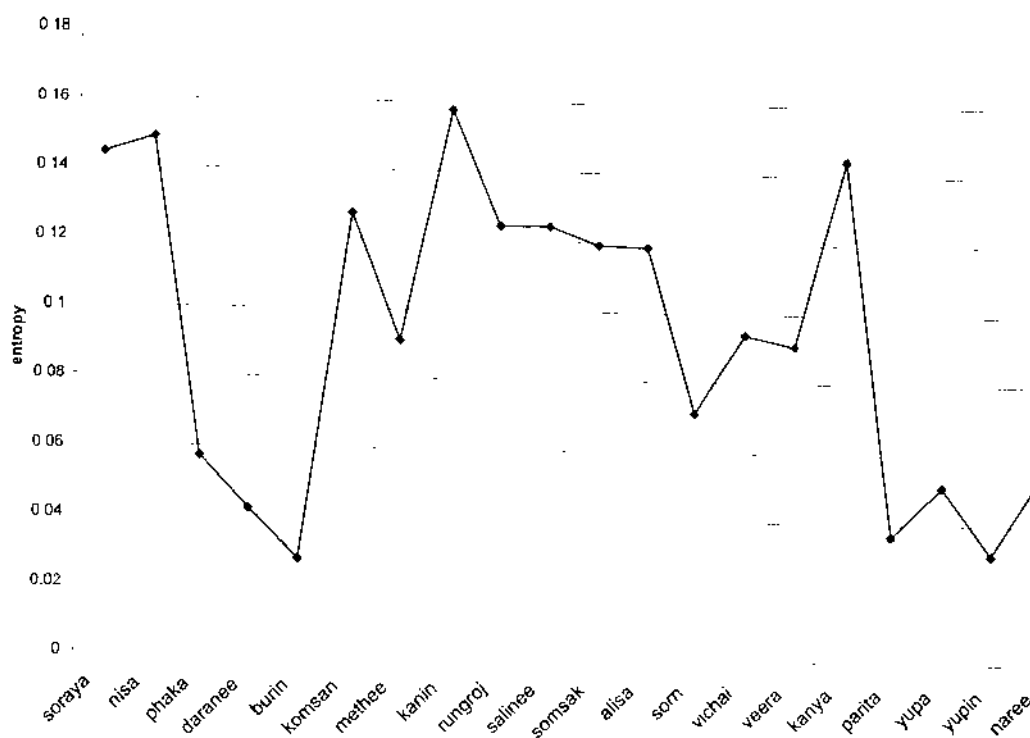
ภาพที่ 4-11 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ข่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



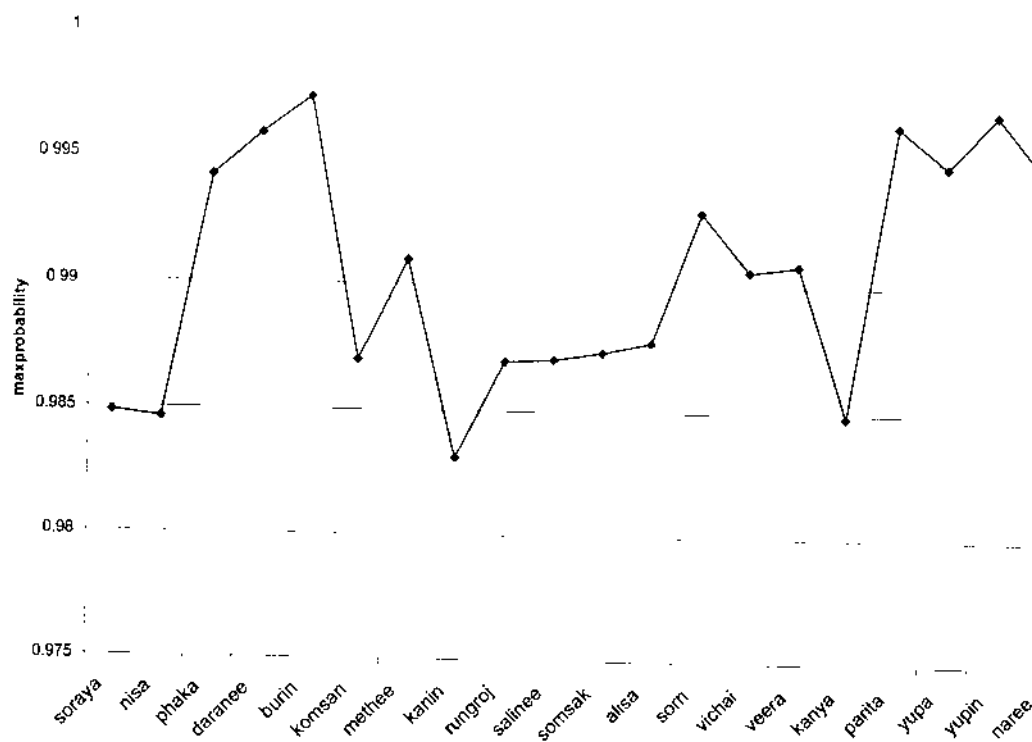
ภาพที่ 4-12 ค่าเฉลี่ย Correlation ข่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



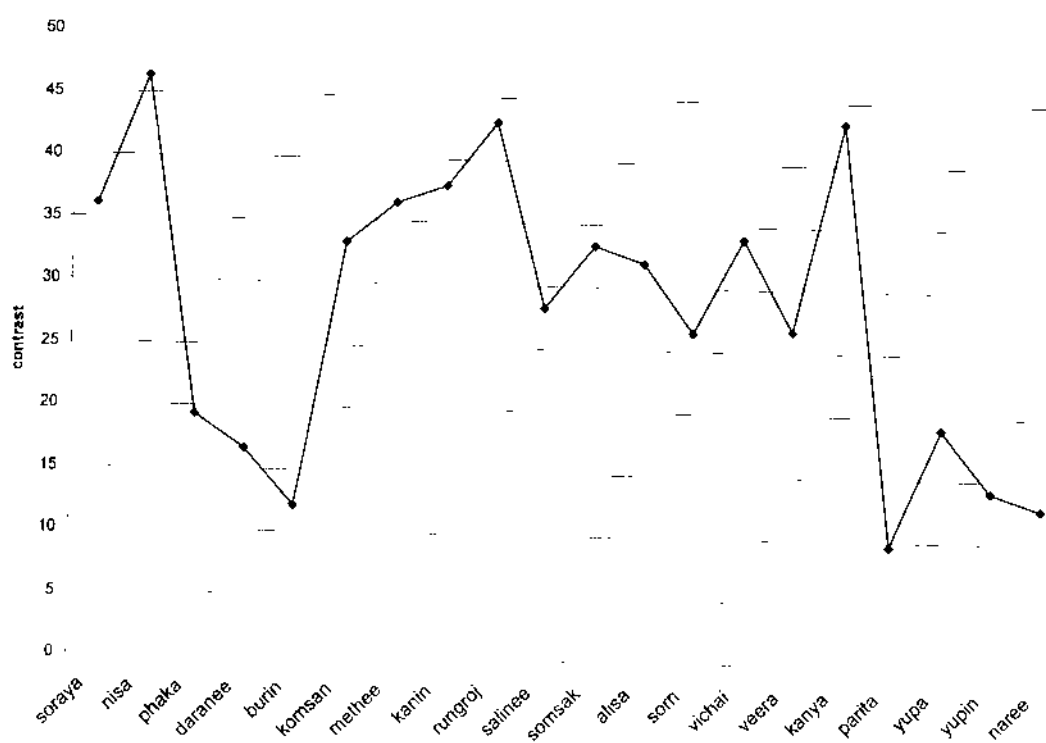
ภาพที่ 4-13 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



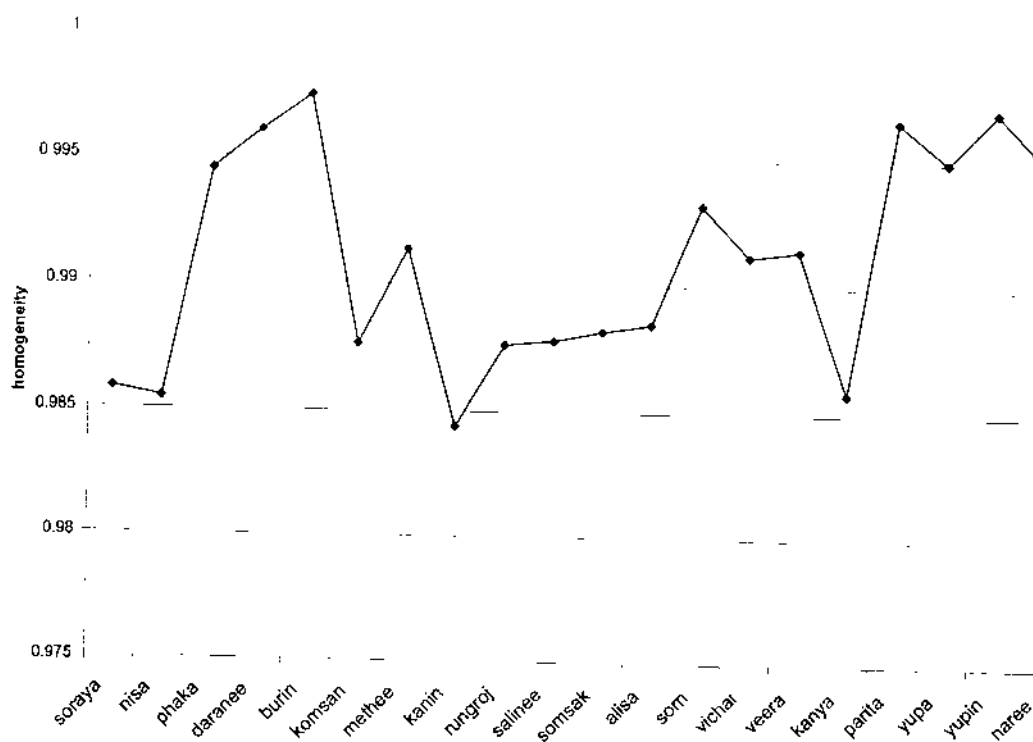
ภาพที่ 4-14 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



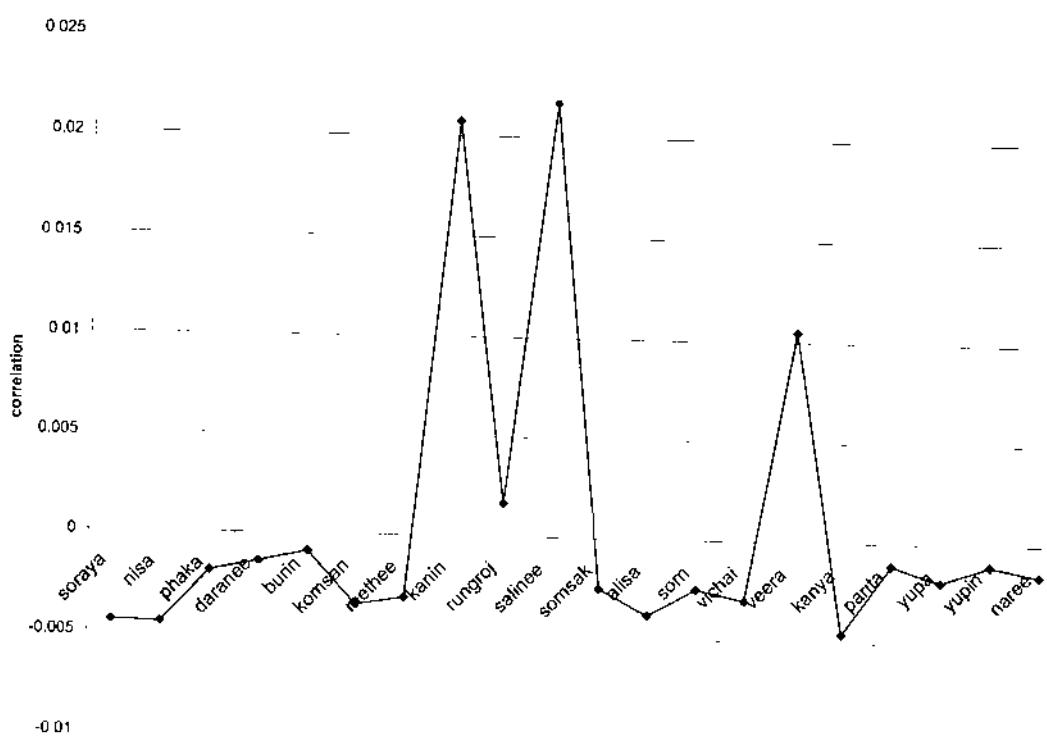
ภาพที่ 4-15 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-16 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-17 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-18 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3

4.1.2 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ผ่านการแปลงโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1-3 คือค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยของข้อมูล 3 ย่านความถี่ ได้แก่ย่านความถี่แถบ Horizontal Detail, Vertical Detail และ Diagonal Detail ปรากฏว่า ค่าที่ได้เกาะกลุ่มกัน ไม่สามารถจำแนกคนได้ ข้อมูลที่ได้โดยรวมในย่านนี้มีค่าซ้ำกัน และใกล้เคียงกันมากหลายคู่ ไม่เหมาะที่จะเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือ ดังภาพที่ 4-19 ถึงภาพที่ 4-36

ตารางที่ 4-24 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Soraya ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9016	0.8275	0.9303	0.9881	0.9925	0.9988	0.9932	0.9606	0.8506
Entropy	0.4363	0.7538	0.3115	0.0607	0.0380	0.0064	0.0334	0.1851	0.6543
MaximumProbability	0.9495	0.9096	0.9645	0.9940	0.9963	0.9994	0.9966	0.9801	0.9222
Contrast	40.8344	103.2887	26.0082	18.2035	12.7431	1.6930	4.0868	27.0329	102.0608
Homogeneity	0.9543	0.9169	0.9681	0.9944	0.9967	0.9994	0.9969	0.9821	0.9290
Correlation	0.0974	0.0693	0.0067	0.0453	-0.0009	-0.0001	-0.0006	-0.0039	-0.0076

ตารางที่ 4-25 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Nisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7201	0.8119	0.7693	0.9833	0.9894	0.9427	0.9902	0.9991	0.9891
Entropy	1.2028	0.8158	1.0078	0.0828	0.0533	0.2745	0.0495	0.0048	0.0545
MaximumProbability	0.8485	0.9010	0.8771	0.9916	0.9947	0.9709	0.9951	0.9995	0.9945
Contrast	208.5625	132.2434	191.3611	17.6041	15.2803	69.5655	11.1380	3.2631	10.5531
Homogeneity	0.8607	0.9107	0.8866	0.9924	0.9950	0.9729	0.9953	0.9996	0.9951
Correlation	0.0702	0.0279	0.0341	-0.0020	-0.0018	0.0085	-0.0015	-0.0001	-0.0015

ตารางที่ 4-26 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Phaka ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7733	0.8604	0.8402	0.9717	0.9805	0.9572	0.8756	0.9076	0.9792
Entropy	0.9939	0.6134	0.7079	0.1377	0.0961	0.2049	0.5560	0.4203	0.1038
MaximumProbability	0.8793	0.9276	0.9166	0.9858	0.9902	0.9784	0.9357	0.9527	0.9895
Contrast	194.7470	85.3877	113.5144	33.0066	22.2375	40.5047	99.3011	81.6432	23.3250
Homogeneity	0.8880	0.9338	0.9231	0.9868	0.9910	0.9800	0.9411	0.9564	0.9903
Correlation	0.0479	0.0631	0.0675	0.0019	-0.0028	-0.0035	-0.0117	-0.0004	-0.0021

ตารางที่ 4-27 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Darance ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6745	0.8566	0.8699	0.9925	0.9688	0.9968	0.9934	0.9921	0.9538
Entropy	1.4322	0.6396	0.5824	0.0371	0.1532	0.0165	0.0330	0.0391	0.2157
MaximumProbability	0.8211	0.9255	0.9327	0.9963	0.9843	0.9984	0.9967	0.9960	0.9766
Contrast	307.9478	106.5795	94.0493	3.0918	29.6881	3.3362	10.5394	5.6428	30.5169
Homogeneity	0.8355	0.9322	0.9376	0.9968	0.9854	0.9986	0.9970	0.9965	0.9788
Correlation	0.0933	0.0691	0.0361	-0.0009	0.0029	-0.0003	-0.0009	-0.0008	-0.0038

ตารางที่ 4-28 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Burin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7553	0.8278	0.8787	0.9869	0.9666	0.9970	0.7377	0.9564	0.9996
Entropy	1.0505	0.7487	0.5384	0.0665	0.1641	0.0152	1.1281	0.2043	0.0019
MaximumProbability	0.8690	0.9098	0.9374	0.9934	0.9832	0.9985	0.8588	0.2043	0.9998
Contrast	157.4779	103.9878	69.9114	16.1810	40.1408	4.6973	197.0075	28.4326	1.5463
Homogeneity	0.8808	0.9190	0.9436	0.9938	0.9839	0.9986	0.8692	0.9800	0.9998
Correlation	0.1120	0.0435	0.0684	0.0063	0.0052	-0.0005	0.0165	-0.0047	-Inf

ตารางที่ 4-29 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7815	0.7977	0.9513	0.9901	0.9979	0.9909	0.9736	0.8015	0.9959
Entropy	0.9531	0.8802	0.2279	0.0502	0.0110	0.0459	0.1268	0.8599	0.0210
MaximumProbability	0.8839	0.8931	0.9753	0.9950	0.9989	0.9955	0.9867	0.8952	0.9979
Contrast	154.5697	143.0771	27.0934	8.7925	5.1461	11.2919	25.3930	147.9271	3.8419
Homogeneity	0.8951	0.9024	0.9775	0.9956	0.9990	0.9958	0.9878	0.9042	0.9981
Correlation	0.0984	0.0998	0.0375	-0.0012	-0.0003	-0.0013	-0.0039	-0.0049	-0.0004

ตารางที่ 4-30 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Komsan ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7610	0.9632	0.8170	0.9659	0.9688	0.9993	0.9792	0.8577	0.9520
Entropy	1.0725	0.1722	0.8098	0.1639	0.1519	0.0037	0.1011	0.6352	0.2267
MaximumProbability	0.8723	0.9814	0.9038	0.9828	0.9843	0.9996	0.9895	0.9261	0.9757
Contrast	234.3528	13.9944	118.3472	25.3541	21.6124	3.3450	14.7602	121.7234	37.4333
Homogeneity	0.8803	0.9837	0.9113	0.9844	0.9856	0.9997	0.9905	0.9321	0.9779
Correlation	0.0805	0.0010	0.1101	0.0230	0.0002	-0.0002	-0.0027	0.0034	0.1037

ตารางที่ 4-31 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Methce ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9496	0.7938	0.8116	0.9789	0.9964	0.9966	0.8499	0.8786	0.9899
Entropy	0.2349	0.9213	0.8347	0.1024	0.0184	0.0175	0.6534	0.5401	0.0504
MaximumProbability	0.9745	0.8909	0.9009	0.9894	0.9982	0.9983	0.9219	0.9373	0.9949
Contrast	22.2219	202.4511	130.4438	21.6669	5.7554	10.3981	85.3083	79.1088	4.3815
Homogeneity	0.9770	0.8991	0.9090	0.9901	0.9984	0.9984	0.9289	0.9427	0.9955
Correlation	0.0597	0.0948	0.0786	-0.0032	-0.0005	-0.0006	0.0146	0.0507	-0.0013

