สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำลองหน้าจอสัมผัสโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือผ่านกล้อง

EMULATING A VIRTUAL TOUCH SCREEN BY TRACKING FINGERS USING WEBCAM

T144206

โดย

กรกต โตชยางกูร

KORAKOD TOCHAYANGKOON

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ว.ท.
ก152ก
2557

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....144206
วัน,เดือน,ปี.....09 พ.ย. 2559

b.12817223
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ 2
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMULATING A VIRTUAL TOUCH SCREEN BY TRACKING FINGERS USING WEBCAM

KORAKOD TOCHAYANGKOON

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองการศึกษาอิสระ 2 (Independent Study 2)

เรื่อง

การจำลองหน้าจอสัมผัสโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือผ่านกล้อง

Emulating a Virtual Touch Screen by Tracking Fingers using Webcam

นางสาวกรกต โตชยางกูร

รหัสประจำตัว 53660561

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด

รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ

การศึกษาวิชาการศึกษาอิสระ 2 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

.....**อาจารย์ที่ปรึกษา**

(ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา)

.....**กรรมการสอบ**

(รศ.ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์)

.....**กรรมการสอบ**

(ผศ.ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การจำลองหน้าจอสัมผัสโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วมือผ่านกล้อง
นักศึกษา	นางสาวกรกต โตชยางกูร
รหัสนักศึกษา	53660561
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มาใช้ในการทำงานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการใช้งานคอมพิวเตอร์มีความหลากหลายมากขึ้น โดยส่วนใหญ่การสั่งงานกับคอมพิวเตอร์จะสั่งงานผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ จอยสติ๊ก ปากกาอิเลคทรอนิกส์ หน้าจอสัมผัส ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมการโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์โดยไม่ใช้อุปกรณ์ เช่น การใช้ส่วนของร่างกาย มือ เสียง ในการสั่งงานคอมพิวเตอร์ และการใช้งานกับจอภาพที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายเมาส์ จึงมีแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมสามารถสั่งงานคอมพิวเตอร์แทนเมาส์ได้ ในโครงการนี้ได้พัฒนาระบบโดยแบ่งเป็นขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลโดยการแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็น Gray scale ลดมิติของภาพ และแปลงภาพเป็นเวกเตอร์เมตริกซ์ ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนในการสกัดคุณลักษณะของท่ามือโดยใช้หลักการ Principal Component Analysis : PCA และขั้นตอนสุดท้าย เป็นการรรู้จำท่ามือแต่ละลักษณะท่าทาง โดยใช้หลักการ K-Nearest Neighbor : K-NN โดยผลการทดลองมีความถูกต้องของการรู้จำที่ 83% และสามารถนำไปกำหนดเป็นคำสั่งของเมาส์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์สามารถใช้ท่ามือสั่งงานคอมพิวเตอร์แทนการใช้เมาส์ได้ ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน นอกจากนี้แล้วผู้ใช้อาจรู้สึกสนุกไปกับการใช้งานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Emulating a Virtual Touch Screen by Tracking Fingers using Webcam
Student	Ms. Korakod Tochayangkoon
Student ID	53660561
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information System Technology
Academic Year	2014
Advisor	Asst.Prof. Dr. Kuntpong Woraratpanya

ABSTRACT

Nowadays, the majority of the human-computer interaction (HCI) is based on the mechanical devices such as keyboards, mice, joysticks, roller-balls, electronic pens, touch screens, gamepads and so on. Compared with these traditional HCI interfaces, devices that could sense body position, hand gestures, sound and speech, facial expression, haptic response and other aspects of human behavior are more intuitive and powerful, especially in three-dimensional virtual environment applications. Hand gesture recognition system is presented in this paper. The system is mainly composed of image pre-processing, feature extraction and gesture recognition. The image pre-processing module transforms the raw image into the desirable feature vector which mainly includes converting the color images into the gray scale images and reducing dimensions. The feature extraction module used principal component analysis (PCA) and used K-nearest neighbor (KNN) to recognize hand gestures. The result of recognition rate is 83%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำที่ดี ในการปฏิบัติงาน ตลอดจนแนวความคิดต่างๆ รวมทั้ง ช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และช่วยตรวจแก้ไขรายงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่าน ที่สั่งสอนให้ความรู้ทางด้านต่างๆ และคอยให้คำปรึกษาชี้แนะโดยตลอด

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่คอยให้บริการอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ และสถานที่ในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและให้กำลังเป็นอย่างดี

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่างๆ อีกทั้งเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