ตารางที่ 4-32 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Rungroj ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7813	0.8712	0.7509	0.9922	0.9786	0.9929	0.9653	0.8616	0.9268
Entropy	0.9522	0.5654	1.0901	0.0397	0.1056	0.0360	0.1689	0.6087	0.3363
MaximumProbability	0.8839	0.9334	0.8665	0.9961	0.9892	0.9964	0.9825	0.9282	0.9627
Contrast	154.9038	60.5520	198.2624	9.8480	17.0879	6.2497	45.8620	99.0189	56.1703
Homogeneity	0.8928	0.9393	0.8773	0.9964	0.9902	0.9966	0.9839	0.9339	0.9659
Correlation	0.0727	0.0590	0.0733	-0.0010	-0.0030	-0.0012	-0.0052	-0.0095	-0.0071

ตารางที่ 4-33 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Salinee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7174	0.8227	0.8089	0.9812	0.9922	0.9986	0.9599	0.9727	0.9450
Entropy	1.2567	0.7843	0.8348	0.0912	0.0380	0.0074	0.1896	0.1315	0.2599
MaximumProbability	0.8469	0.9070	0.8994	0.9906	0.9961	0.9993	0.9797	0.9862	0.9721
Contrast	276.0697	116.7486	125.2366	18.4822	8.7825	3.0137	23.5396	20.2767	59.4540
Homogeneity	0.8577	0.9141	0.9073	0.9912	0.9965	0.9993	0.9818	0.9874	0.9741
Correlation	0.1146	0.0912	0.0676	0.0079	-0.0007	-0.0002	-0.0055	0.0261	0.0206

ตารางที่ 4-34 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Somsak ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7307	0.6892	0.6708	0.9818	0.9901	0.9964	0.9575	0.9895	0.9264
Entropy	1.1502	1.3431	1.4149	0.0906	0.0501	0.0181	0.2000	0.0528	0.3389
MaximumProbability	0.8547	0.8301	0.8189	0.9908	0.9950	0.9982	0.9785	0.9947	0.9625
Contrast	195.6513	253.4978	264.2240	14.6576	9.2407	3.8759	30.2368	11.1507	59.7723
Homogeneity	0.8653	0.8432	0.8324	0.9916	0.9954	0.9984	0.9806	0.9952	0.9653
Correlation	0.0221	0.0398	0.0323	-0.0028	-0.0014	-0.0004	-0.0055	-0.0012	0.0071

ตารางที่ 4-35 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Alisa ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9264	0.9649	0.8402	0.9948	0.9954	0.9988	0.9682	0.9829	0.9895
Entropy	0.3308	0.1638	0.6947	0.0264	0.0236	0.0064	0.1536	0.0851	0.0516
MaximumProbability	0.9625	0.9823	0.9166	0.9974	0.9977	0.9994	0.9840	0.9914	0.9947
Contrast	36.0627	14.2161	89.7995	11.8141	9.3103	3.1275	26.4355	20.1155	6.3195
Homogeneity	0.9667	0.9844	0.9246	0.9975	0.9978	0.9994	0.9851	0.9920	0.9954
Correlation	0.0268	0.0419	0.0652	-0.0008	-0.0006	-0.0002	-0.0045	-0.0024	-0.0011

ตารางที่ 4-36 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Som ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6687	0.7512	0.7920	0.9888	0.9938	0.9927	0.9335	0.8097	0.9974
Entropy	1.4314	1.0738	0.9158	0.0557	0.0317	0.0371	0.3079	0.8217	0.0136
MaximumProbability	0.8176	0.8666	0.8899	0.9944	0.9969	0.9964	0.9662	0.8998	0.9987
Contrast	308.2469	198.6315	184.8889	9.6896	8.6337	14.0842	48.0458	147.9745	5.6446
Homogeneity	0.8315	0.8761	0.8980	0.9947	0.9970	0.9965	0.9690	0.9086	0.9988
Correlation	0.0594	0.0082	0.0692	0.0809	-0.0009	-0.0012	0.0031	-0.0116	-0.0004

ตารางที่ 4-37 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vichai ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7558	0.8603	0.7603	0.9934	0.9745	0.9602	0.9148	0.9859	0.9586
Entropy	1.0656	0.6094	1.0598	0.0335	0.1252	0.1922	0.3869	0.0691	0.1937
MaximumProbability	0.8693	0.9275	0.8719	0.9967	0.9872	0.9799	0.9565	0.9929	0.9791
Contrast	215.5785	80.9616	225.9038	6.5714	24.6068	40.2516	63.7634	8.4049	25.9662
Homogeneity	0.8795	0.9341	0.8819	0.9971	0.9882	0.9814	0.9605	0.9936	0.9813
Correlation	0.0428	0.0134	0.0851	0.0037	-0.0037	0.0123	0.0177	-0.0017	-0.0031

ตารางที่ 4-38 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Veera ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7125	0.8012	0.8127	0.9911	0.9710	0.9966	0.9614	0.9168	0.8549
Entropy	1.2431	0.8764	0.8252	0.0439	0.1423	0.0175	0.1811	0.3781	0.6309
MaximumProbability	0.8440	0.8951	0.9015	0.9956	0.9854	0.9983	0.9805	0.9575	0.9246
Contrast	262.5986	166.5651	152.9458	7.5601	28.0726	4.0792	19.8465	65.2925	94.2570
Homogeneity	0.8571	0.9030	0.9091	0.9959	0.9865	0.9985	0.9826	0.9616	0.9312
Correlation	0.0680	0.0734	0.0903	-0.0011	0.0127	-0.0004	0.0060	0.0122	0.0033

ตารางที่ 4-39 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanya ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.8543	0.8478	0.8842	0.9619	0.9812	0.9796	0.9053	0.8772	0.9359
Entropy	0.6404	0.6686	0.5195	0.1823	0.0931	0.0998	0.4289	0.5422	0.2948
MaximumProbability	0.9243	0.9208	0.9403	0.9808	0.9906	0.9898	0.9515	0.9366	0.9674
Contrast	97.8386	101.9276	71.8980	38.6588	21.5666	16.8469	75.4321	90.3995	45.2542
Homogeneity	0.9301	0.9270	0.9454	0.9825	0.9914	0.9908	0.9556	0.9422	0.9706
Correlation	0.0288	0.0146	0.0771	0.0031	-0.0025	0.0026	0.0107	-0.0016	0.0135

ตารางที่ 4-40 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Parita ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7089	0.7823	0.6687	0.9782	0.9938	0.9986	0.9573	0.9846	0.9959
Entropy	1.2991	0.9429	1.4610	0.1068	0.0314	0.0074	0.2048	0.0762	0.0207
MaximumProbability	0.8419	0.8844	0.8176	0.9891	0.9969	0.9993	0.9784	0.9923	0.9979
Contrast	319.0479	145.3718	338.8857	20.1017	11.9948	3.5183	39.7927	9.1518	4.9532
Homogeneity	0.8529	0.8939	0.8312	0.9901	0.9970	0.9993	0.9804	0.9930	0.9981
Correlation	0.1123	0.0733	0.0745	-0.0028	-0.0010	-0.0002	-0.0008	-0.0021	-0.0006

ตารางที่ 4-41 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupa ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7874	0.8023	0.7432	0.9766	0.9784	0.9902	0.9910	0.9584	0.9993
Entropy	0.9450	0.8757	1.1404	0.1142	0.1077	0.0479	0.0450	0.2004	0.0039
MaximumProbability	0.8873	0.8957	0.8620	0.9883	0.9891	0.9951	0.9955	0.9790	0.9996
Contrast	194.5449	171.0100	230.3381	23.7905	23.5974	7.3879	9.1389	40.4984	3.0201
Homogeneity	0.8954	0.9025	0.8720	0.9895	0.9898	0.9957	0.9961	0.9803	0.9996
Correlation	0.0646	0.0586	0.1060	-0.0028	0.0054	-0.0010	-0.0010	0.0216	-0.0001

ตารางที่ 4-42 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.8409	0.8366	0.9144	0.9791	0.9881	0.9908	0.8978	0.9891	0.9716
Entropy	0.7033	0.7135	0.3910	0.1042	0.0601	0.0461	0.4592	0.0540	0.1384
MaximumProbability	0.9170	0.9146	0.9562	0.9895	0.9940	0.9954	0.9475	0.9945	0.9857
Contrast	109.8597	103.8373	51.4451	26.8123	23.4371	9.7245	67.8864	10.4310	22.7781
Homogeneity	0.9235	0.9218	0.9597	0.9902	0.9945	0.9958	0.9520	0.9950	0.9866
Correlation	0.0626	0.0291	0.0498	-0.0028	-0.0017	-0.0013	0.0141	-0.0015	0.0081

ตารางที่ 4-43 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Naree ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.9402	0.8610	0.9317	0.9756	0.9964	0.9688	0.8901	0.9001	0.9930
Entropy	0.2731	0.6211	0.3112	0.1186	0.0184	0.1541	0.4908	0.4499	0.0355
MaximumProbability	0.9696	0.9279	0.9652	0.9877	0.9982	0.9843	0.9434	0.9487	0.9965
Contrast	25.5809	97.4744	31.7991	16.8308	6.0596	33.5484	72.0642	76.2584	15.5295
Homogeneity	0.9727	0.9336	0.9684	0.9889	0.9983	0.9852	0.9482	0.9529	0.9966
Correlation	0.0173	0.0873	0.0604	-0.0033	-0.0006	-0.0021	0.0001	0.0282	-0.0013

ตารางที่ 4-44 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมีย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1

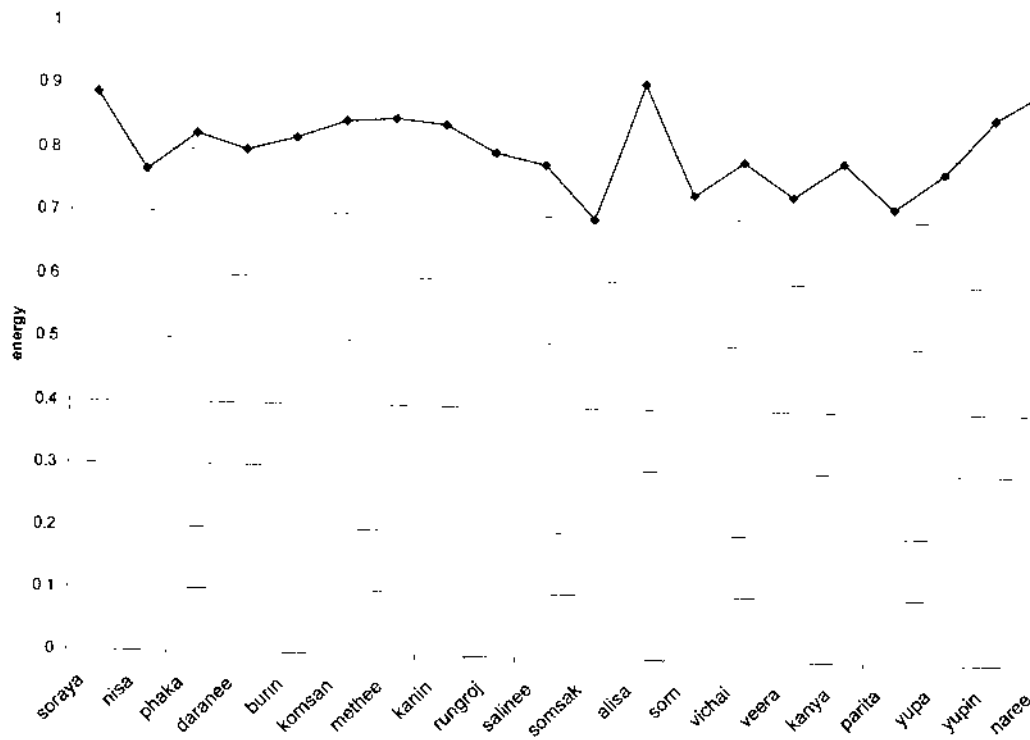
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.8865	0.5005	0.9412	56.7104	0.9464	0.0578
Nisa	0.7671	1.0088	0.8755	177.3890	0.8860	0.0441
Phaka	0.8246	0.7717	0.9078	131.2164	0.9150	0.0595
Daranee	0.8003	0.8847	0.8931	169.5255	0.9018	0.0662
Burin	0.8206	0.7792	0.9054	110.4590	0.9144	0.0746
Komsan	0.8471	0.6848	0.9192	122.2315	0.9251	0.0638
Methec	0.8517	0.6636	0.9221	118.3723	0.9284	0.0777
Kanin	0.8435	0.6871	0.9175	108.2467	0.9250	0.0785
Rungroj	0.8011	0.8693	0.8946	137.9061	0.9031	0.0683
Salinee	0.7830	0.9586	0.8844	172.6850	0.8930	0.0912
Somsak	0.6969	1.3027	0.8346	237.7910	0.8470	0.0314
Alisa	0.9105	0.3964	0.9538	46.6928	0.9586	0.0446
Sorn	0.7373	1.1403	0.8580	230.5891	0.8685	0.0456
Vichai	0.7921	0.9116	0.8896	174.1480	0.8985	0.0471
Vecra	0.7373	1.1403	0.8580	230.5891	0.8685	0.0456
Kanya	0.7921	0.9116	0.8896	174.1480	0.8985	0.0471
Parita	0.7200	1.2343	0.8480	267.7685	0.8593	0.0867
Yupa	0.7776	0.9871	0.8817	198.6310	0.8900	0.0764
Yupin	0.8640	0.6026	0.9293	88.3807	0.9350	0.0472
Naree	0.9109	0.4018	0.9542	51.6181	0.9582	0.0550

ตารางที่ 4-45 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือข่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 2

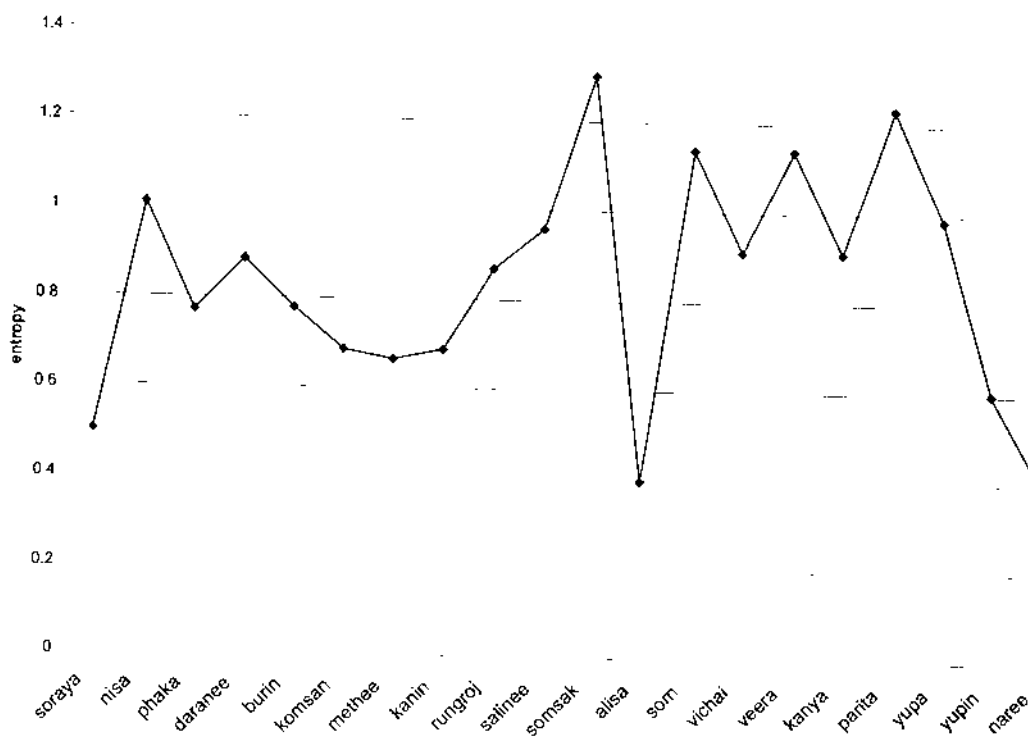
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.9931	0.0350	0.9966	10.8799	0.9968	0.0148
Nisa	0.9718	0.1369	0.9857	34.1500	0.9868	0.0016
Phaka	0.9698	0.1462	0.9848	31.9163	0.9859	-0.0015
Darance	0.9860	0.0690	0.9930	12.0387	0.9936	0.0006
Burin	0.9835	0.0819	0.9917	20.3397	0.9921	0.0037
Komsan	0.9780	0.1065	0.9889	16.7705	0.9899	0.0077
Methee	0.9907	0.0461	0.9953	12.6068	0.9956	-0.0014
Kanin	0.9930	0.0357	0.9965	8.4102	0.9968	-0.0009
Rungroj	0.9879	0.0604	0.9939	11.0619	0.9944	-0.0017
Salinee	0.9907	0.0455	0.9953	10.0928	0.9957	0.0024
Somsak	0.9894	0.0529	0.9947	9.2581	0.9951	-0.0015
Alisa	0.9963	0.0188	0.9982	8.0840	0.9983	-0.0005
Sorn	0.9918	0.0415	0.9959	10.8025	0.9961	0.0263
Vichai	0.9760	0.1170	0.9879	23.8099	0.9889	0.0041
Veera	0.9863	0.0679	0.9931	13.2373	0.9936	0.0037
Kanya	0.9743	0.1251	0.9870	25.6908	0.9882	0.0011
Parita	0.9902	0.0485	0.9951	11.8716	0.9955	-0.0013
Yupa	0.9818	0.0899	0.9908	18.2586	0.9917	0.0005
Yupin	0.9860	0.0701	0.9930	19.9913	0.9935	-0.0020
Naree	0.9803	0.0970	0.9901	18.8129	0.9908	-0.0020