กรกต โตชยางกูร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 1

1.4 ขอบเขตการวิจัย 2

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) 4

2.1.1 ภาพเชิงดิจิตอล (Digital Image) 4

2.1.2 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี Grayscale 5

2.1.3 การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาว-ดำ 7

2.1.4 การแปลงข้อมูลภาพให้เป็นเวกเตอร์ (Vectorization) 7

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis: PCA) 8

2.2.1 การหาเวกเตอร์เฉลี่ย 8

2.2.2 การหาค่า Covariance Matrix 9

2.2.3 การแยกองค์ประกอบของเมตริกซ์เพื่อหาค่า Eigen Vector และ Eigen Value 9

2.3 การรู้จำท่ามือ (Recognition) 9

2.4 ความถูกต้องของการรู้จำ 10

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2.5.1 Bare Hand Gesture Recognition with a Single Color Camera โดย Yishen Xu,Jihua Gu,Zhi Tao,Di Wo 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.2 An Efficient Human-Computer Interaction Framework Using Skin Color Tracking and Gesture Recognition 11
2.5.3 Hand Gesture Recognition based on Shape Parameters 12
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง 13
3.1 การวิเคราะห์ปัญหา 13
3.2 กระบวนการเตรียมข้อมูล 13
3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก(Principle Component Analysis) 14
3.4 การรู้จำภาพ 17
3.5 การกำหนดฟังก์ชันการทำงานของเมาส์ 17
บทที่ 4 ผลการทดลอง 19
4.1 วัตถประสงค์ของการทดลอง 19
4.2 การออกแบบการทดลอง 19
4.3 ผลการทดลอง 22
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 27
5.1 สรุปผลการทดลอง 27
5.2 ข้อเสนอแนะ 27
บรรณานุกรม 28
ภาคผนวก ก ผลการทดลองอ้างอิง 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 การเก็บตัวอย่างภาพ 14

3.2 ฟังก์ชันการทำงานของเมาส์ 17

4.1 ผลการทดลองแปลงภาพ 20

4.2 ภาพที่แปลงเป็นเมตริกซ์ 20

4.3 การวัดความถูกต้องของแต่ละองค์ประกอบ 22

ก.1 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 1 component 30

ก.2 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 2 component 32

ก.3 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 3 component 34

ก.4 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 4 component 36

ก.5 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 5 component 38

ก.6 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 6 component 40

ก.7 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 7 component 42

ก.8 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 8 component 44

ก.9 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 9 component 46

ก.10 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 10 component 48

ก.11 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 11 component 50

ก.12 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 12 component 52

ก.13 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 13 component 54

ก.14 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 14 component 56

ก.15 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 15 component 58

ก.16 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 16 component 60

ก.17 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 17 component 62

ก.18 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 18 component 64

ก.19 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 19 component 66

ก.20 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 20 component 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนในการรู้จำท่ามือ 3

2.1 รูปแบบการเก็บข้อมูลของรูปภาพดิจิตอล 5

2.2 ระบบสี RGB 5

2.3 ระบบสี Grayscale 6

2.4 การแปลงภาพ RGB เป็น Grayscale 7

2.5 การแปลงภาพ Gray scale เป็นภาพขาว-ดำ 7

2.6 การแปลงเมตริกซ์ให้เป็นเวกเตอร์ 8

3.1 PCA Algorithm 16

4.1 กราฟผลการทดสอบโดยใช้ PCA 23

4.2 กราฟผลการทดสอบ class 1 ที่ 14 components 24

4.3 กราฟผลการทดสอบ class 2 ที่ 14 components 24

4.4 กราฟผลการทดสอบ class 3 ที่ 14 components 25

4.5 กราฟผลการทดสอบ class 4 ที่ 14 components 25

4.6 กราฟผลการทดสอบ class 5 ที่ 14 components 26

4.7 กราฟผลการทดสอบ class 6 ที่ 14 components 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้งานคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่นิยมใช้เมาส์ในการควบคุม และสั่งงาน จนกลายเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ และการใช้งานเมาส์เป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดอาการปวดหรือเกร็งของข้อมือได้ ประกอบการใช้งานในคอมพิวเตอร์ปัจจุบันมีความหลากหลายมากขึ้น และต้องการความสะดวกในการใช้งานเป็นอย่างมาก เช่น ในการประชุมหรือการนำเสนองานในห้องที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่หรือการใช้งานกับจอภาพที่มีขนาดใหญ่มาก ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการควบคุมเมาส์หรือเคลื่อนย้ายเมาส์ไปในที่ต่าง ๆ

จึงมีแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือผ่านกล้องเพื่อใช้ในการควบคุมและสั่งงานคอมพิวเตอร์แทนการใช้เมาส์ในห้องที่มีขนาดใหญ่ ให้สามารถควบคุมหรือสั่งงานคอมพิวเตอร์ได้ในระยะไกล ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยโปรแกรมจะสามารถใช้มือเป็นคำสั่งการทำงานแทนเมาส์ ไม่ว่าจะเป็นการคลิ๊ก หรือการเลื่อนเมาส์โดยไม่ต้องใช้เมาส์จริง ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพดิจิตอล ซึ่งทฤษฎีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการรู้จำหน้า (Face Recognition) และใช้ในการลดขนาดมิติของข้อมูลหรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล และการเปรียบเทียบคุณลักษณะของภาพ เพื่อเปรียบเทียบภาพกับภาพชุดฝึกฝน (Training Image) โดยใช้หลักการ (K nearest neighbor: KNN)

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาซอฟแวร์ที่ใช้กระบวนการทางด้านการประมวลผลภาพเพื่อรู้จำลักษณะท่ามือแทนการทำงานของเมาส์ในระบบปฏิบัติการวินโดวส์

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบสีและการแปลงระบบสี RGB เป็น Grayscale
2. ทฤษฎีของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)
3. ทฤษฎีของวิธีการจัดแบ่งคลาส (K-Nearest Neighbor Classification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ภาพที่นำมาประมวลผลแบ่งเป็น 2 ชุด คือ ชุดฝึกฝน (Training Set) และชุดทดสอบ (Test Set)

2. ภาพที่นำมาพิจารณาต้องมีความสว่างของภาพเพียงพอ

3. สิ่งที่จะทำการตรวจจับคือส่วนของมือโดยจะต้องเห็นมืออย่างชัดเจน

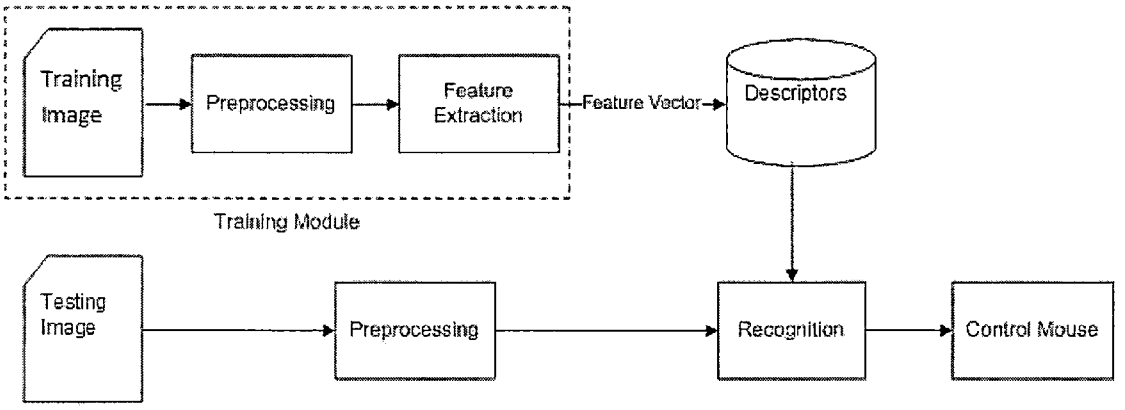
4. สิ่งที่จะทำการสั่งการทำงานแทนเมาส์คือท่าทางของมือ

5. ผู้ใช้วางมือบนพื้นสีขาว โดยไม่มีวัตถุอื่นใดอยู่ในภาพนอกจากมือ เพื่อให้เห็นท่ามือได้ชัดเจน

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในส่วนของขั้นตอนในการดำเนินงานในโครงการนี้จะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Preprocessing) โดยในขั้นตอนนี้จะนำภาพนิ่งที่เก็บรวบรวมมา โดยการถ่ายภาพมือจากคน 10 คนคนละ 6 ท่ามือ ท่ามือละ 10 ภาพ จะได้ทั้งหมด 600 ภาพ แยกเก็บ 1 ท่ามือต่อ 1 folder เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพ เมื่อได้ภาพนิ่งแล้วจึงทำการแปลงภาพจากระบบ RGB เป็น Grayscale เพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่สนใจออกจากภาพ ซึ่งจะทำให้ได้เฉพาะส่วนที่เป็นพื้นที่ของมือออกมา เพื่อให้ง่ายต่อการสกัดคุณลักษณะเด่น จากนั้นนำภาพที่เป็นพื้นที่ของมือมาทำการคำนวณหาจำนวนพิกเซลของแต่ละท่ามือเก็บไว้ในระบบ ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนในวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพเพื่อสร้างตัวอธิบายคุณลักษณะ โดยการวิเคราะห์และเลือกจำนวนองค์ประกอบของภาพที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะให้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) และนำไปใช้ในการเปรียบเทียบภาพในขั้นตอนต่อไป ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนในการรู้จำลักษณะท่าทางของมือ ในขั้นตอนถัดมาคือขั้นตอนการ Matching ซึ่งเป็นการจับคู่กันของภาพที่มีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยจะนำภาพลักษณะท่ามือที่เป็นภาพต้นแบบเก็บไว้ในระบบ จากนั้นเมื่อต้องการรู้จำลักษณะท่ามือจึงนำภาพอินพุตที่เป็นภาพใหม่เข้าสู่ระบบ แล้วทำการเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ และวัดประสิทธิภาพของการรู้จำท่ามือ จากนั้นจึงนำมากำหนดคำสั่งการทำงานของเมาส์ด้วยการนำภาพต้นแบบในระบบของแต่ละลักษณะท่าทางมากำหนดเป็นคำสั่งให้เมาส์ทำงาน ดังรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนในการรู้จำท่ามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing)