ตารางที่ 4-46 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 3

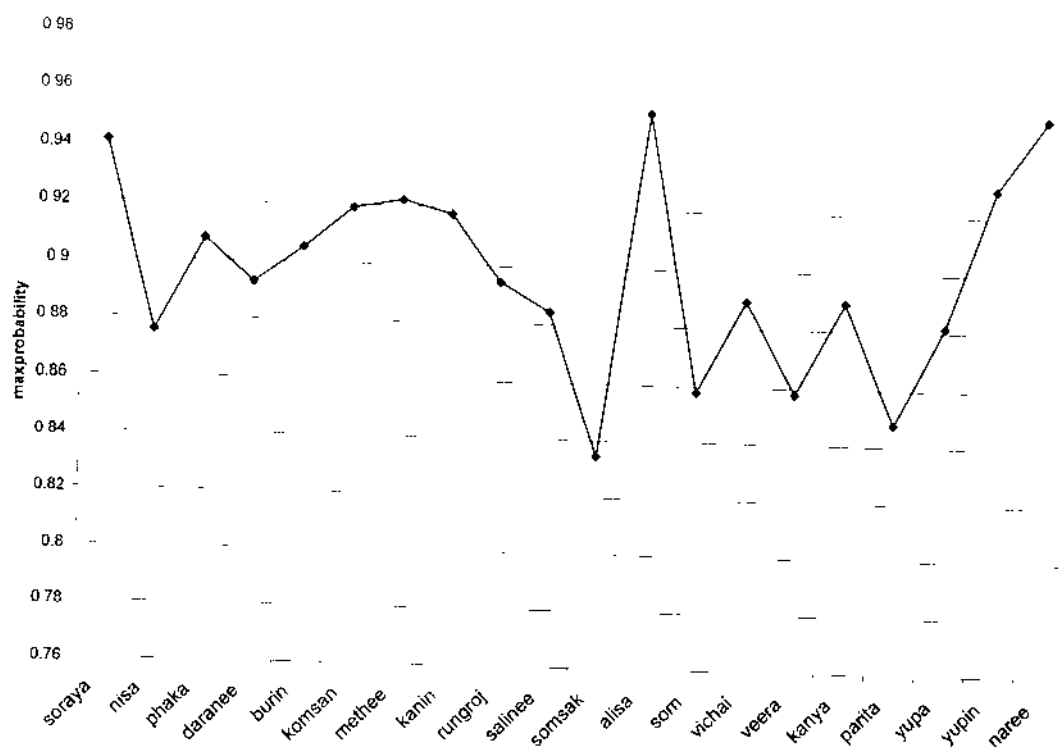
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.9348	0.2909	0.9663	44.3935	0.9693	-0.0040
Nisa	0.9928	0.0363	0.9964	8.3181	0.9966	-0.0011
Phaka	0.9208	0.3600	0.9593	68.0898	0.9626	-0.0047
Darance	0.9798	0.0959	0.9898	15.5664	0.9908	-0.0018
Burin	0.8979	0.4448	0.6877	75.6621	0.9497	-Inf
Komsan	0.9296	0.3210	0.9638	57.9723	0.9668	0.0348
Methce	0.9061	0.4147	0.9514	56.2662	0.9557	0.0213
Kanin	0.9236	0.3359	0.9599	59.0540	0.9634	-0.0031
Rungroj	0.9179	0.3713	0.9578	67.0171	0.9612	-0.0073
Salinee	0.9592	0.1937	0.9794	34.4234	0.9811	0.0138
Somsak	0.9578	0.1972	0.9786	33.7199	0.9804	0.0001
Alisa	0.9802	0.0968	0.9900	17.6235	0.9908	-0.0027
Sorn	0.9135	0.3811	0.9549	67.2216	0.9588	-0.0030
Vichai	0.9531	0.2166	0.9762	32.7115	0.9785	0.0043
Vecra	0.9110	0.3967	0.9542	59.7987	0.9585	0.0072
Kanya	0.9061	0.4219	0.9518	70.3619	0.9561	0.0076
Parita	0.9793	0.1006	0.9895	17.9659	0.9905	-0.0012
Yupa	0.9829	0.0831	0.9914	17.5525	0.9920	0.0069
Yupin	0.9528	0.2172	0.9759	33.6985	0.9779	0.0069
Naree	0.9278	0.3254	0.9629	54.6174	0.9659	0.0090



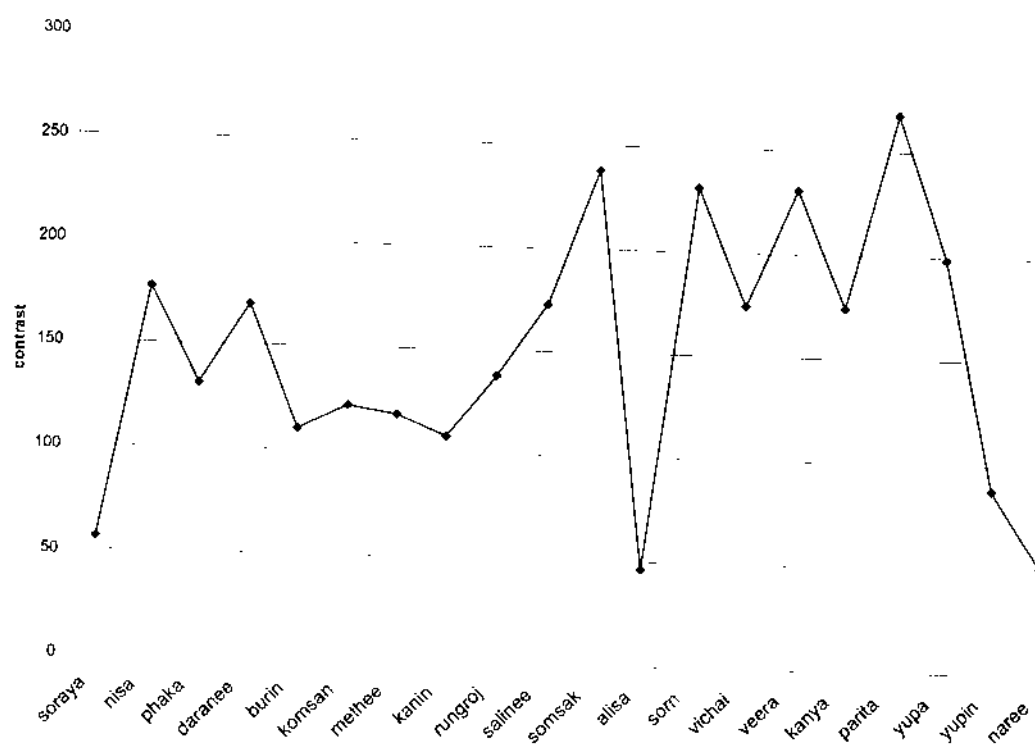
ภาพที่ 4-19 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



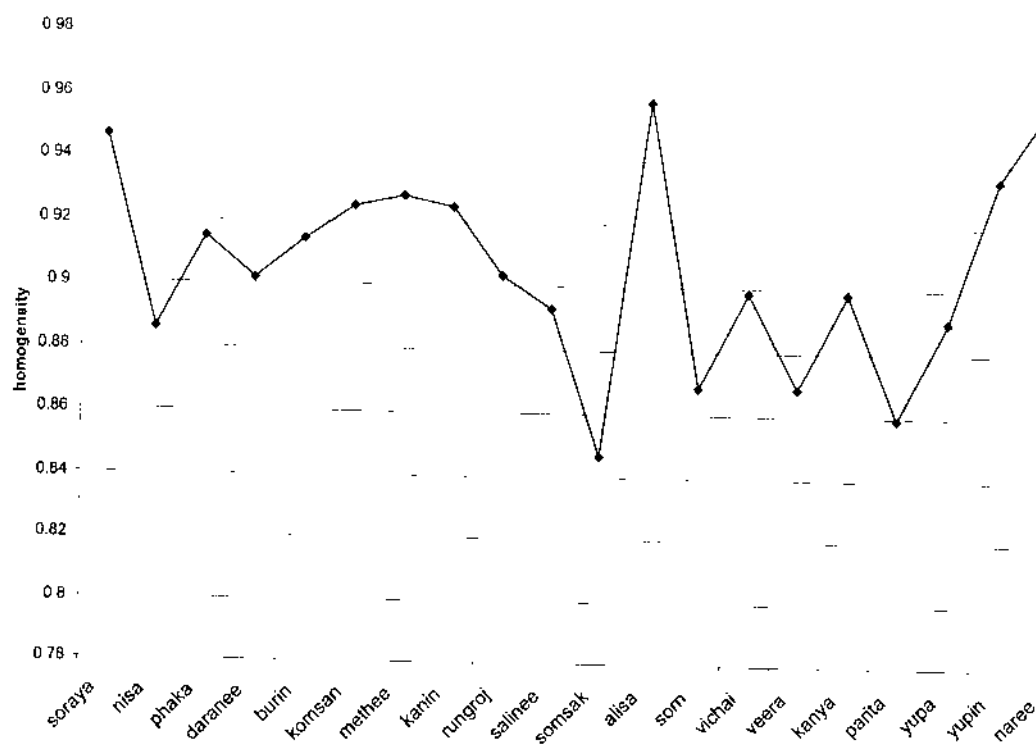
ภาพที่ 4-20 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



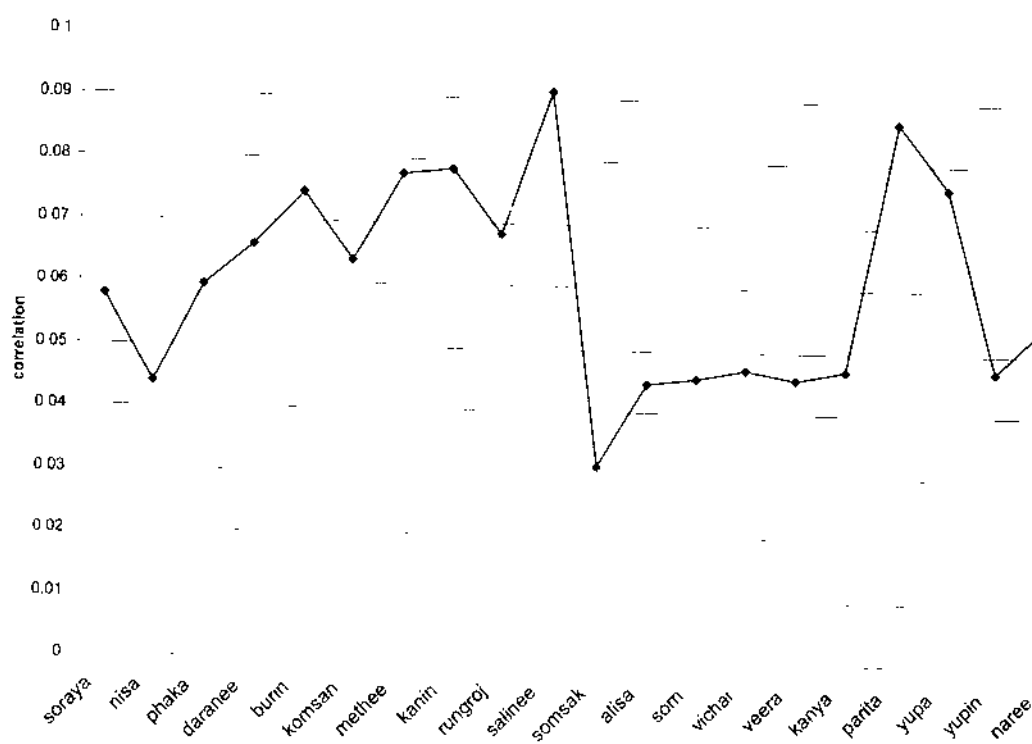
ภาพที่ 4-21 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



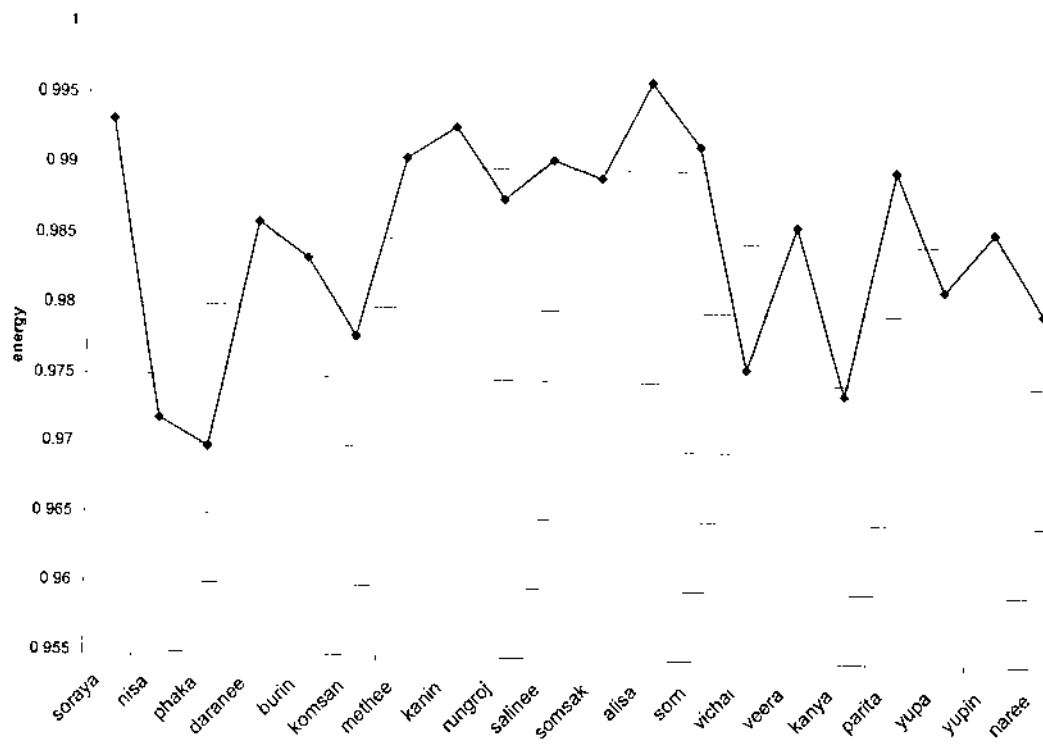
ภาพที่ 4-22 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



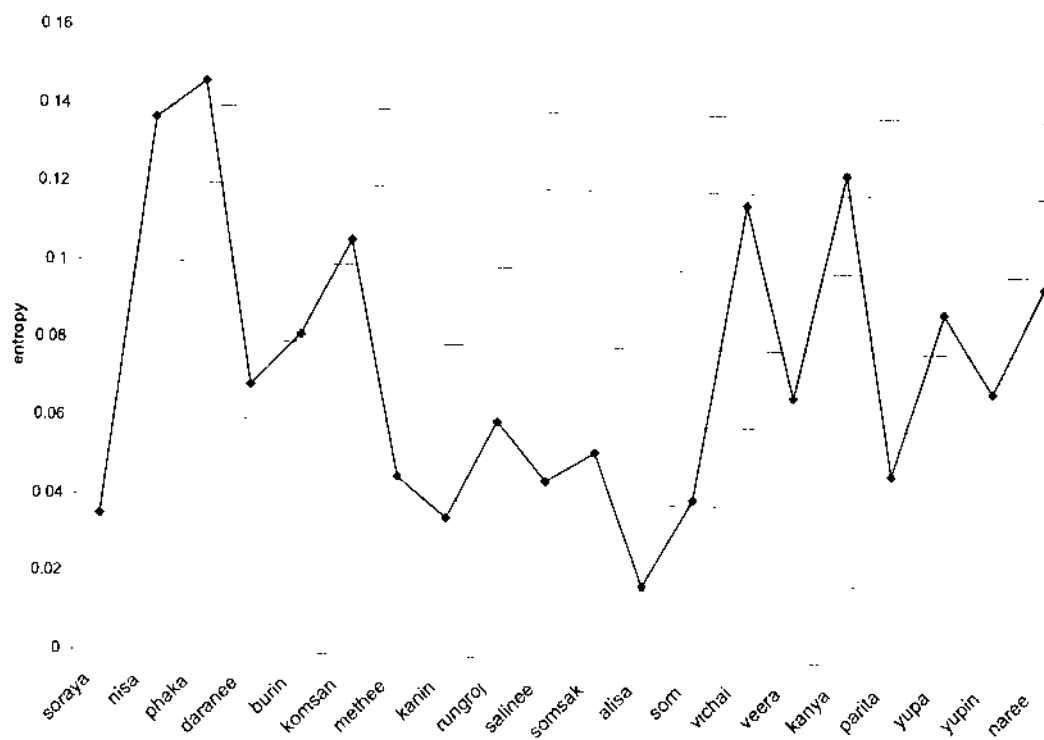
ภาพที่ 4-23 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



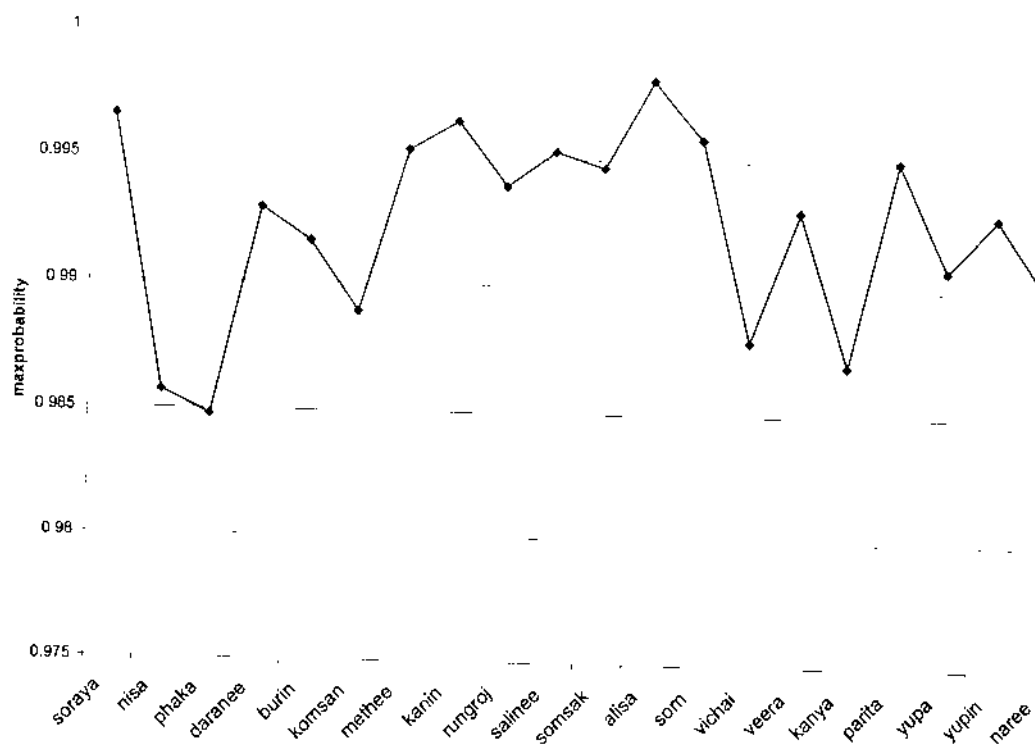
ภาพที่ 4-24 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



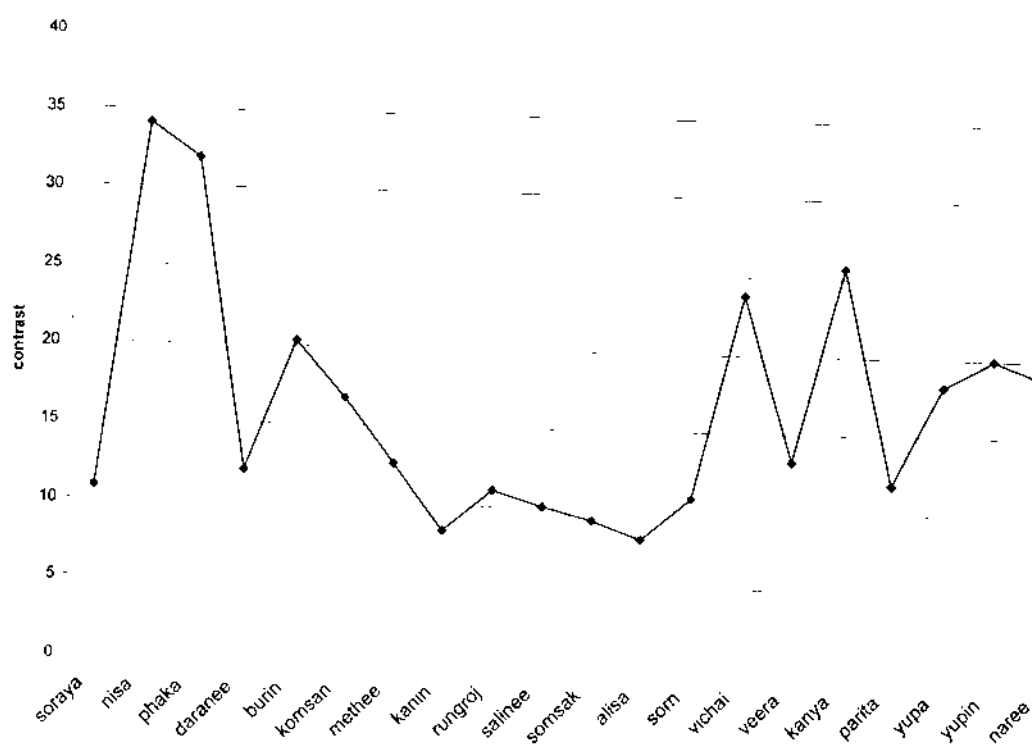
ภาพที่ 4-25 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