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล(Digital Format) ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดการผ่านกระบวนการต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ภาพดิจิตอลเป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดภาพเล็กๆ จำนวนมากเรียกว่า พิกเซล (pixel) โดยใช้ตัวเลขแทนค่าของระดับสีหรือระดับความสว่างของแต่ละพิกเซล ซึ่งสามารถปรับแต่งเพื่อการแสดงผลภาพตามต้องการได้ ดังนั้นภาพดิจิตอลจึงมีข้อดีตรงที่สามารถนำมาประมวลผลปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล ด้วยกระบวนการต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ และในการประมวลผลภาพดิจิตอล เมื่อระบบได้รับข้อมูลภาพเข้าไปแล้วจะทำการคำนวณและส่งออกมาเป็นข้อมูลที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิตอลเหล่านั้น การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอาเรย์ (array) โดยค่าในแต่ละช่องของอาเรย์แสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ และตำแหน่งของช่องอาเรย์เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ

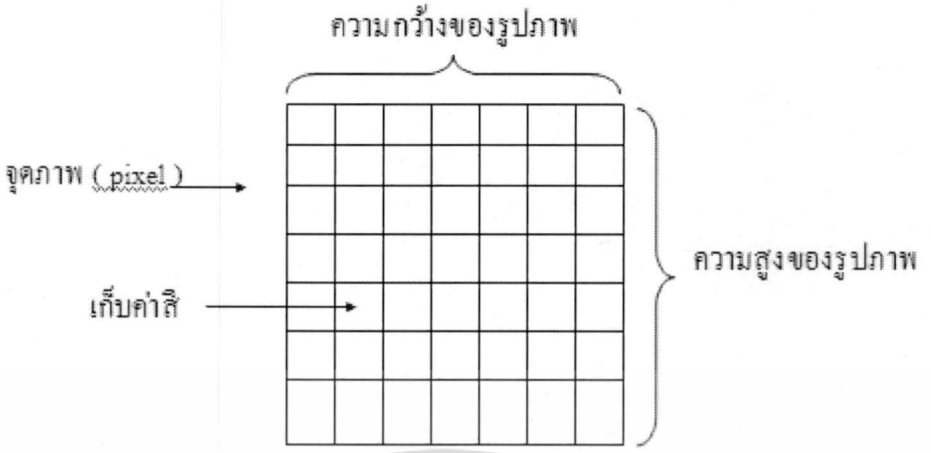
2.1.1 ภาพเชิงดิจิตอล (Digital Image)

ภาพดิจิตอลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ f(x, y) โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x, y) ใด ๆ ภายในภาพ คือ ค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้น ๆ และเมื่อ x,y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite Value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจิตอล และถ้ากำหนดให้ภาพ f(x, y) มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง (x, y) = (0, 0) แล้ว สามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมตริกซ์ได้ แสดงดังสมการที่ (2.1)

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

จากสมการที่ 2.1 ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมตริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล ตำแหน่ง (0, 0) จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุดและการจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่าง การเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิตอลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (Raster) นี้ เรียกว่า ภาพบิตแมป (Bitmap Image) หรือภาพราสเตอร์ (Raster Image)

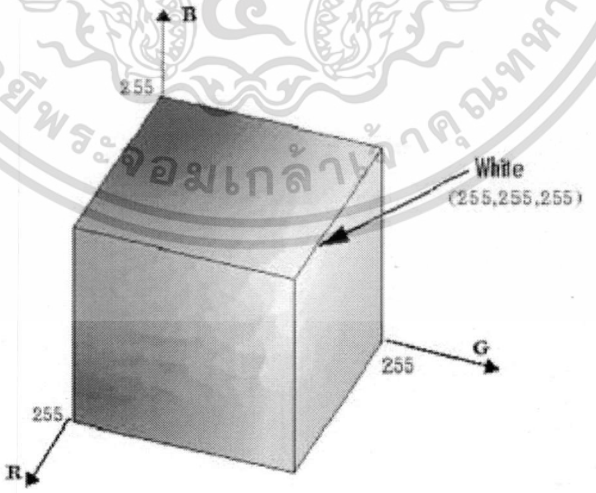
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 รูปแบบการเก็บข้อมูลของรูปภาพดิจิตอล

2.1.2 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี Gray scale

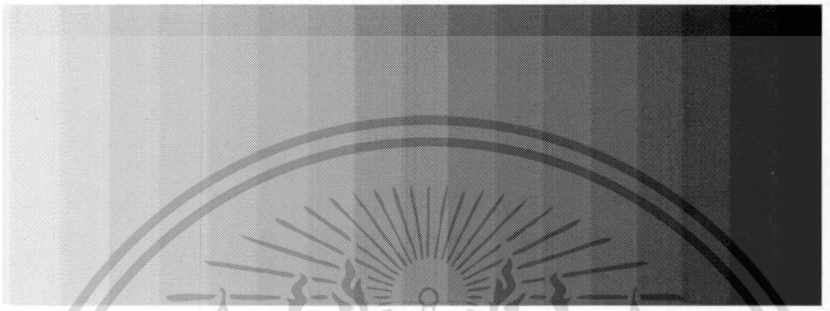
ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ค่าใดค่าหนึ่งหรือหลายๆ ค่ารวมกัน โดยแต่ละสีจะมีค่าตั้งแต่ 0-255 เมื่อนำมาผสมผสานกันทำให้เกิดสีต่างๆ บนจอคอมพิวเตอร์มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ สีที่ได้จากการผสมสีขึ้นอยู่กับความเข้มของสี โดยถ้าสีมีความเข้มมาก เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว จึงเรียกระบบสีนี้ว่าแบบ Additive หรือการผสมสีแบบบวก ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสี Gray scale คือระบบที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเท่ากัน ภาพจึงออกมาในโทนสีขาวดำ ซึ่งภาพระดับสีเทาเป็นภาพซึ่งค่าในแต่ละจุดภาพคือค่าความเข้มของสีแต่ละตำแหน่งของจุดภาพนั้น ซึ่งค่าที่เป็นไปได้ของภาพระดับสีเทาทั้งหมดขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ ตัวอย่างเช่น ภาพระดับสีเทา 8 บิตที่ระดับสีทั้งหมด 256 ระดับ โดยนิยมระบุในช่วง 0-1 หรือ 0-255 แสดงระดับสีเทาดังในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบสี Gray scale