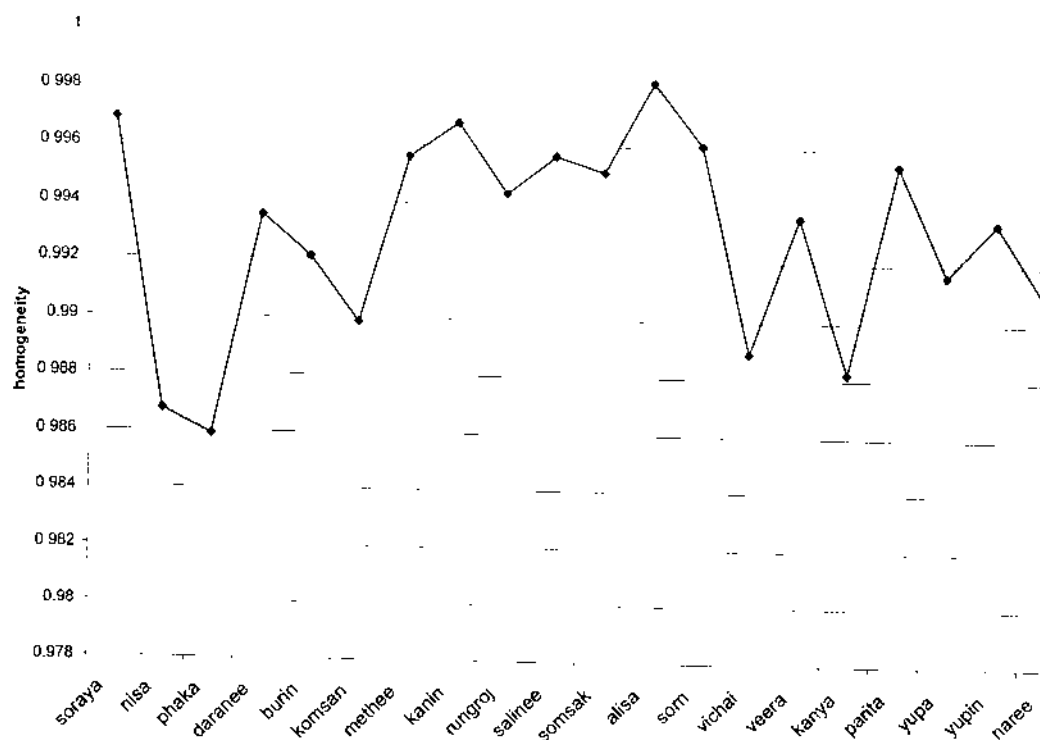
ภาพที่ 4-26 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



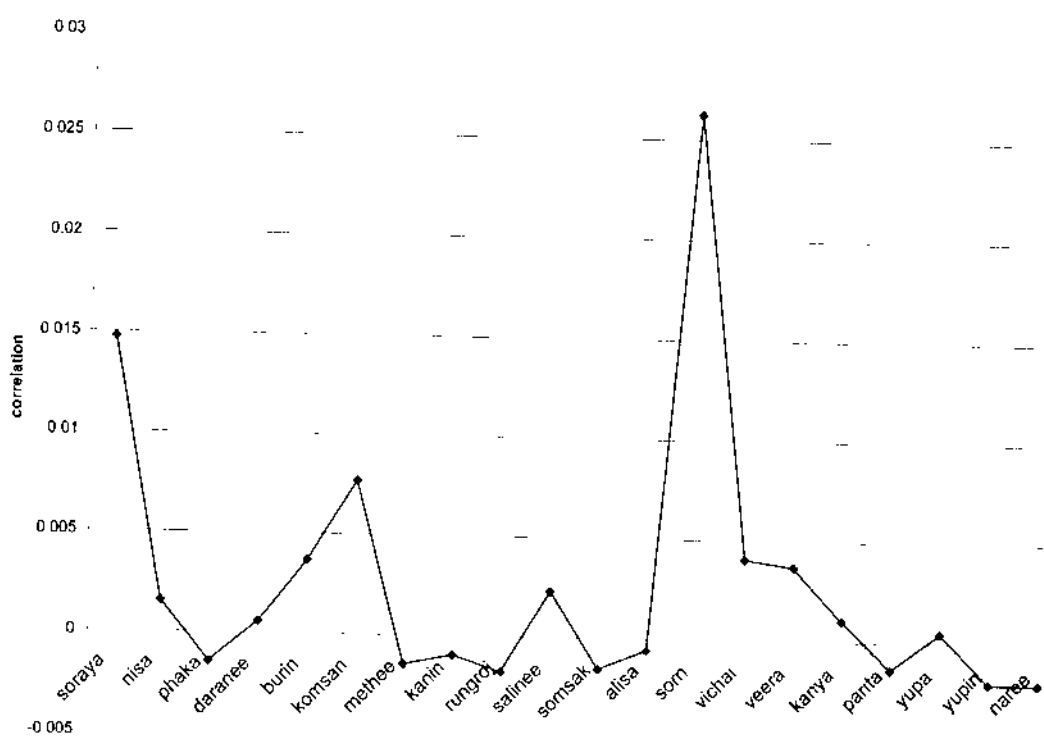
ภาพที่ 4-27 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



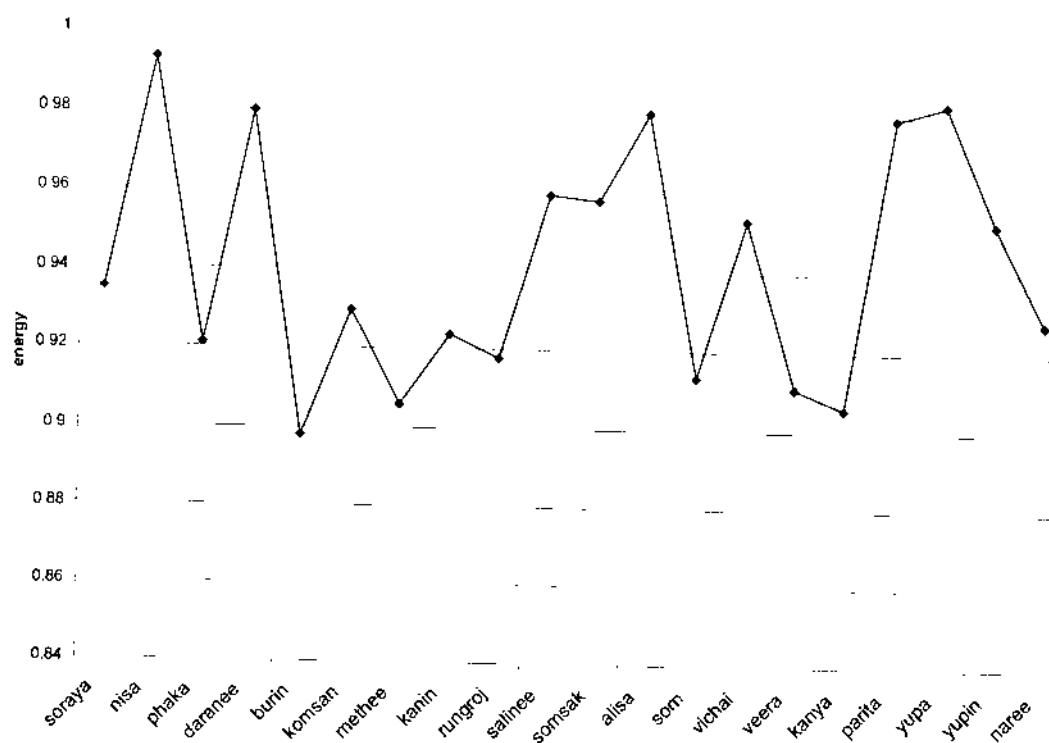
ภาพที่ 4-28 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



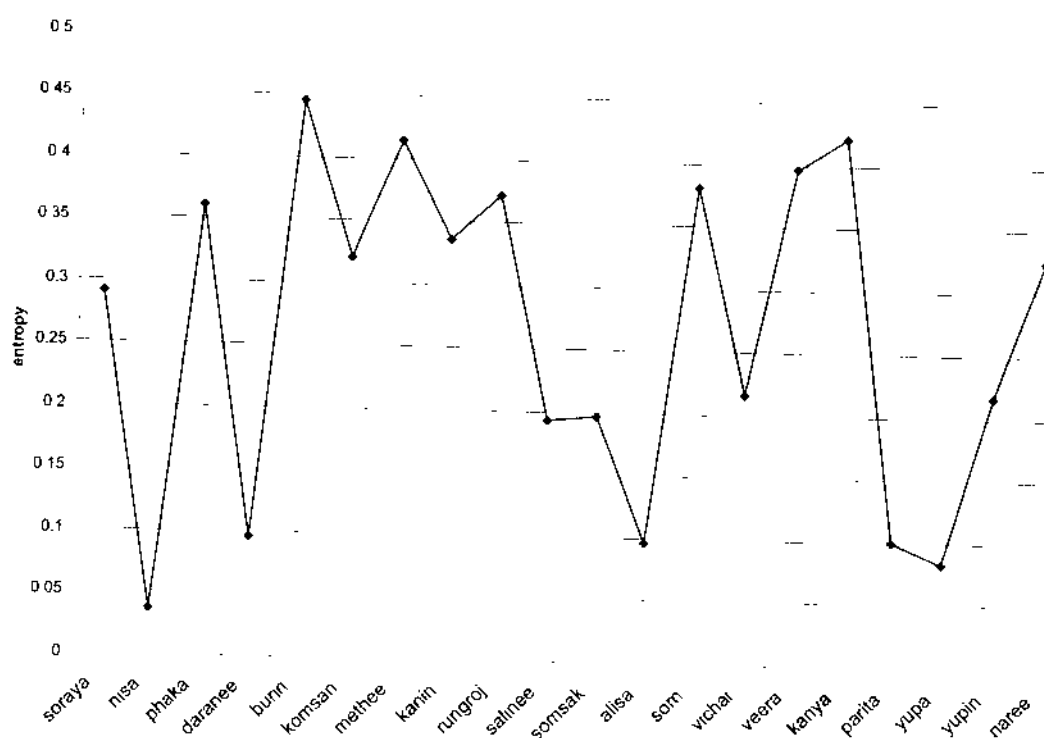
ภาพที่ 4-29 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



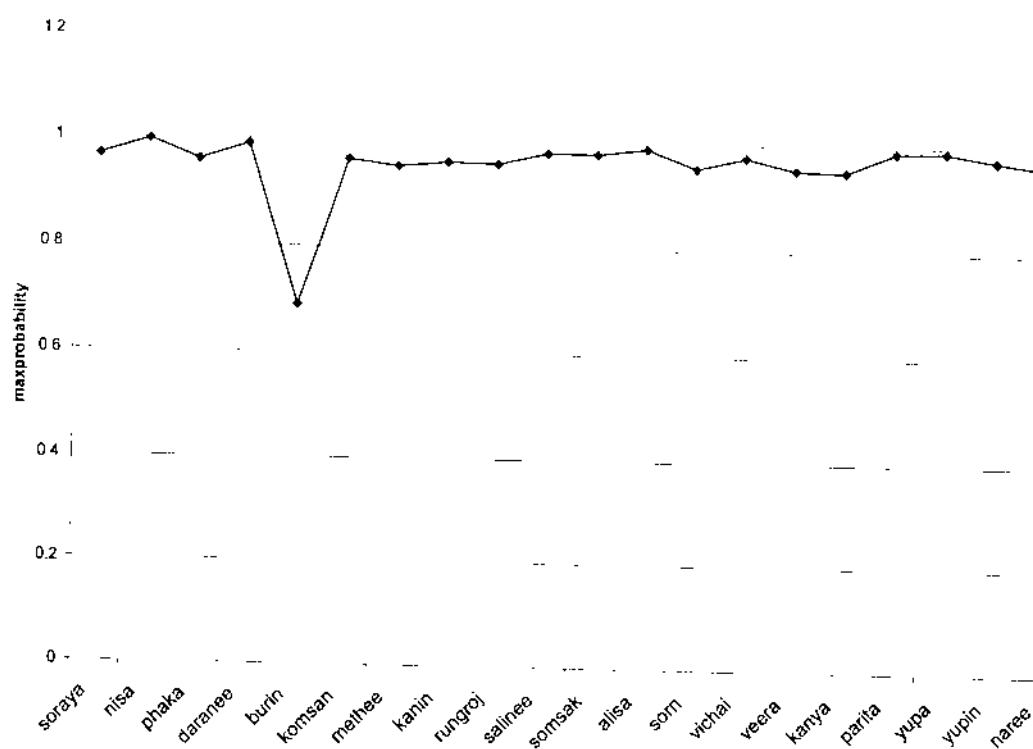
ภาพที่ 4-30 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



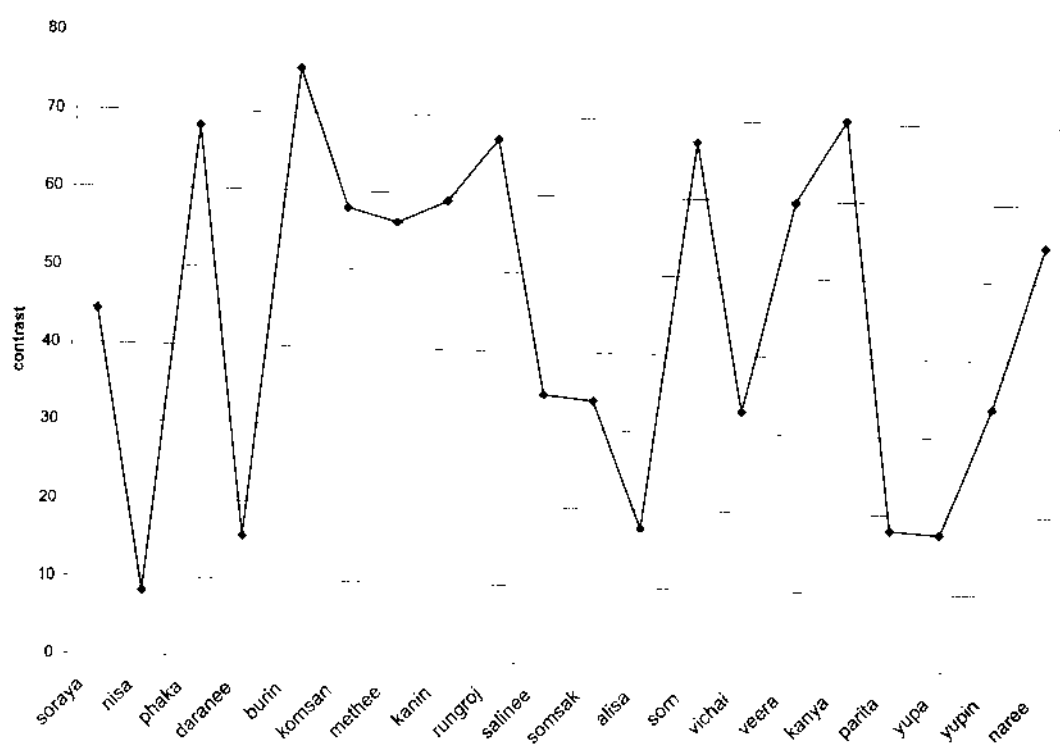
ภาพที่ 4-31 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



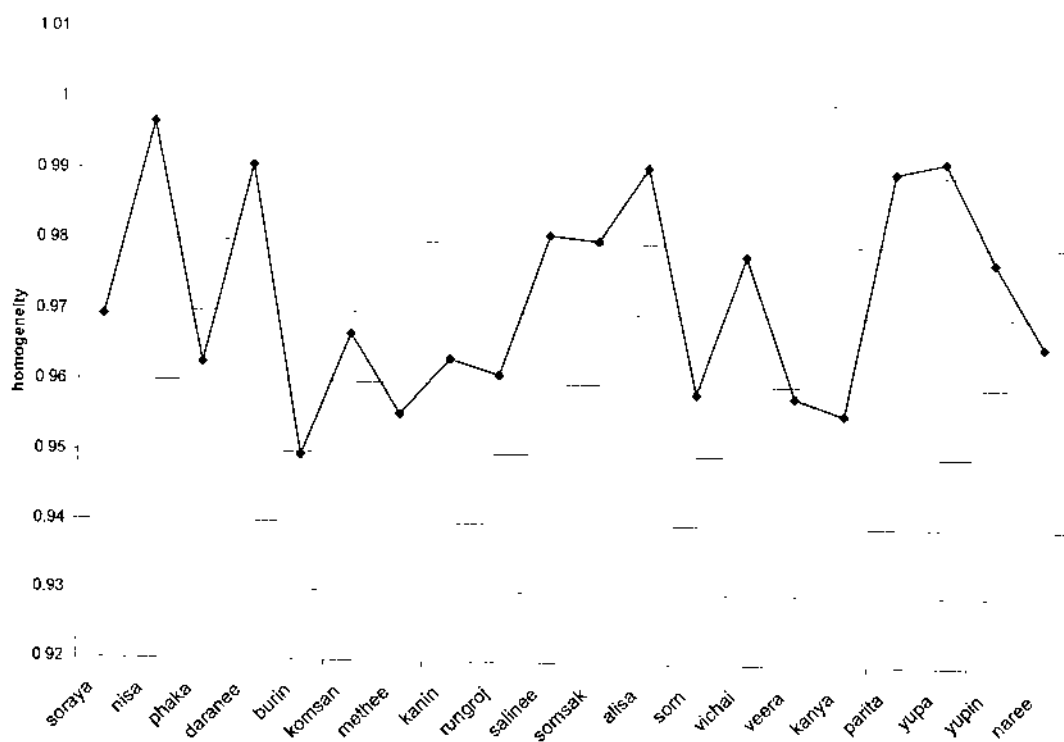
ภาพที่ 4-32 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



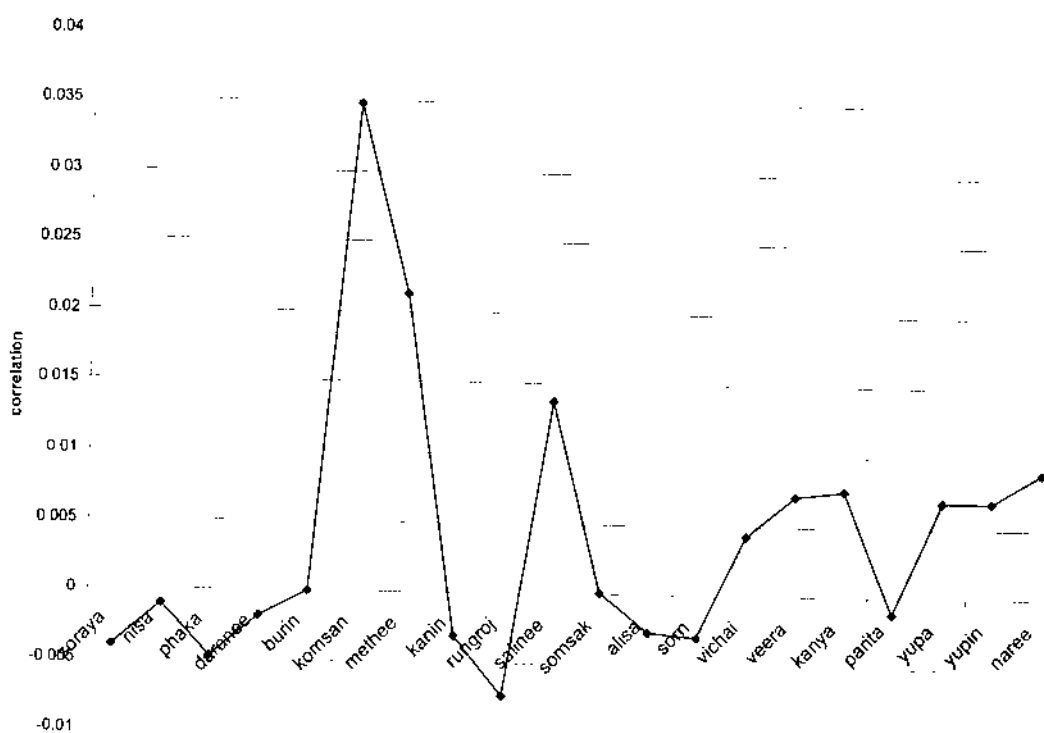
ภาพที่ 4-33 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-34 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-35 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-36 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3