ภาพระดับสีเทาจะมีการไล่ระดับความอ่อนแก่ของสีซึ่งอยู่ระหว่างสีขาวและสีดำ Halftone Image อย่างต่อเนื่อง โดยที่ค่าแต่ละพิกเซลของภาพจะหมายถึงความเข้มแสงแต่ละตำแหน่งของพิกเซลที่อยู่ในรูประดับสีเทา

การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพระดับเทานั้น สามารถทำได้โดยใช้ สมการ 2.2 ดังนี้

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{2.2}$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

I คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพหนึ่งๆ ของรูปภาพระดับเทา

R คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีแดง ของรูปภาพสีแบบ RGB

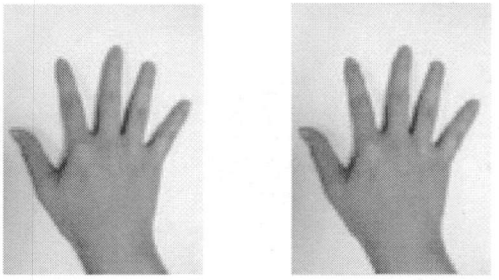
G คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นเขียว ของรูปภาพสีแบบ RGB

B คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีน้ำเงิน ของรูปภาพสีแบบ RGB

ภาพที่รับเข้ามาในขั้นตอนแรกเป็นภาพที่อยู่ในระบบปริภูมิสีแบบ RGB ดังนั้นแต่ละพิกัดของภาพจะประกอบด้วยค่าของเซตที่แสดงถึง ค่าของ R ค่าของ G และค่าของ B ระบบจะทำการเปลี่ยนให้เป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale) เพื่อทำให้สามารถวิเคราะห์ภาพได้ง่ายขึ้น เพราะเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

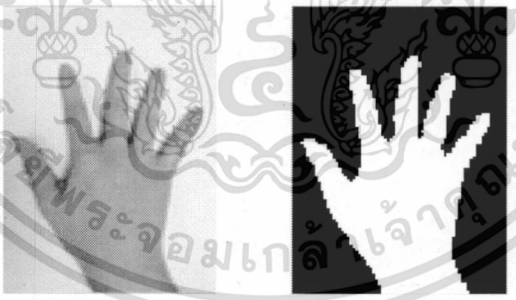
แปลงภาพเป็นระดับสีเทาแล้วจะทำให้แต่ละจุดภาพของภาพจะเหลือเพียงค่าความเข้มของสีมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 เมื่อแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับสีเทาจะได้ดังรูปที่



รูปที่ 2.4 การแปลงภาพ RGB เป็น Gray scale

2.1.3 การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาว-ดำ

ภาพขาว-ดำหมายถึงภาพที่ประกอบด้วยสีขาวและดำเป็นหลัก ในทางดิจิตอลหมายความว่ามีเพียง 2 สถานะ คือ 0 และ 1 ถ้าพิกเซลใดมีค่าเป็น 0 หมายความว่าพิกเซลนั้นมีสีดำ พิกเซลใดมีค่าเป็น 1 หมายความว่าพิกเซลนั้นมีสีขาว การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพขาว–ดำ จะต้องกำหนดค่าความเข้มที่ต้องการอ้างอิงหรือค่าขีดแบ่ง (Threshold Value) โดยผู้ใช้สามารถกำหนดได้เองหรือใช้อัลกอริทึมในการหาค่า รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการแปลงภาพ Gray scale เป็นภาพขาว-ดำ

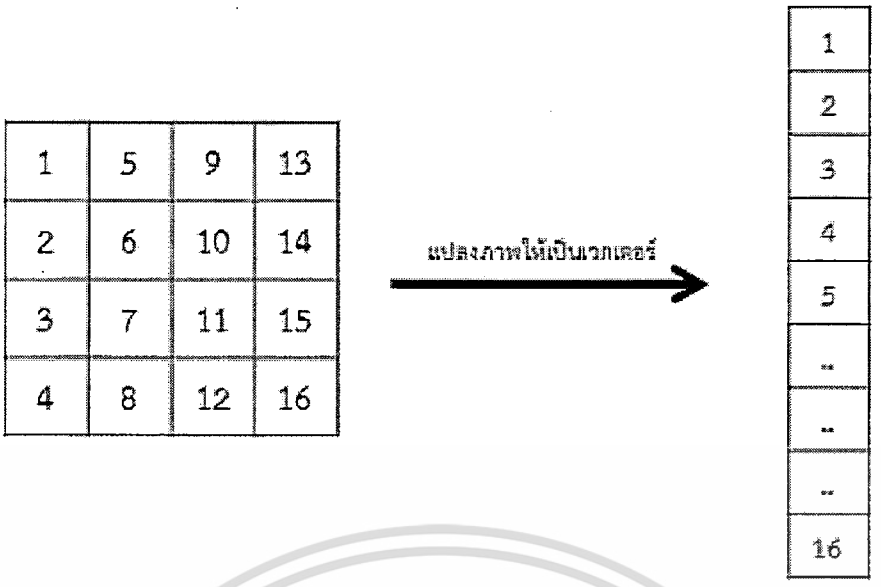


รูปที่ 2.5 การแปลงภาพ Gray scale เป็นภาพขาว-ดำ

2.1.4 การแปลงข้อมูลภาพให้เป็นเวกเตอร์ (Vectorization)

ในการสกัดหาตัวอธิบายคุณลักษณะจะต้องเตรียมภาพให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ เพื่อใช้ในการสกัดหาตัวอธิบายคุณลักษณะ โดยหลักการคือพิจารณาภาพที่เป็นเมตริกซ์ โดยเมตริกซ์จะประกอบด้วยองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วนคือ หลัก (สมาชิกในแนวตั้ง) และแถว (สมาชิกในแนวนอน) โดยให้นำหลักมาต่อหลักจะได้ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การแปลงเมตริกซ์ให้เป็นเวกเตอร์

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis: PCA)

เป็นวิธีการในการระบุรูปแบบของข้อมูล แยกความเหมือนและความต่างของข้อมูล PCA จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนหลายมิติ ซึ่งข้อดีหลัก ๆ ของ PCA คือ สามารถค้นหารูปแบบในข้อมูล และบีบอัดข้อมูล โดยการลดจำนวนมิติของภาพลง โดยที่ไม่สูญเสียข้อมูลที่สำคัญ เช่น ใช้ในการบีบอัดภาพ โดยประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนหลัก ๆ คือ การหาเวกเตอร์เฉลี่ย เพื่อปรับเวกเตอร์ให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน, การหาค่า Covariance Matrix และการแยกองค์ประกอบของเมตริกซ์เพื่อหาค่า Eigen Vectors และ Eigen Value ของ Covariance Matrix ซึ่งจะทำให้ได้ตัวอธิบายคุณลักษณะ

2.2.1 การหาเวกเตอร์เฉลี่ย

ภาพท่ามือมีลักษณะเป็นเมตริกซ์เมื่อทำการแปลงเป็นเวกเตอร์ X_1 โดยเมื่อภาพมีขนาดกว้าง a_1 จุด และความยาว a_2 จุด จะได้เวกเตอร์ X_1 มีขนาดเท่ากับ (a_1 X a_2) ซึ่งเป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมด ในทำนองเดียวกันทำการสร้างเวกเตอร์ X_2, X_3, X_4, ..., X_N จากนั้น นำเวกเตอร์ของภาพดังกล่าวมาเรียงต่อกันในแนวคอลัมน์ตั้งแต่ X_1 ถึง X_N คือ $[X_1,X_2,\ldots, X_N]$ เมื่อ N คือ จำนวนเวกเตอร์ของภาพที่ใช้ในการฝึกฝน จากนั้นคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย (Mean Vector: M_X) ดังสมการที่ 2.3

$$M_x = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การหาค่า Covariance Matrix

ทำการคำนวณหาค่า Covariance Matrix โดย Covariance Matrix ที่ได้จะเป็นเมตริกซ์ขนาดเท่ากับ N X N โดยการคำนวณ Covariance Matrix เพื่อดูความสัมพันธ์ของภาพท่ามือ ตามสมการที่ 2.4

$$C_x = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - M)(X_i - M)^T \qquad (2.4)$$