4.1.3 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ผ่านการแปลงโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1-3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยของข้อมูลทั้ง 4 ย่านความถี่ ปรากฏว่าค่าที่ได้เกาะกลุ่มกัน ไม่สามารถจำแนกคนได้ ข้อมูลที่ได้โดยรวมในย่านนี้มีค่าซ้ำกัน และใกล้เคียงกันมากหลายคู่ ไม่เหมาะที่จะเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือ ดังภาพที่ 4-37 ถึงภาพที่ 4-54

ตารางที่ 4-47 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Soraya ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7497	0.6480	0.7397	0.9899	0.9952	0.9973	0.8985	0.5980	0.9485
Entropy	1.0898	1.5743	1.1360	0.0509	0.0248	0.0138	0.4556	1.7830	0.2419
MaximumProbability	0.8658	0.8048	0.8600	0.9949	0.9976	0.9987	0.9479	0.7731	0.9739
Contrast	188.8109	377.4989	187.6729	10.7322	5.5730	2.4687	74.5727	327.6987	39.7022
Homogeneity	0.8756	0.8185	0.8706	0.9952	0.9979	0.9988	0.9525	0.7903	0.9761
Correlation	0.0573	0.0685	0.0355	0.0147	-0.0006	-0.0003	0.0026	0.0797	-0.0021

ตารางที่ 4-48 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Nisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6173	0.5616	0.5091	0.9742	0.9894	0.9427	0.8211	0.8677	0.8987
Entropy	1.6591	2.0118	2.2643	0.1273	0.0534	0.2661	0.7783	0.5776	0.4609
MaximumProbability	0.7855	0.7492	0.7133	0.9870	0.9947	0.9709	0.9061	0.9315	0.9480
Contrast	289.2941	487.6103	635.1368	23.6001	14.3190	44.0505	124.0265	78.4212	85.7135
Homogeneity	0.8013	0.7642	0.7302	0.9880	0.9949	0.9733	0.9133	0.9375	0.9524
Correlation	0.0298	0.0897	0.0457	-0.0034	-0.0017	-0.0037	-0.0066	0.0145	0.0363

ตารางที่ 4-49 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Phaka ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7059	0.7419	0.6870	0.9344	0.9646	0.9789	0.8516	0.9224	0.9558
Entropy	1.2942	1.1210	1.3994	0.3066	0.1706	0.1018	0.6548	0.3557	0.2065
MaximumProbability	0.8401	0.8612	0.8287	0.9666	0.9821	0.9894	0.9228	0.9604	0.9777
Contrast	226.8468	173.2786	307.1968	54.3847	28.2862	14.3286	118.6708	60.0284	29.3083
Homogeneity	0.8520	0.8716	0.8407	0.9694	0.9838	0.9901	0.9292	0.9633	0.9796
Correlation	0.0552	0.0465	0.0719	0.0228	0.0044	-0.0029	-0.0036	0.0038	-0.0037

ตารางที่ 4-50 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Daranee ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6469	0.6492	0.5160	0.9616	0.9006	0.9663	0.8924	0.8891	0.9315
Entropy	1.5567	1.5628	2.2435	0.1828	0.4550	0.1594	0.4760	0.4937	0.3241
MaximumProbability	0.8041	0.8056	0.7181	0.9806	0.9490	0.9830	0.9447	0.9429	0.9651
Contrast	326.9363	320.8648	586.5809	28.0317	84.9438	18.5783	55.8098	76.8920	78.0613
Homogeneity	0.8176	0.8188	0.7343	0.9825	0.9527	0.9847	0.9499	0.9480	0.9678
Correlation	0.0447	0.0866	0.0824	-0.0051	0.0511	0.0013	0.0380	0.0204	0.0040

ตารางที่ 4-51 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Burin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6370	0.6320	0.6902	0.9901	0.9698	0.9931	0.7569	0.9839	0.9889
Entropy	1.6175	1.6461	1.3800	0.0507	0.1471	0.0354	1.0438	0.0796	0.0556
MaximumProbability	0.7980	0.7948	0.8307	0.9950	0.9848	0.9965	0.8699	0.9919	0.9944
Contrast	295.1638	304.9229	242.9429	9.1477	23.2989	7.4579	165.4597	15.7357	12.4931
Homogeneity	0.8113	0.8091	0.8434	0.9953	0.9859	0.9967	0.8812	0.9926	0.9948
Correlation	0.0967	0.0738	0.1092	-0.0015	-0.0028	-0.0010	0.0079	-0.0022	-0.0014

ตารางที่ 4-52 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanin ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6581	0.6172	0.7313	0.9885	0.9947	0.9872	0.8813	0.9145	0.9119
Entropy	1.5115	1.7387	1.1675	0.0568	0.0271	0.0632	0.5205	0.3797	0.3965
MaximumProbability	0.8111	0.7855	0.8550	0.9942	0.9973	0.9936	0.9387	0.9563	0.9549
Contrast	238.8010	346.2881	168.9118	8.2137	5.2026	14.6601	68.8810	47.1141	57.8706
Homogeneity	0.8252	0.7999	0.8667	0.9947	0.9977	0.9942	0.9444	0.9607	0.9596
Correlation	0.1193	0.1175	0.0625	-0.0015	-0.0005	-0.0018	-0.0085	-0.0093	0.0416

ตารางที่ 4-53 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Komsan ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7516	0.8113	0.6895	0.8780	0.8926	0.9980	0.9103	0.8666	0.8955
Entropy	1.1072	0.8290	1.4087	0.5506	0.4846	0.0101	0.4135	0.5915	0.4704
MaximumProbability	0.8669	0.9007	0.8303	0.9370	0.9447	0.9990	0.9541	0.9309	0.9463
Contrast	232.9060	134.8402	328.6398	95.7075	85.7573	3.8234	87.7720	99.5299	72.3564
Homogeneity	0.8760	0.9079	0.8412	0.9425	0.9492	0.9991	0.9575	0.9367	0.9513
Correlation	0.0653	0.0683	0.1011	0.0300	0.0006	-0.0002	0.0492	0.0146	0.0421

ตารางที่ 4-54 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Methee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7576	0.7207	0.5882	0.9700	0.9639	0.9961	0.8596	0.7999	0.8167
Entropy	1.0774	1.2273	1.8724	0.1448	0.1755	0.0196	0.6173	0.8802	0.7884
MaximumProbability	0.8703	0.8489	0.7668	0.9849	0.9818	0.9980	0.9271	0.8943	0.9037
Contrast	162.3882	207.6373	373.5941	25.7115	36.4118	7.4652	89.9943	153.1960	112.5297
Homogeneity	0.8803	0.8602	0.7830	0.9861	0.9832	0.9982	0.9333	0.9028	0.9127
Correlation	0.0912	0.1041	0.1099	-0.0042	-0.0049	-0.0005	0.0059	0.0679	0.0113

ตารางที่ 4-55 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Rungroj ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6263	0.7592	0.6504	0.9879	0.9440	0.9812	0.9492	0.8892	0.9529
Entropy	1.6583	1.0359	1.5319	0.0603	0.2608	0.0921	0.2374	0.4846	0.2174
MaximumProbability	0.7912	0.8713	0.8063	0.9940	0.9716	0.9906	0.9743	0.9430	0.9762
Contrast	360.6513	136.8868	275.0014	9.5239	39.2911	17.9963	39.5039	59.4524	23.9909
Homogeneity	0.8060	0.8816	0.8205	0.9944	0.9743	0.9915	0.9768	0.9486	0.9785
Correlation	0.0647	0.0521	0.0718	-0.0017	0.0045	-0.0023	-0.0061	0.0511	-0.0052

ตารางที่ 4-56 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Salinee ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6958	0.7405	0.6901	0.9571	0.9929	0.9977	0.8836	0.8099	0.9157
Entropy	1.3489	1.1546	1.3789	0.2032	0.0351	0.0117	0.5230	0.8486	0.3823
MaximumProbability	0.8341	0.8604	0.8306	0.9783	0.9964	0.9988	0.9400	0.8999	0.9569
Contrast	284.2549	228.7147	296.4369	30.7204	6.6185	3.1635	106.6313	157.2982	66.8929
Homogeneity	0.8452	0.8701	0.8426	0.9805	0.9968	0.9990	0.9452	0.9078	0.9602
Correlation	0.0849	0.0788	0.0681	0.0038	0.0034	-0.0002	-0.0122	0.1352	0.0306

ตารางที่ 4-57 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Somsak ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.5542	0.4915	0.6895	0.9623	0.9707	0.9957	0.9012	0.9253	0.9368
Entropy	1.9284	2.2978	1.4087	0.1801	0.1407	0.0216	0.4449	0.3418	0.2951
MaximumProbability	0.7442	0.7008	0.8303	0.9810	0.9852	0.9979	0.9493	0.9619	0.9679
Contrast	397.5633	567.3801	328.6398	36.7854	21.0738	5.9422	71.1819	49.9647	53.2887
Homogeneity	0.7622	0.7200	0.8412	0.9823	0.9869	0.9979	0.9536	0.9649	0.9703
Correlation	-0.0078	0.0216	0.1011	-0.0053	-0.0032	-0.0007	0.0006	0.0063	0.0070

ตารางที่ 4-58 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Alisa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7453	0.9165	0.7162	0.9888	0.9924	0.9986	0.9437	0.9809	0.8969
Entropy	1.0786	0.3661	1.2209	0.0563	0.0391	0.0074	0.2637	0.0959	0.4571
MaximumProbability	0.8632	0.9573	0.8462	0.9944	0.9962	0.9993	0.9714	0.9904	0.9470
Contrast	140.1590	28.0479	191.6666	17.0937	9.3390	2.9432	48.1870	21.2689	54.4510
Homogeneity	0.8743	0.9618	0.8575	0.9948	0.9964	0.9993	0.9738	0.9911	0.9522
Correlation	0.0146	0.0162	0.0435	-0.0016	-0.0010	-0.0001	-0.0021	0.0172	0.0069

ตารางที่ 4-59 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Som ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6018	0.5684	0.7141	0.9548	0.9855	0.9973	0.8857	0.6951	0.9829
Entropy	1.7903	1.9505	1.2639	0.2152	0.0730	0.0138	0.5188	1.3394	0.0846
MaximumProbability	0.7756	0.7537	0.8449	0.9771	0.9927	0.9987	0.9411	0.8336	0.9914
Contrast	498.9785	545.9309	279.0973	39.5306	21.0641	6.5697	93.9791	315.4838	16.2620
Homogeneity	0.7891	0.7692	0.8548	0.9796	0.9931	0.9988	0.9461	0.8456	0.9922
Correlation	0.0423	0.0261	0.0351	0.0583	-0.0023	-0.0003	0.0198	0.0292	0.0114

ตารางที่ 4-60 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vichai ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6187	0.8222	0.6906	0.9656	0.9738	0.8904	0.9206	0.8528	0.9222
Entropy	1.7341	0.7623	1.3900	0.1645	0.1280	0.4936	0.3649	0.6499	0.3563
MaximumProbability	0.7864	0.9067	0.8309	0.9827	0.9868	0.9436	0.9595	0.9235	0.9603
Contrast	465.4319	90.0563	297.0870	26.0233	19.8948	89.9370	70.0784	96.5343	57.5403
Homogeneity	0.8000	0.9145	0.8420	0.9842	0.9879	0.9483	0.9632	0.9304	0.9637
Correlation	0.0626	0.0099	0.0868	0.0021	-0.0040	0.0109	-0.0101	0.0532	-0.0091

ตารางที่ 4-61 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Vccra ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6152	0.6633	0.6989	0.9892	0.9231	0.9959	0.9505	0.9224	0.9230
Entropy	1.7076	1.5134	1.3508	0.0548	0.3572	0.0211	0.2269	0.3562	0.3548
MaximumProbability	0.7842	0.8143	0.8359	0.9946	0.9608	0.9980	0.9749	0.9604	0.9607
Contrast	367.8752	296.9429	285.6962	8.0839	62.4236	6.3335	22.7124	58.7695	49.5873
Homogeneity	0.7995	0.8276	0.8475	0.9950	0.9635	0.9981	0.9778	0.9638	0.9642
Correlation	0.0582	0.0774	0.0925	0.0459	0.0156	-0.0006	0.0035	0.0350	0.0143

ตารางที่ 4-62 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Kanya ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7883	0.6095	0.7855	0.9569	0.9673	0.9256	0.8175	0.8951	0.9498
Entropy	0.8854	1.7313	0.9234	0.2024	0.1588	0.3457	0.8119	0.4715	0.2357
MaximumProbability	0.8878	0.7806	0.8862	0.9782	0.9835	0.9621	0.9041	0.9461	0.9746
Contrast	92.1925	414.8503	121.9748	27.6104	30.5967	58.7735	176.4344	72.3258	30.2693
Homogeneity	0.8984	0.7944	0.8953	0.9805	0.9845	0.9653	0.9112	0.9509	0.9769
Correlation	-0.0003	0.0102	0.0281	-0.0055	0.0171	0.0576	0.0780	0.0492	0.0277

ตารางที่ 4-63 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Parita ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6562	0.7069	0.5728	0.0576	0.9894	0.9979	0.9260	0.9745	0.8511
Entropy	1.5276	1.2544	1.9583	0.1609	0.0538	0.0110	0.3386	0.1242	0.6586
MaximumProbability	0.8099	0.8406	0.7567	0.9830	0.9947	0.9989	0.9623	0.9872	0.9225
Contrast	320.7804	194.2181	520.9320	29.7759	12.9954	3.7747	47.2806	18.1745	108.9580
Homogeneity	0.8235	0.8529	0.7725	0.9844	0.9952	0.9990	0.9658	0.9881	0.9289
Correlation	0.0827	0.0294	0.1017	-0.0049	-0.0015	-0.0003	-0.0006	-0.0041	0.0400

ตารางที่ 4-64 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupa ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.7408	0.7441	0.7174	0.9894	0.9819	0.9871	0.9923	0.9382	0.9807
Entropy	1.1193	1.1134	1.2267	0.0531	0.0893	0.0645	0.0388	0.2889	0.0951
MaximumProbability	0.8606	0.8626	0.8469	0.9947	0.9909	0.9935	0.9961	0.9686	0.9903
Contrast	172.9538	200.2402	226.7424	8.9582	16.1986	8.4859	9.7803	48.2521	18.0716
Homogeneity	0.8712	0.8722	0.8581	0.9951	0.9916	0.9941	0.9964	0.9713	0.9911
Correlation	0.0481	0.0255	0.0291	-0.0013	0.0025	-0.0018	-0.0011	0.0424	-0.0029

ตารางที่ 4-65 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Yupin ที่แปลงเวฟเลทระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.0291	0.6880	0.7784	0.9716	0.9876	0.9823	0.8805	0.9710	0.9573
Entropy	1.8120	1.3600	0.9567	0.1375	0.0630	0.0857	0.5423	0.1415	0.2011
MaximumProbability	0.7725	0.8294	0.8822	0.9857	0.9938	0.9911	0.9384	0.9854	0.9784
Contrast	471.0594	265.9951	143.7345	24.1509	18.6603	9.1636	118.7901	25.6267	30.3261
Homogeneity	0.7864	0.8412	0.8913	0.9868	0.9941	0.9922	0.9428	0.9866	0.9803
Correlation	0.0528	0.0222	0.0093	-0.0027	-0.0020	-0.0018	0.0178	0.0296	0.0002

ตารางที่ 4-66 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือของ Naree ที่แปลงเวฟเลขระดับที่ 1-3 ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv

ค่าตัวแทนลายนิ้วมือ	ระดับที่ 1			ระดับที่ 2			ระดับที่ 3		
	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3	ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ภาพที่ 3
Energy	0.6341	0.7975	0.7483	0.9918	0.9968	0.9428	0.8832	0.8388	0.9592
Entropy	1.6183	0.8636	1.1064	0.0415	0.0163	0.2690	0.5135	0.7091	0.1909
MaximumProbability	0.7962	0.8929	0.8650	0.9959	0.9984	0.9710	0.9398	0.9158	0.9794
Contrast	340.9128	103.9137	204.7398	10.4267	4.7903	56.1297	62.6051	116.3941	18.6096
Homogeneity	0.8098	0.9015	0.8746	0.9962	0.9985	0.9733	0.9452	0.9227	0.9815
Correlation	0.0654	0.0285	0.0673	-0.0011	-0.0005	-0.0006	0.0084	0.0161	-0.0021

ตารางที่ 4-67 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมีย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1