2.2.3 การแยกองค์ประกอบของเมตริกซ์เพื่อหาค่า Eigen Vectors และ Eigen Value

จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ คือการที่สามารถกะประมาณ (Estimate)เมตริกซ์สหสัมพันธ์ และสามารถหาสมการลักษณะเมตริกซ์สหสัมพันธ์(The characteristic equation of the matrix) 2 กลุ่มค่า(Sets of values) คือ กลุ่มค่าแรกคือ ไอเกนเวกเตอร์ (Eigen Vectors) ใช้สัญลักษณ์ V_a, V_b ... ตามลำดับ ซึ่งเป็นคอลัมน์หรือแถวของน้ำหนักของแต่ละตัวแปรในเมตริกซ์ ถ้ามี 6 ตัวแปรก็จะมีค่าน้ำหนัก 6 ค่า (Elements) ในแต่ละเวกเตอร์ และมีจำนน 6 เวกเตอร์(V_a, V_b...และค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ที่สอดคล้อง (Corresponding) กับองค์ประกอบต่างๆ คือ F_a , F_b...F_f จะได้มาจากแต่ละค่าของเวกเตอร์คูณด้วยรากที่สองของค่าไอเกน (Eigen Value) ขององค์ประกอบนั้น กลุ่มค่าที่ 2 คือค่าไอเกน (Eigen Value) ใช้สัญลักษณ์ I_a คือ ผลรวมกำลังสองของค่าน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งถ้านำมาหาค่าเฉลี่ยจะบอกสัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายโดยองค์ประกอบนั้น ผลรวมเฉลี่ยดังกล่าวในองค์ประกอบใดมีค่าสูงองค์ประกอบนั้นๆ ก็อธิบายได้มาก องค์ประกอบหรือส่วนประกอบแรกที่ถูกสกัดออกมาจะมีค่านี้สูงที่สุด

2.3 การรู้จำท่ามือ (Recognition)

การรู้จำหรือการจำแนกประเภท ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้หลักการ K-Nearest Neighbor เป็นวิธีการในการจัดแบ่งคลาส เทคนิคนี้จะตัดสินใจว่าคลาสใดที่จะแทนเงื่อนไขหรือกรณีใหม่ ๆ ได้บ้าง โดยการตรวจสอบจำนวนบางจำนวน (K ใน K-Nearest Neighbor) ของกรณีหรือเงื่อนไขที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยจะหาผลรวม (Count Up) ของจำนวนเงื่อนไข หรือกรณีต่าง ๆ สำหรับแต่ละคลาส และกำหนดเงื่อนไขใหม่ ๆ ให้คลาสที่เหมือนกันกับคลาสที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

ในการนำเทคนิคของ K-NN ไปใช้นั้นเป็นการหาวิธีการวัดระยะห่างระหว่างแต่ละ Attribute ในข้อมูลให้ได้ และจากนั้นคำนวณค่าออกมา ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะสำหรับข้อมูลแบบตัวเลข แต่ตัวแปรที่เป็นค่าแบบไม่ต่อเนื่องนั้นก็สามารถทำได้ เพียงแต่ต้องการการจัดการแบบพิเศษเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเช่น ถ้าเป็นเรื่องของสี เราจะใช้อะไรวัดความแตกต่างระหว่างสีน้ำเงินกับสีเขียว ต่อจากนั้นต้องมีวิธีในการรวมค่าระยะห่างของ Attribute ทุกค่าที่วัดมาได้ เมื่อสามารถคำนวณระยะห่างระหว่างเงื่อนไขหรือกรณีต่าง ๆ ได้ จากนั้นให้เลือกชุดของเงื่อนไข ที่ใช้จัดคลาสมาเป็นฐานสำหรับการจัดคลาสในเงื่อนไขใหม่ ๆ ได้แล้วจะตัดสินใจได้ว่าขอบเขตของจุดข้างเคียงที่ควรเป็นนั้น ควรมีขนาดใหญ่เท่าไร และอาจตัดสินใจได้ด้วยว่าจะนับจำนวนจุดข้างเคียงตัวมันได้อย่างไร วิธีการ K-NN ประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก ๆ 2 ฟังก์ชัน คือ

Distance Function เป็นการคำนวณค่าระยะห่างระหว่างสองเรคคอร์ด เพื่อที่จะมาวัดความคล้ายคลึงกันของข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 3 คุณสมบัติ คือ ค่าระยะทาง (ความห่าง) ที่คำนวณได้ต้องไม่ติดลบ, ถ้าตำแหน่งเดียวกันฟังก์ชันต้องเป็นศูนย์ (ค่าเหมือนกัน) และการคำนวณวัดระยะทางไปกลับต้องเท่ากัน

Combination Function เป็นการรวมกันของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่า Distance โดยทำการเรียงลำดับค่า Distance จากน้อยไปมาก หลังจากนั้นดูจากค่า K ว่ากำหนดเป็นเท่าไร แล้วนำลำดับที่เรียงได้มาเทียบกับคลาสข้อมูลที่เรียงแล้วนำมาตอบ โดยการรวมค่า Distance ในเรคคอร์ด มี 3 วิธีคือ Manhattan distance or summation เป็นการนำค่าที่คำนวณได้ในหนึ่งเรคคอร์ดมารวมกัน, Normalized summation เป็นการนำค่าที่ได้จากข้อแรกมาหารด้วย Max ของ Attribute และ Euclidean distance เป็นการหารากที่สอง (Square Root) ในแต่ละ Attribute แล้วนำมารวมกัน แล้วนำค่าที่คำนวณได้ในหนึ่งเรคคอร์ดมารวมกัน
โดยในโครงการนี้ใช้วิธีการ Euclidean distance ตามสมการที่ 2.5

$$dist = \sqrt{\sum_{k=1}^{n}(p_k - q_k)^2} \tag{2.5}$$

โดยสรุปข้อดีของวิธีการ K-NN คือ หากเงื่อนไขการตัดสินใจมีความซับซ้อน วิธีนี้สามารถสร้างโมเดลที่มีประสิทธิภาพได้ แต่ก็มีข้อเสียคือ ใช้ระยะเวลาในการคำนวณนาน และถ้า Attribute มีจำนวนมากจะเกิดปัญหาในการคำนวณค่า