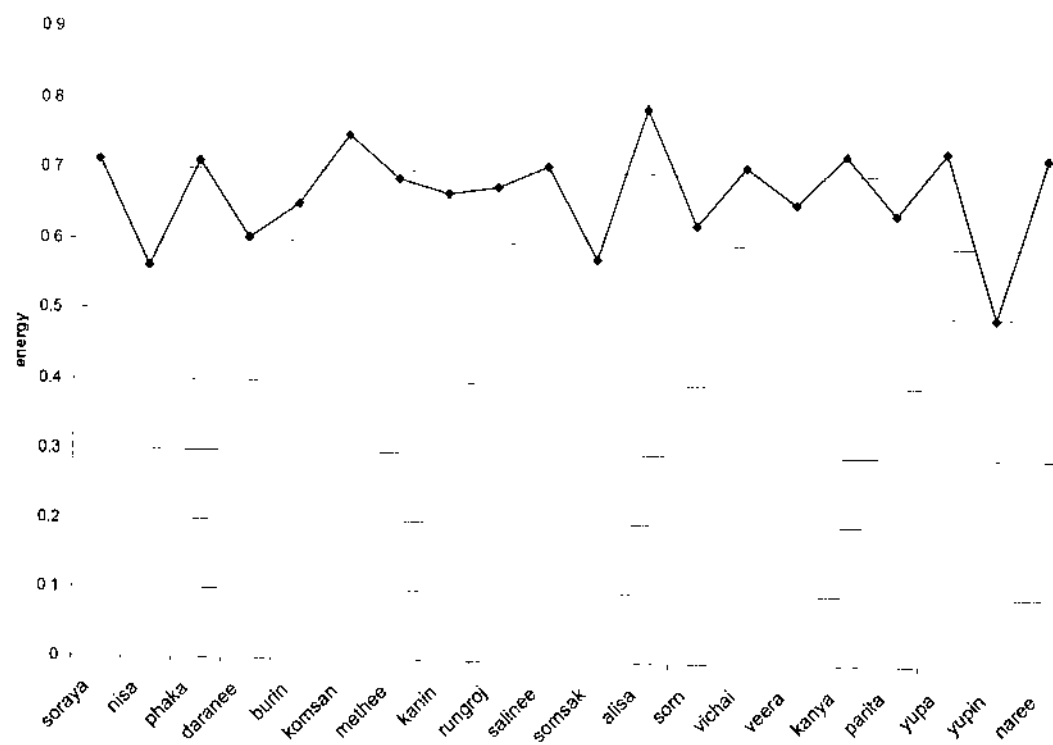
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.7125	1.2667	0.8435	251.3276	0.8549	0.0538
Nisa	0.5627	1.9784	0.7493	470.6804	0.7652	0.0551
Phaka	0.7116	1.2715	0.8433	235.7741	0.8548	0.0579
Darancee	0.6040	1.7877	0.7759	411.4607	0.7902	0.0712
Burin	0.6530	1.5479	0.8078	281.0099	0.8213	0.0933
Komsan	0.7508	1.1150	0.8660	232.1287	0.8750	0.0782
Methee	0.6888	1.3924	0.8286	247.8732	0.8412	0.1017
Kanin	0.6689	1.4726	0.8172	251.3336	0.8306	0.0998
Rungroj	0.6786	1.4087	0.8229	257.5132	0.8360	0.0629
Salinee	0.7088	1.2941	0.8417	269.8022	0.8526	0.0773
Somsak	0.5784	1.8783	0.7584	431.1944	0.7745	0.0383
Alisa	0.7927	0.8885	0.8889	119.9578	0.8979	0.0248
Sorn	0.6281	1.6682	0.7914	441.3356	0.8044	0.0345
Vichai	0.7105	1.2955	0.8414	284.1917	0.8522	0.0531
Veera	0.6591	1.5239	0.8115	316.8381	0.8249	0.0760
Kanya	0.7278	1.1800	0.8515	209.6725	0.8627	0.0127
Parita	0.6453	1.5801	0.8024	345.3102	0.8163	0.0713
Yupa	0.7341	1.1531	0.8567	199.9788	0.8672	0.0342
Yupin	0.4985	1.3762	0.8280	293.5963	0.8396	0.0281
Naree	0.7266	1.1961	0.8514	216.5221	0.8620	0.0537

ตารางที่ 4-68 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 2

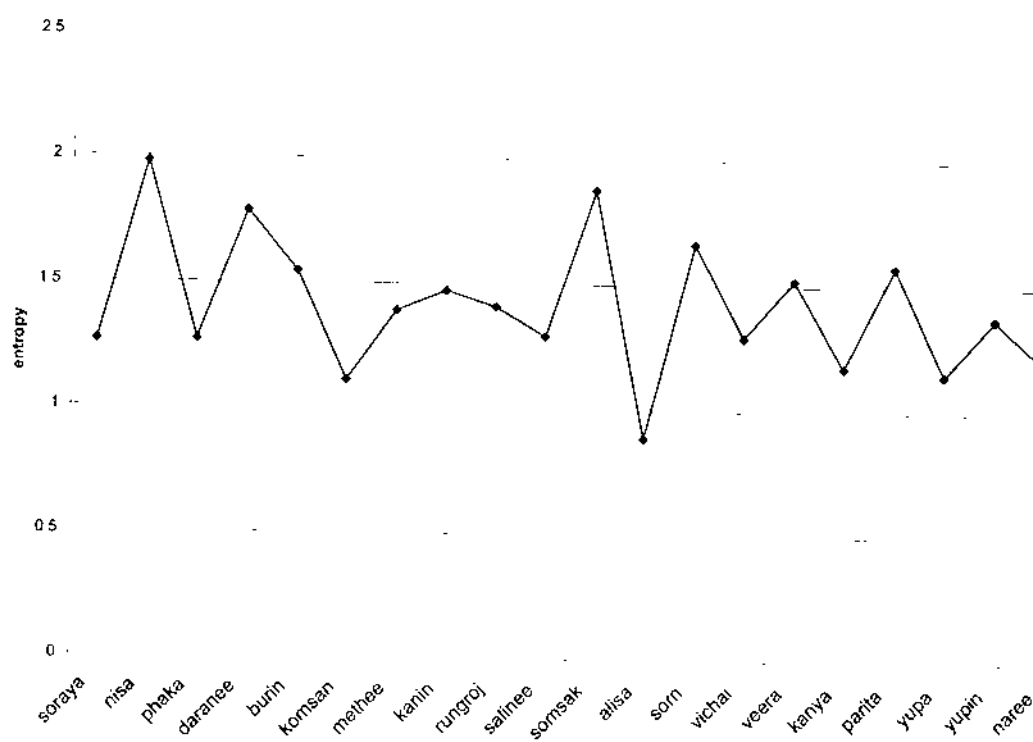
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.9941	0.0298	0.9971	6.2580	0.9973	0.0046
Nisa	0.9687	0.1489	0.9842	27.3232	0.9854	-0.0029
Phaka	0.9593	0.1930	0.9794	32.3332	0.9811	0.0081
Daranec	0.9428	0.2657	0.9709	43.8513	0.9733	0.0158
Burin	0.9843	0.0778	0.9921	13.3015	0.9926	-0.0018
Komsan	0.9229	0.3484	0.9602	61.7627	0.9636	0.0101
Methee	0.9766	0.1133	0.9882	23.1962	0.9892	-0.0032
Kanin	0.9901	0.0490	0.9950	9.3588	0.9955	-0.0013
Rungroj	0.9711	0.1377	0.9854	22.2704	0.9867	0.0001
Salinee	0.9825	0.0833	0.9912	13.5008	0.9921	0.0023
Somsak	0.9762	0.1141	0.9880	21.2671	0.9891	-0.0031
Alisa	0.9933	0.0343	0.9966	9.7920	0.9968	-0.0009
Sorn	0.9792	0.1007	0.9895	22.3881	0.9905	0.0186
Vichai	0.9433	0.2620	0.9710	45.2850	0.9734	0.0030
Vecra	0.9694	0.1444	0.9844	25.6137	0.9855	0.0203
Kanya	0.9499	0.2357	0.9746	38.9935	0.9768	0.0231
Parita	0.6816	0.0752	0.9922	15.5153	0.9929	-0.0022
Yupa	0.9861	0.0689	0.9930	11.2142	0.9936	-0.0002
Yupin	0.9805	0.0954	0.9902	17.3249	0.9910	-0.0022
Narec	0.9772	0.1089	0.9884	23.7822	0.9893	-0.0007

ตารางที่ 4-69 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าตัวแทนลายนิ้วมือย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 3

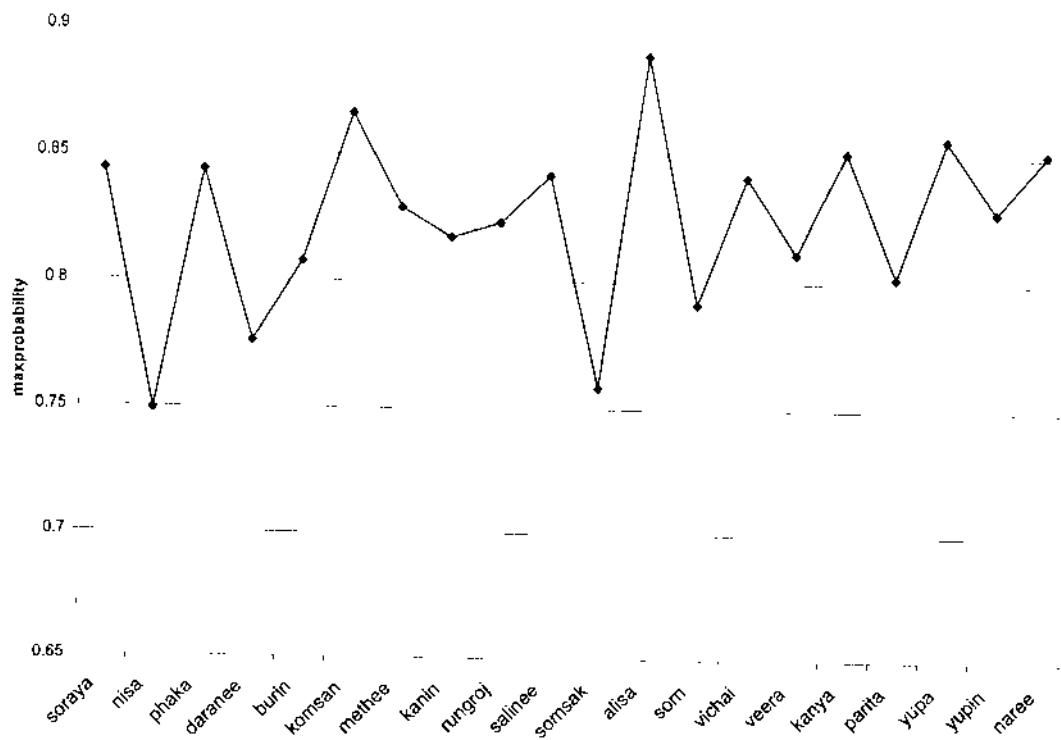
ชื่อ	Energy	Entropy	Maxprobability	Contrast	Homogeneity	Correlation
Soraya	0.8150	0.8268	0.8983	147.3245	0.9063	0.0267
Nisa	0.8625	0.6056	0.9285	96.0537	0.9344	0.0148
Phaka	0.9100	0.4057	0.9536	69.3358	0.9574	-0.0012
Darance	0.9043	0.4313	0.9509	70.2544	0.9552	0.0208
Burin	0.9099	0.3930	0.9521	64.5628	0.9562	0.0014
Komsan	0.8908	0.4918	0.9438	86.5528	0.9485	0.0353
Methce	0.8254	0.7620	0.9084	118.5733	0.9163	0.0283
Kanin	0.9026	0.4322	0.9500	57.9552	0.9549	0.0079
Rungroj	0.9304	0.3131	0.9645	40.9824	0.9680	0.0133
Salinee	0.8697	0.5846	0.9323	110.2741	0.9377	0.0512
Somsak	0.9211	0.3606	0.9597	58.1451	0.9629	0.0046
Alisa	0.9405	0.2722	0.9696	41.3023	0.9724	0.0073
Sorn	0.8546	0.6476	0.9220	141.9083	0.9280	0.0202
Vichai	0.8986	0.4570	0.9478	74.7177	0.9524	0.0113
Veera	0.9320	0.3126	0.9653	43.6897	0.9686	0.0176
Kanya	0.8875	0.5064	0.9416	93.0098	0.9463	0.0516
Parita	0.9172	0.3738	0.9573	58.1377	0.9609	0.0118
Yupa	0.9704	0.1409	0.9850	25.3680	0.9863	0.0128
Yupin	0.9363	0.2950	0.9674	58.2476	0.9699	0.0159
Narce	0.8937	0.4712	0.9450	65.8696	0.9498	0.0074



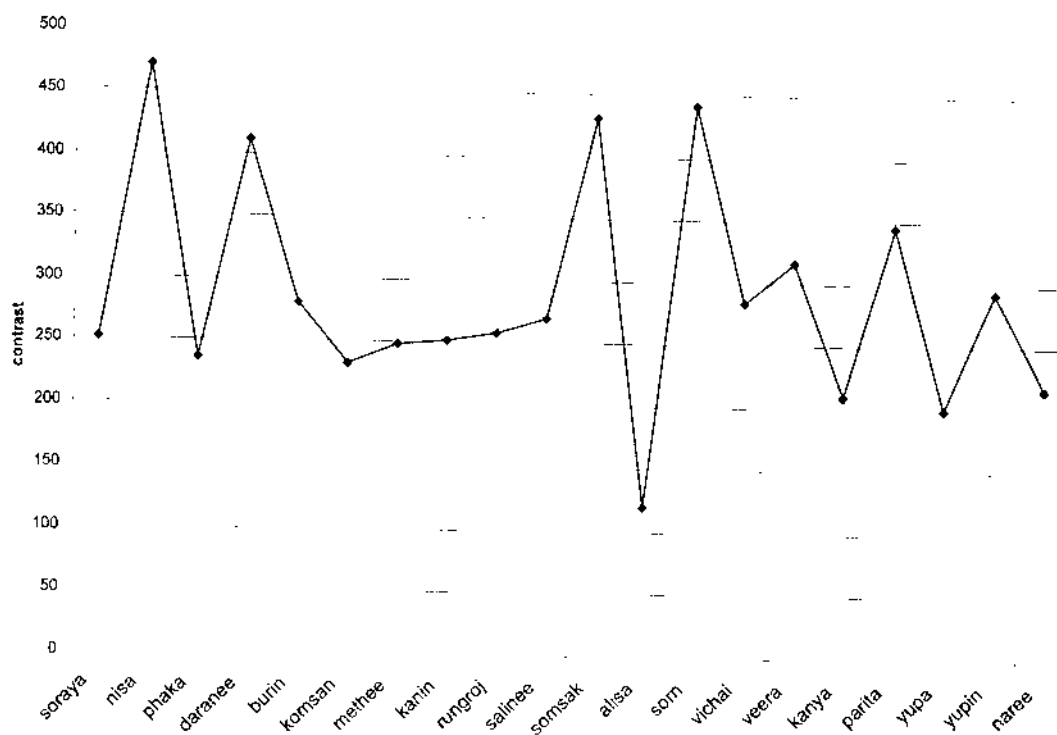
ภาพที่ 4-37 ค่าเฉลี่ย Energy ข่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



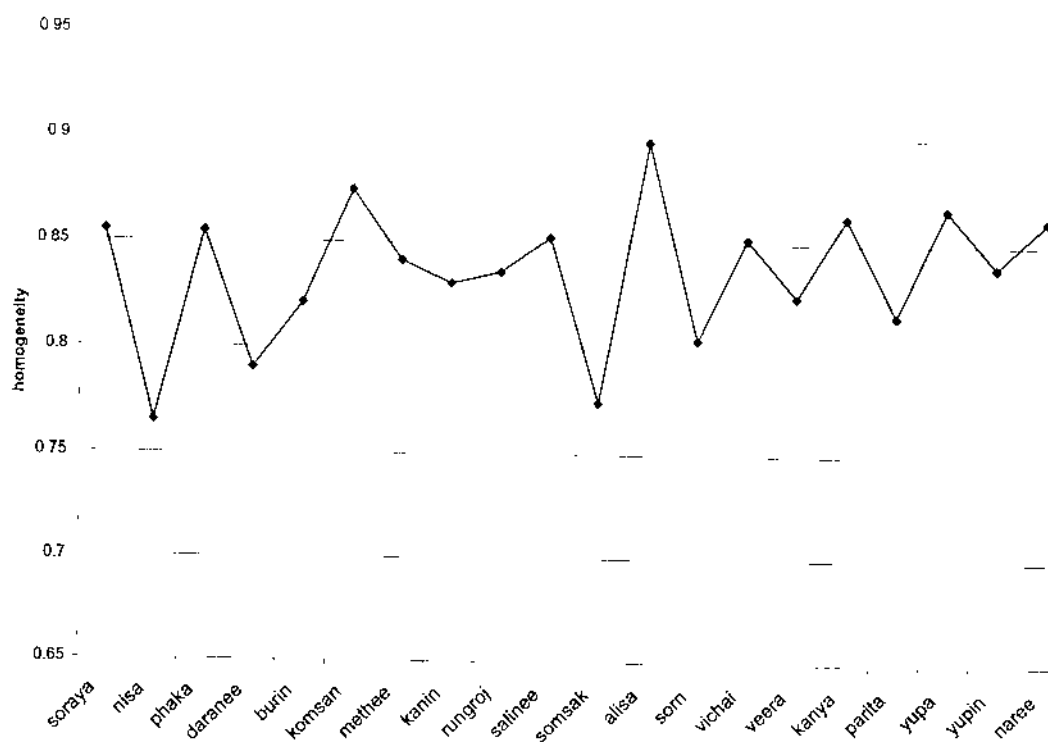
ภาพที่ 4-38 ค่าเฉลี่ย Entropy ข่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



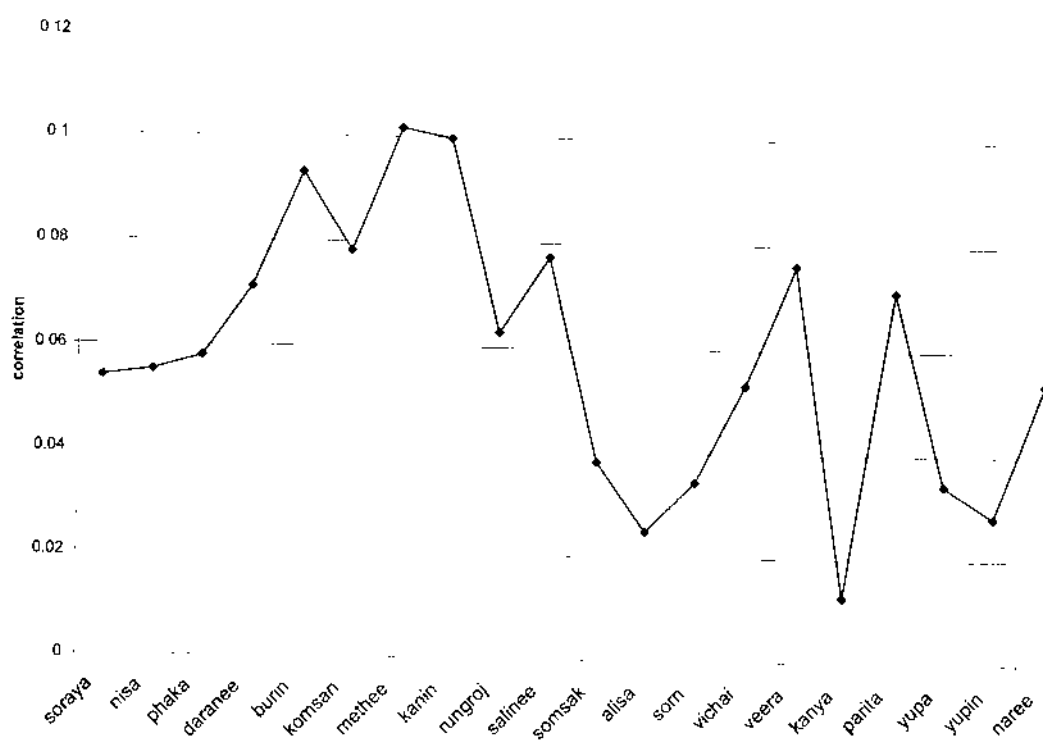
ภาพที่ 4-39 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



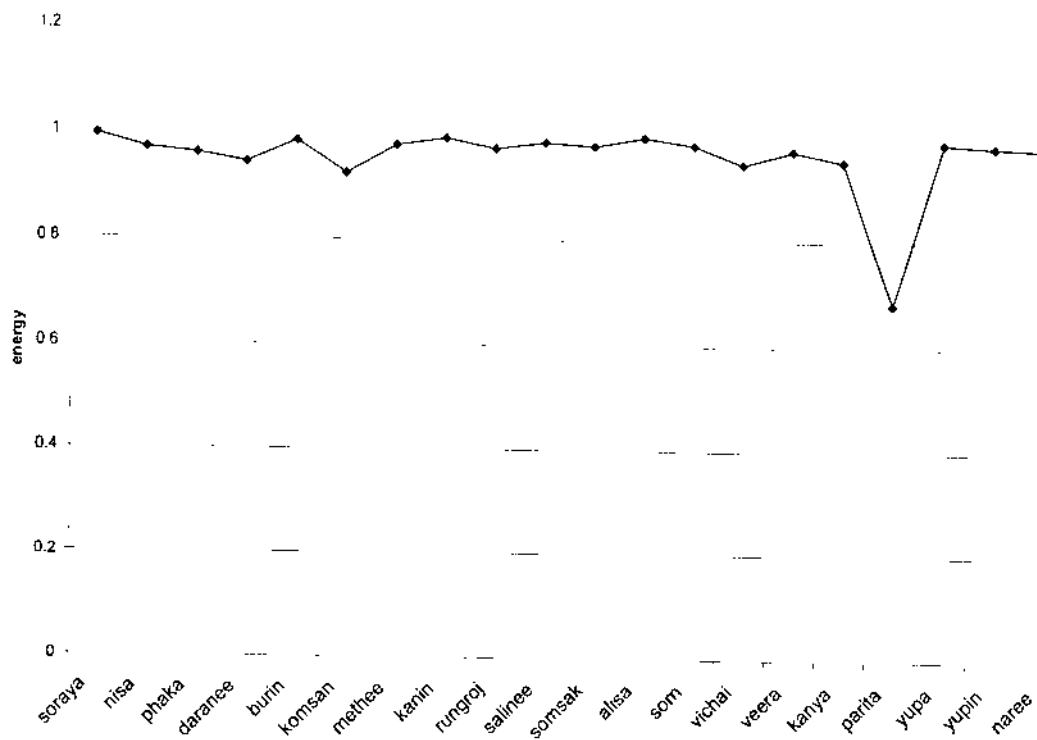
ภาพที่ 4-40 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



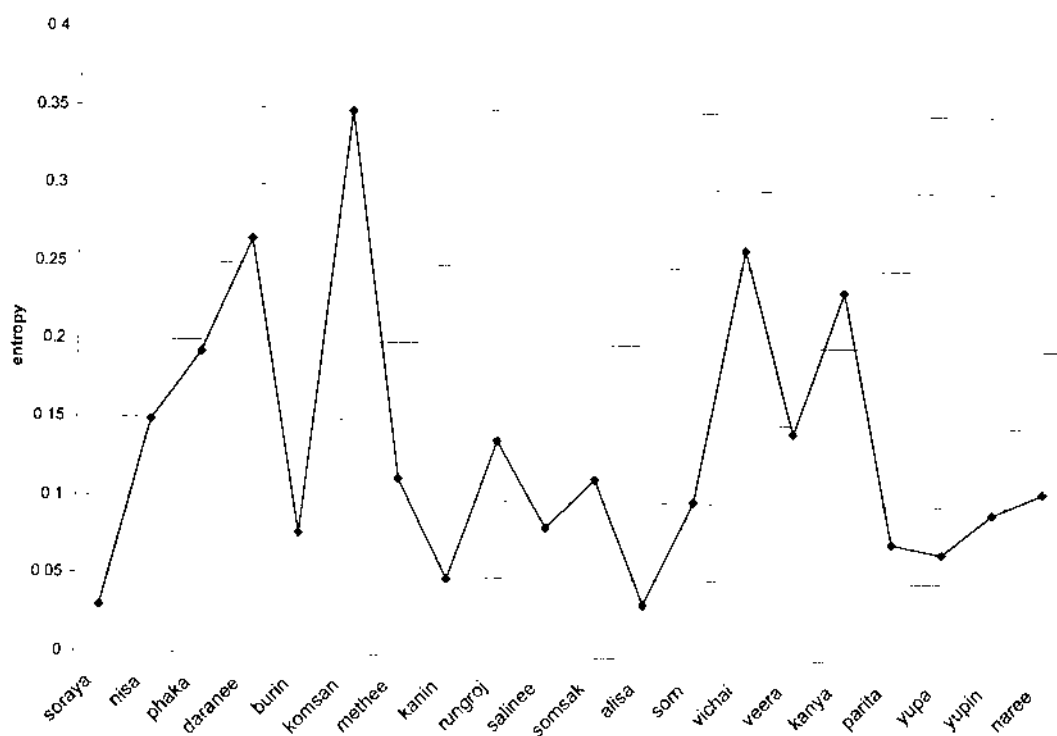
ภาพที่ 4-41 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ข่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



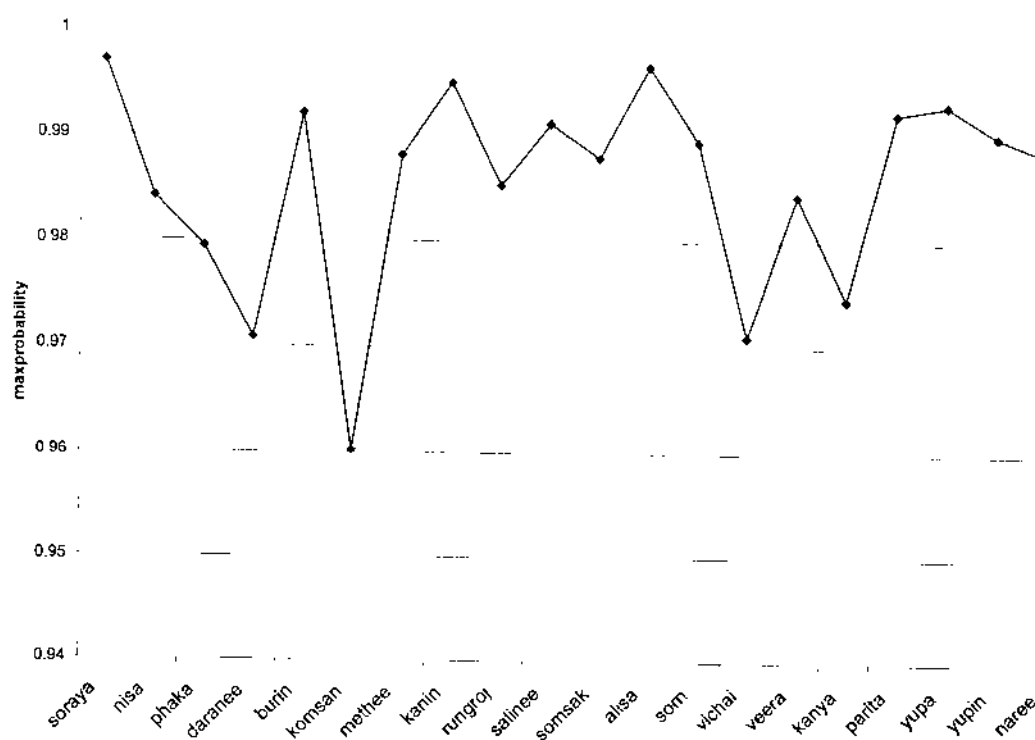
ภาพที่ 4-42 ค่าเฉลี่ย Correlation ข่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1



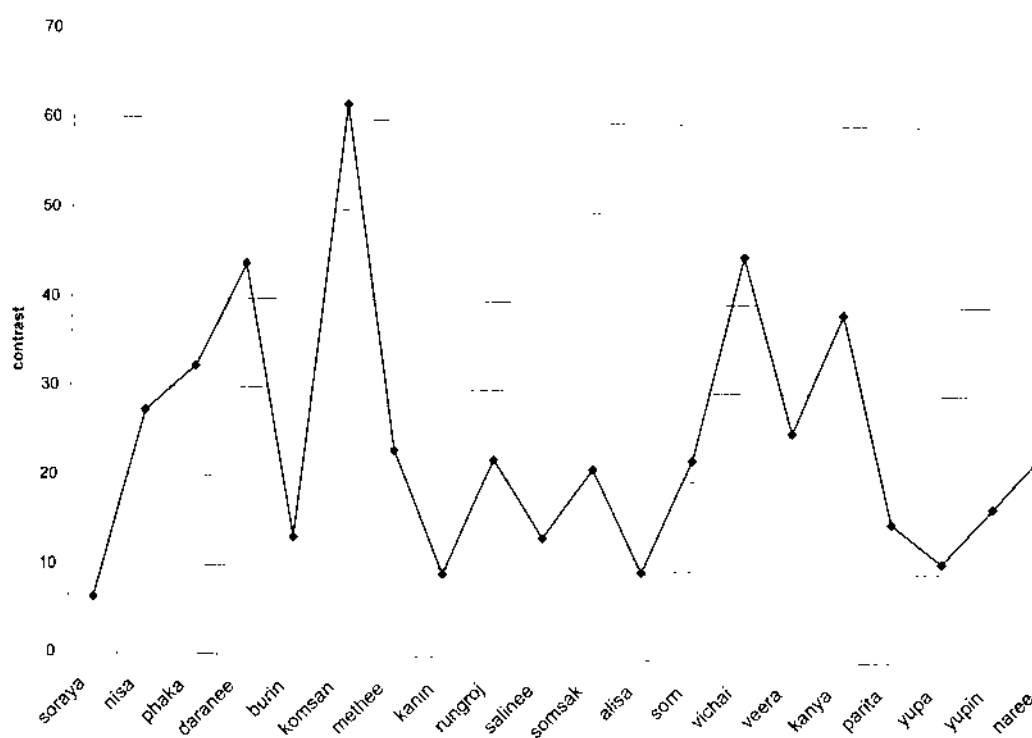
ภาพที่ 4-43 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



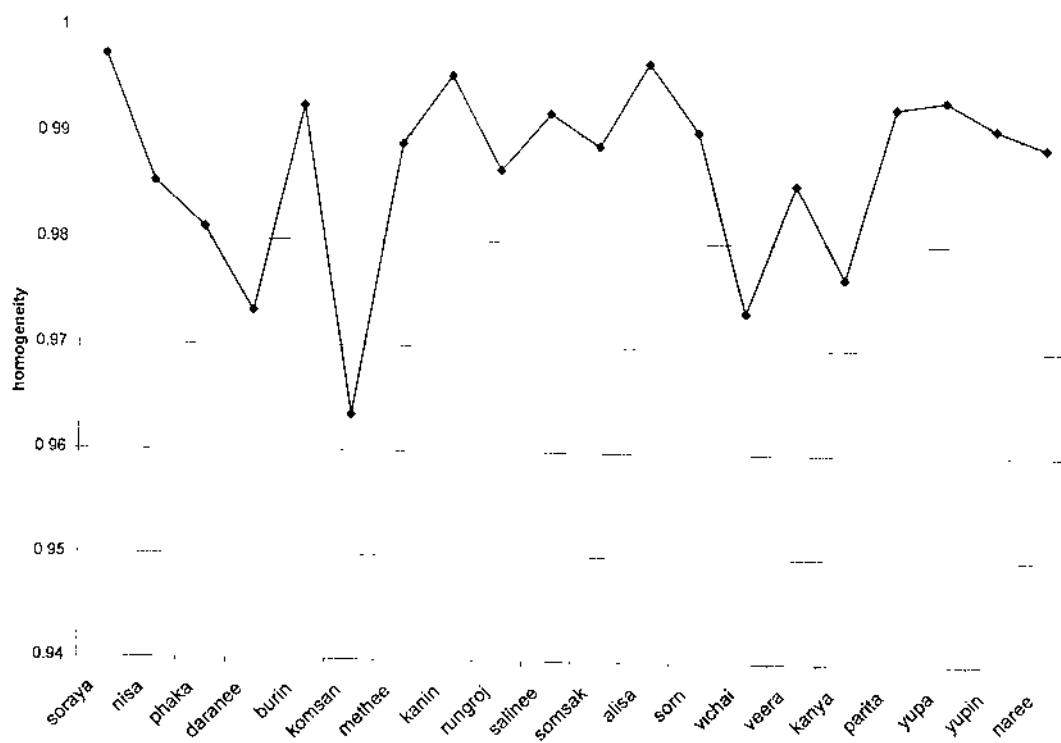
ภาพที่ 4-44 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



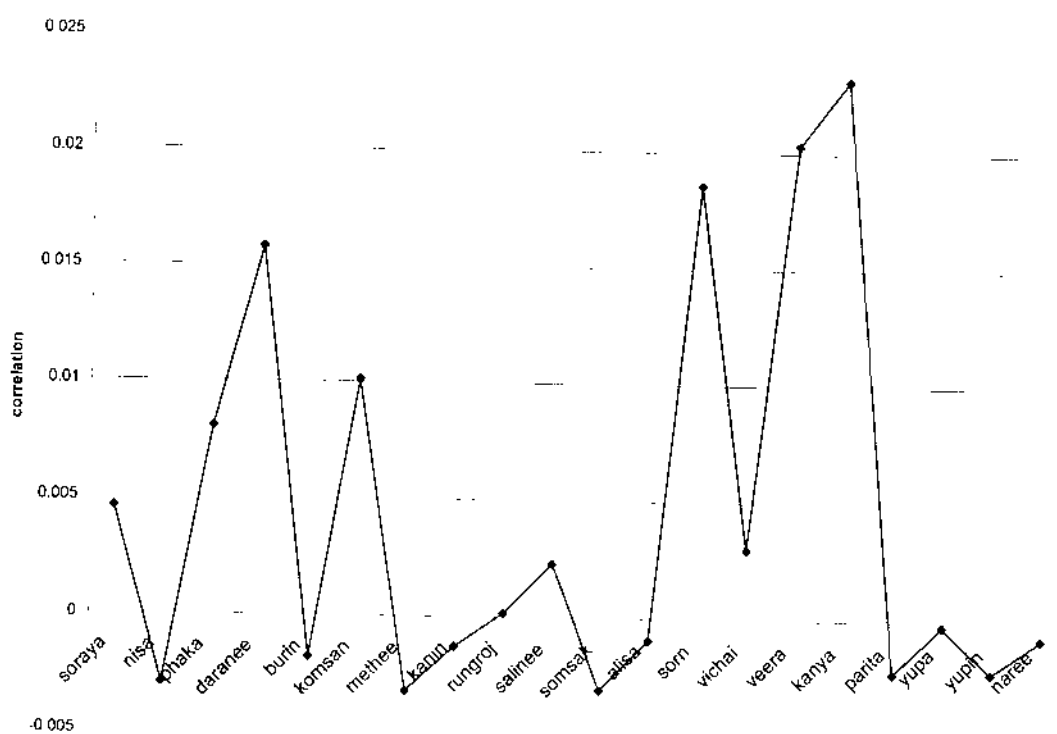
ภาพที่ 4-45 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



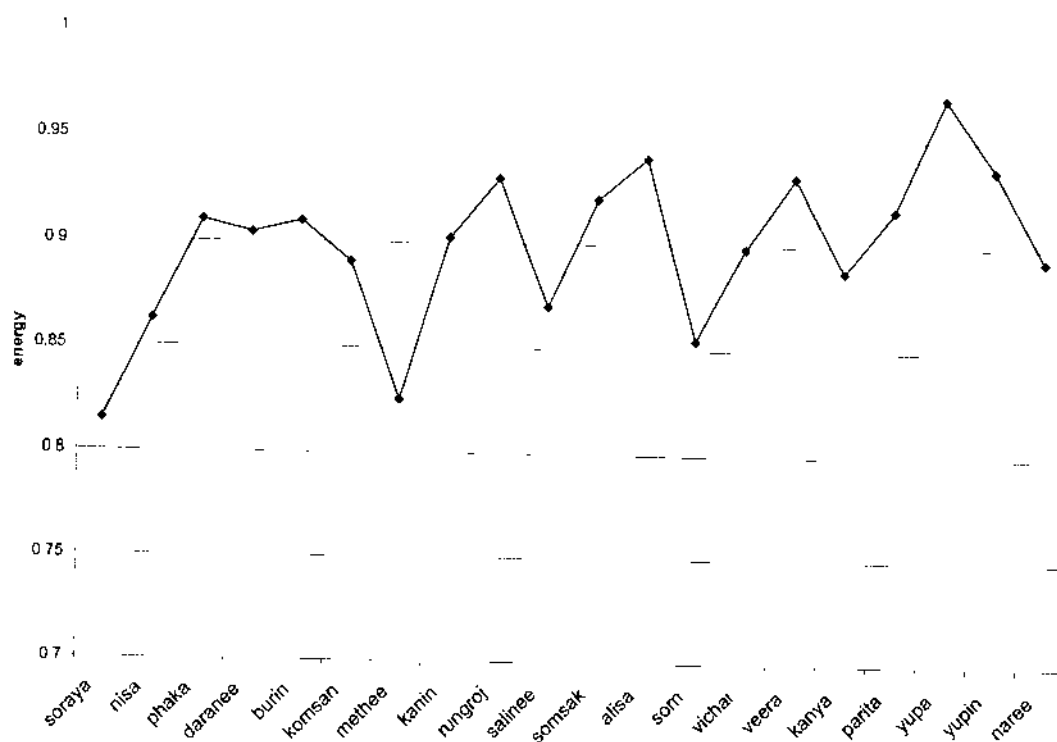
ภาพที่ 4-46 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



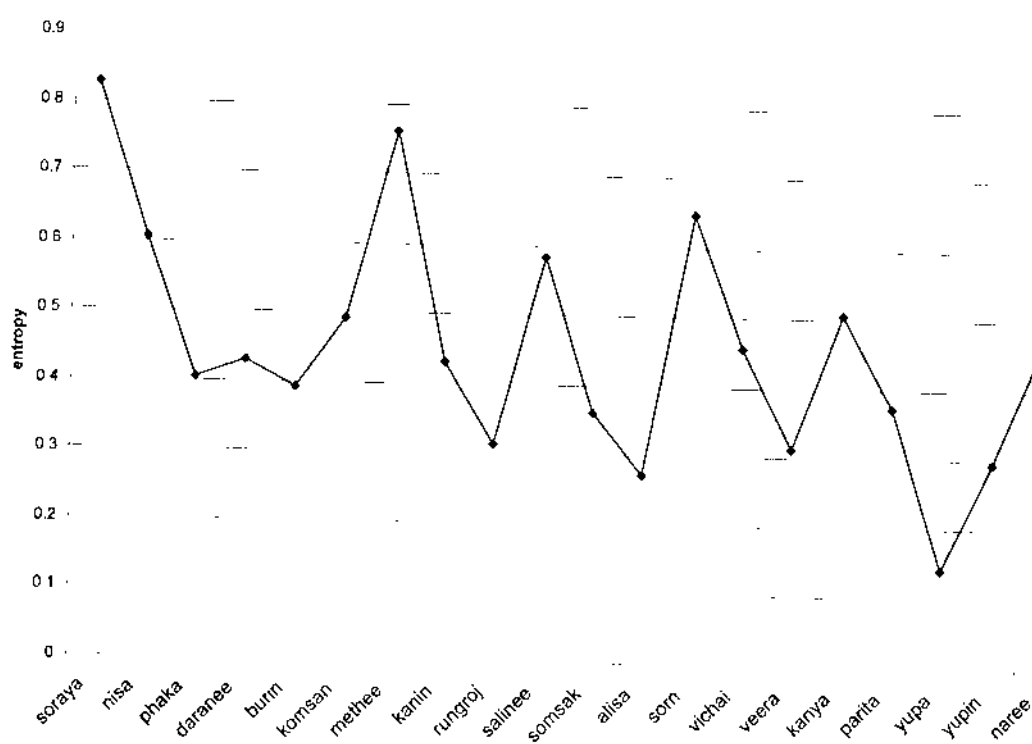
ภาพที่ 4-47 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



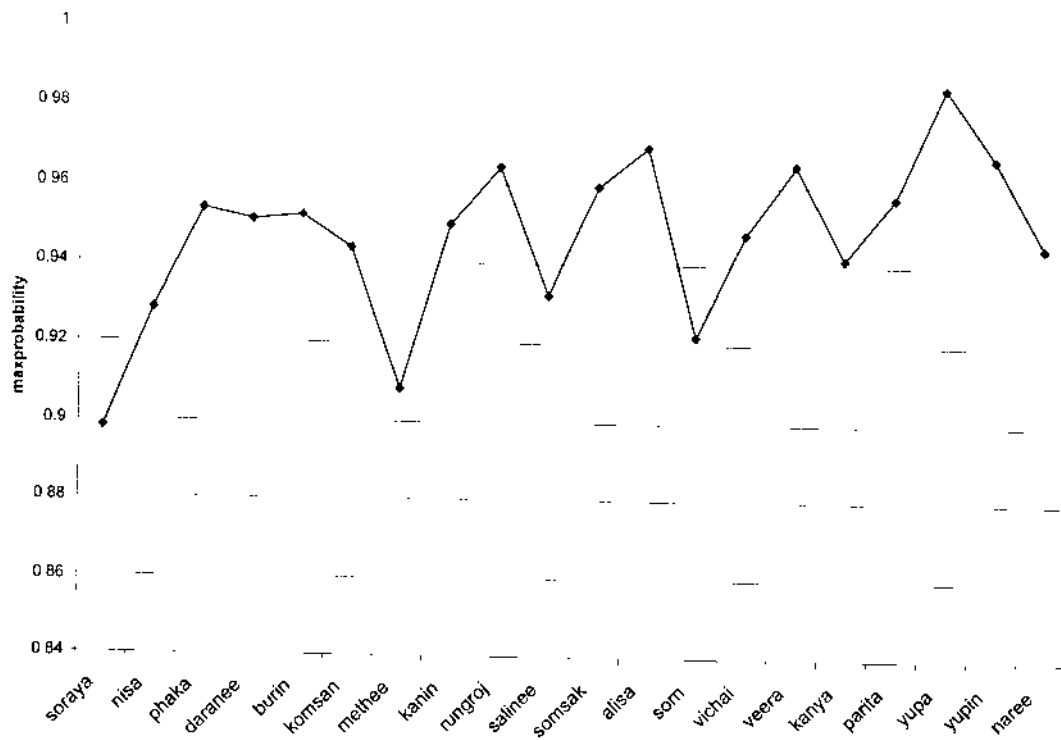
ภาพที่ 4-48 ค่าเฉลี่ย Correlation ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 2



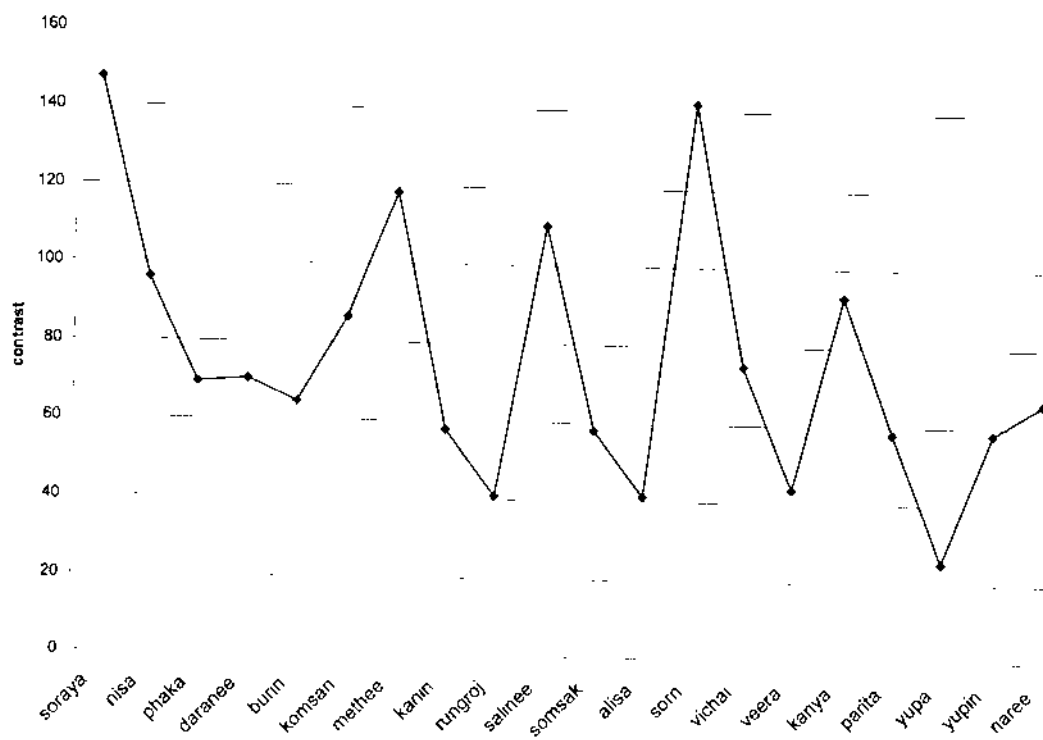
ภาพที่ 4-49 ค่าเฉลี่ย Energy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



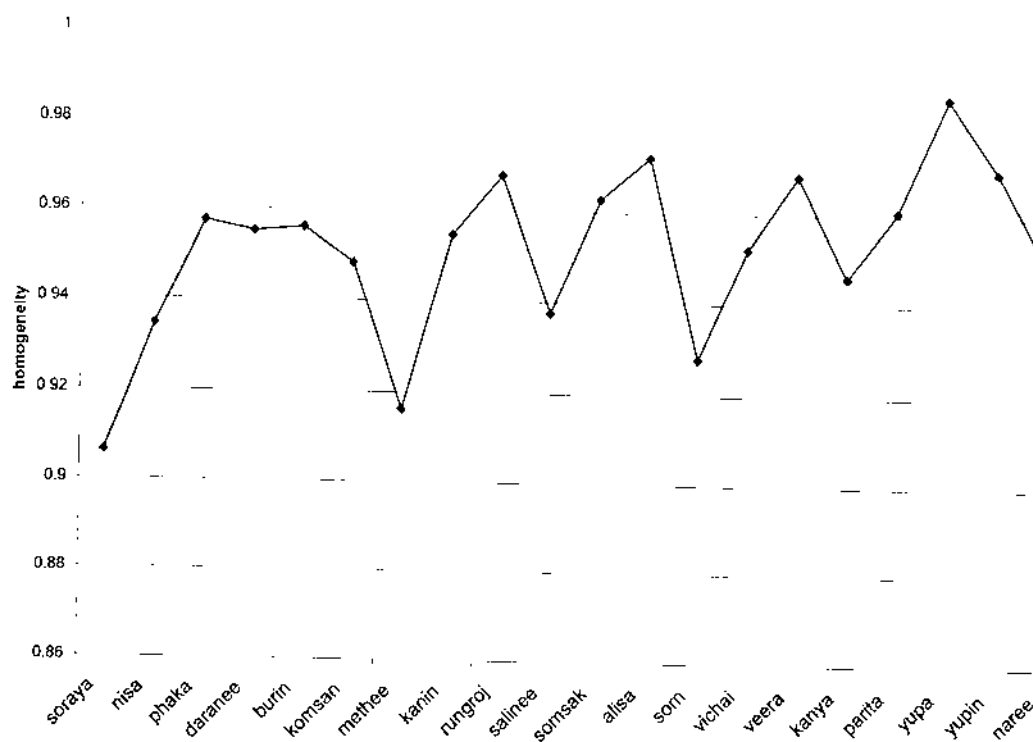
ภาพที่ 4-50 ค่าเฉลี่ย Entropy ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



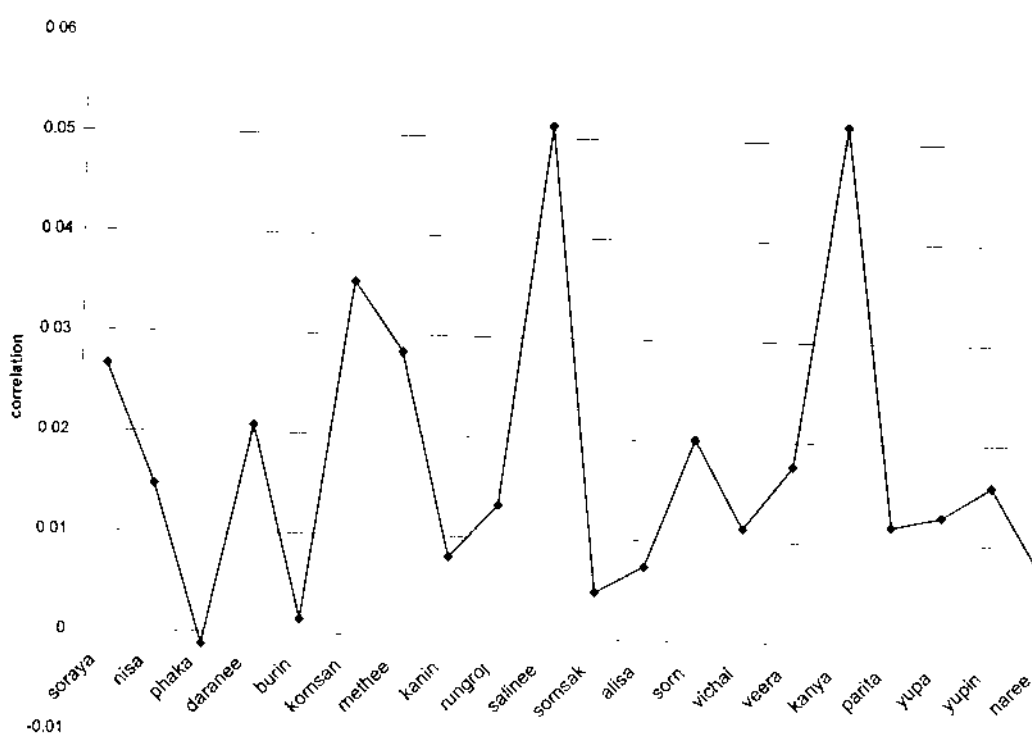
ภาพที่ 4-51 ค่าเฉลี่ย Maximum Probability ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-52 ค่าเฉลี่ย Contrast ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-53 ค่าเฉลี่ย Homogeneity ข่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3



ภาพที่ 4-54 ค่าเฉลี่ย Correlation ข่าน Ca, Ch, Cd, Cv ที่ผ่านการแปลงเวฟเลทระดับที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบระดับของการแปลงเวฟเลต จะเห็นว่าการแปลงเวฟเลตโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ระดับที่ 1 สามารถค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือได้ดีที่สุด และการแปลงเวฟเลตย่าน Ca (Approximation) สามารถค้นหาคุณลักษณะได้ดีกว่าย่าน Ch, Cv, Cd (Detail) และย่าน Ca, Ch, Cv, Cd (ทั้ง 4 ย่าน)

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของลักษณะเด่น

การทดสอบคุณสมบัติของลักษณะเด่นเป็นขั้นตอนการนำภาพลายนิ้วมือสืบทันกับค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลมาหาค่าความต่างเพื่อประเมินความใกล้เคียงและอำนาจจำแนกของคุณลักษณะทั้ง 6 ค่า ในการวิจัยนี้เลือกย่าน Ca ระดับ 1 ซึ่งเป็นย่านที่มีการกระจายของคุณลักษณะของนิ้วมือน้อยอย่างเห็นได้ชัดและค่าซ้ำกันน้อยที่สุด ค่าตัวแทนของลายนิ้วมือสืบทันที่นำมาหาค่าความต่างและทดสอบการรู้จำเป็นภาพลายนิ้วมือที่สมบูรณ์ 10 คน แล้วนำคุณลักษณะของลายนิ้วมือสืบทัน มาเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของลายนิ้วมือในฐานข้อมูล ผลจากการศึกษาพบว่า คุณลักษณะ Contrast มีความสามารถในการจำแนกตัวบุคคลได้ดีกว่าคุณลักษณะอื่น ดังตารางที่ 4-190

ตารางที่ 4-70 ผลการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือสืบทันกับคุณลักษณะของลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

ชื่อ	Energy	Entropy	Max probability	Contrast	Homogeneity	Correlation	All Feature
Soraya	✓	✓	✓	Naree	✓	Alisa	Naree
Burin	✓	✓	✓	Sorn	✓	✓	Sorn
Komsan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Yupin
Kanin	Yupin	Sorn	Yupin	✓	Yupin	✓	✓
Rungroj	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salinee	Kanya	Parita	Kanya	✓	Yupa	Phaka	✓
Alisa	Nisa	Nisa	Nisa	✓	Nisa	Yupin	✓
Vichai	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Veera	✓	✓	✓	Methee	✓	Naree	Methee
Yupin	Darane	Darane	Darane	✓	Methee	Kanya	✓

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องการค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือด้วยวิธีเวฟเลททรานส์ฟอร์มจะได้ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ผ่านการแปลงเวฟเลทโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet เป็นฟังก์ชันพื้นฐานจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งเป็นเลขจำนวนจริง จากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็มนำมาหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ได้แก่ Energy, Entropy, Contrast, Maximum Probability, Homogeneity และ Correlation สามารถสรุปได้ว่า

5.1.1 การแปลงเวฟเลทระดับที่ 1 ทำให้ได้ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่สามารถจำแนกบุคคลได้ดีที่สุด การแปลงเวฟเลทระดับที่ 2 และ 3 ไม่สามารถนำไปเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือได้ เพราะค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ได้แตกต่างกันมากในคน ๆ เดียวจึงไม่สามารถจำแนกบุคคลได้

5.1.2 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ได้แปลงภาพลายนิ้วมือโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ย่าน Ca ระดับที่ 1 – 3 คือค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลย่าน Approximation จากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็มนำมาหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ปรากฏว่าการแปลงเวฟเลทระดับที่ 1 ทำให้ได้ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่สามารถจำแนกบุคคลได้ดีที่สุด

5.1.3 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่แปลงโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ย่าน Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1-3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยของข้อมูล 3 ย่านความถี่ ได้แก่ ข้อมูลบริเวณย่านความถี่แถบ Horizontal Detail, Vertical Detail และ Diagonal Detail จากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็มนำมาหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ปรากฏว่าข้อมูลที่ได้มีค่าซ้ำกัน และใกล้เคียงกันมากหลายคู่ ไม่เหมาะที่จะเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือ

5.1.4 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่แปลงโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet ย่าน Ca, Ch, Cd, Cv ระดับที่ 1-3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยของข้อมูลทั้ง 4 ย่านความถี่ ได้แก่ ข้อมูลบริเวณย่านความถี่แถบ Horizontal Detail, Vertical Detail และ Diagonal Detail จากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็มนำมาหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ปรากฏว่าข้อมูลที่ได้มีค่าซ้ำกัน และใกล้เคียงกันมากหลายคู่ ไม่เหมาะที่จะเป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือ

5.1.5 ค่าตัวแทนลายนิ้วมือสับสน ที่นำมาหาค่าความต่างกับค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลและทดสอบการรู้จำ ผลจากการศึกษาพบว่าคุณลักษณะ Contrast มีความสามารถในการจำแนกตัวบุคคลได้ดีกว่าคุณลักษณะอื่น

สามารถสรุปได้ว่า ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดของงานวิจัยนี้ คือ ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ได้จากการการแปลงเวฟเลทโดยใช้ Discrete Meyer Wavelet เป็นฟังก์ชันพื้นฐานทำการแปลง 1 ระดับ จะได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในรูปของเมตริกซ์ ซึ่งเป็นเลขจำนวนจริงจากนั้นลดขนาดของข้อมูลโดยทำให้เป็นจำนวนเต็มนำมาหาค่า Co-occurrence Matrix และคุณลักษณะของลายนิ้วมือ 6 ค่า ได้แก่ Energy, Entropy, Contrast, Maximum Probability, Homogeneity และ Correlation แล้วนำมาหาค่าความต่าง ผลจากการค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือได้คุณลักษณะ Contrast เป็นค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีความสามารถในการจำแนกตัวบุคคลได้ดีกว่าคุณลักษณะอื่น ส่วนค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่ไม่มีประสิทธิภาพต้องทำการพัฒนาต่อไปโดยใช้วิธีการอื่นที่สามารถนำมาใช้หาค่าตัวแทนลายนิ้วมือได้

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

5.2.1 ภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นภาพที่ถูกปรับปรุงคุณภาพจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือประสิทธิภาพยังไม่ดีเท่าที่ควร ถ้าได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพดีกว่านี้ผลการวิจัยน่าจะดีกว่านี้

5.2.2 ในขั้นตอนการค้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือ ถ้ามีวิธีการอื่น ๆ ก่อนการแปลงเวฟเลทเพื่อให้ได้ค่าตัวแทนลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน จะได้จำแนกตัวบุคคลได้ดีกว่านี้

5.2.3 ทดลองใช้เวฟเลทฟังก์ชันพื้นฐานอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. W. Y. Ma and B.S. Manjunath. **A Comparison of Wavelet Transform Features For Texture Image Annotation**. Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, Santa Barbara. CA 93106.
2. S. Y. Lee, J. W. Hwang, M. G. Seo and Y. S. Myung. **Recent Fingerprint Image Enhancement Using Wavelet Transforms**. [Online] 2002. Available from: <http://library.wolfram.com/infocenter.html>[2004, December 22].
3. G. Van de Wouwer, P. Scheunders and D. Van Dyck. **Statistical Texture Characterization From Discrete Wavelet Representations**. Department of Physics, University of Antwerp, Belgium. EDICS: IP 1.6.
4. ชัยชาญ มัγκุ่น. การแก้ไขลักษณะของลายเส้นโดยใช้เวฟเลต ทรานส์ฟอร์ม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.
5. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. **Digital Image Processing**. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
6. รติมา คลนิธิวิสุข. การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลภาพชนิดสไลด์โดยวิธีการแปลงเวฟเลต ทรานส์ฟอร์ม. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.
7. เจษฎา ตรีวิทยานุกฤษ. การเปรียบเทียบสมรรถนะการบีบอัดภาพระหว่างเทคนิคเจเพ็กและเวฟ เลตสำหรับภาพติดบัตรประจำตัว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2542.
8. ชวลินทร์ เกรียงสินยศ. นวัตกรรมลายน้ำในภาพทางการแพทย์โดยใช้บาร์โค้ด 2 มิติในเวฟเลต โดเมน. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

9. มนต์ สังวรศิลป์และวรรณ ภัทรอมรกุล. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์.
กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์อินโฟเพรส, 2543.
10. ปัทมา เสงี่ยมะณี, ปิยวรรณ คุณมาศและอมรรัตน์ กันท์แก้ว. การหาตัวแทนภาพโดยใช้การ
แปลงเวฟเลตเพื่อเป็นดัชนีในการสืบค้นข้อมูลภาพชนิดลอย. ปรินูญานิพนธ์
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวเวเอาเฮาะ หะยีสอเฮาะ
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การเพ้นหาคุณลักษณะของลายนิ้วมือด้วยวิธีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม
 สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2519 มีภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดปัตตานี เป็นบุตรของสิบตรีเวอูเซ็ง หะยีสอเฮาะ และนางเจะเยาะ หะยีสอเฮาะ

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะครุศาสตร์ สาขาประถมศึกษา ปีการศึกษา 2543

ประวัติการทำงาน ปัจจุบันเป็นครูสอนวิชาคอมพิวเตอร์ โรงเรียนอัสสัมชัญแผนกประถม สถานที่ติดต่อ 62 ถนนสุริยะประดิษฐ์ ต.บางนาค อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000