2.4 ความถูกต้องของการรู้จำ

ในการวัดความถูกต้องของการรู้จำภาพ โดยการคำนวณความถูกต้องของการรู้จำภาพเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้จากการนำจำนวนภาพที่รู้จำถูกต้องหารด้วยจำนวนภาพทั้งหมดคูณด้วย 100 ดังแสดงในสมการที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความถูกต้องของการรู้จำ(เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนภาพที่รู้จำถูกต้อง}}{\text{จำนวนภาพทั้งหมด}} \times 100 \quad (2.6)$$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 Bare Hand Gesture Recognition with a Single Color Camera โดย Yishen Xu,Jihua Gu,Zhi Tao,Di Wo

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการรู้จำท่าทางของมือโดยใช้กล้องตัวเดียว ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนคือ image pre-processing, skin segmentation, feature extraction and gesture classification โดยขั้นตอน image pre-processing เป็นการแปลงภาพสีแบบ vector เป็นภาพแบบ hue โดยการแปลงภาพสีที่รับจากกล้องในรูปแบบของระบบสีแบบ RGB เป็นระบบสีแบบ HSL เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง ขอบเขตของ HSL ใช้ในการตรวจจับสีผิว และทำการลดสัญญาณรบกวนของภาพ ขั้นตอนการแยกสีผิว โดยการแยกส่วนที่เป็นผิวออกจากภาพทั้งหมด และแยกส่วนของแขนออกจากมือโดยเส้นแบ่งข้อมือ ขั้นตอนการสกัดคุณลักษณะเด่นโดยใช้ลักษณะท่าทางของมือที่แตกต่างกันโดยการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่เก็บไว้ และวัดประสิทธิภาพของระบบโดยการเล่นเกมส์กรรไกร ค้อน กระดาษ โต้ตอบกันคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบมีอัตราการรู้จำสูงถึง 93.1%

2.5.2 An Efficient Human-Computer Interaction Framework Using Skin Color Tracking and Gesture Recognition โดย Nam Vo, Quang Tran, Thang Ba Dinh, Tien Ba Dinh

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับสีผิวซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักคือ Detection, Tracking, Recognition โดยขั้นตอนการ Detection เป็นการค้นหาสีผิว ขั้นตอน Tracking เป็นการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ ขั้นตอน Gesture Recognition รู้จำท่าทางโดยตรวจจับส่วนของหน้า แยกส่วนที่เป็นฝ่ามือกับนิ้วมือ เพื่อใช้ลักษณะท่ามือในการโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบสามารถโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ผ่านหลายโปรแกรม สามารถควบคุมเมาส์และเล่นเกมส์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 Hand Gesture Recognition based on Shape Parameters โดย Meenakshi Panwar

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอระบบรู้จำท่ามือแบบเรียลไทม์ โดยการตรวจจับรูปร่างของมือและนิ้วมือ ใช้กล้องเวปแคมที่มีความละเอียด 7 ล้านพิกเซล ถ่ายภาพเคลื่อนไหวได้ 20 เฟรมต่อวินาที ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ Image Segmentation เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลโดยแปลงภาพจากระบบ RGB เป็น YCbCr การตัดพื้นหลังและใช้ K-means clustering ในการแยกภาพมือออกจากพื้นหลัง Orientation Detection เป็นขั้นตอนในการตรวจจับว่าภาพเป็นท่าแนวตั้งหรือแนวนอน ขั้นตอน Features extraction เป็นขั้นตอนในการสกัดคุณลักษณะ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นนิ้วมือ และส่วนที่ไม่ใช่นิ้วมือ และขั้นตอน Classification and bits generation เป็นการจำแนกเป็นกลุ่มของท่ามือ โดยจำแนกจากจำนวนนิ้วที่ชูแปลงเป็น 5 บิตไบนารี ให้นิ้วโป้งเป็นบิตซ้ายสุด ถ้านิ้วไหนชูก็แปลงเป็นค่า 1 ถ้านิ้วไหนไม่ได้ชูก็แปลงเป็นค่า 0 ผลการทดลองกับภาพ 450 ภาพ ด้วยรูปแบบท่ามือที่แตกต่างกัน 45 รูปแบบได้อัตราการรู้จำประมาณ 94%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์ปัญหา

เนื่องในปัจจุบันคนส่วนใหญ่ใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลาย การใช้คอมพิวเตอร์มีความหลากหลายในการใช้งานมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การใช้งานคอมพิวเตอร์ในห้องที่มีขนาดใหญ่ในการประชุมหรือการนำเสนอผลงานกับจอภาพที่มีขนาดใหญ่ การที่จะใช้เมาส์ในการควบคุมหรือสั่งงานคอมพิวเตอร์ ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการที่จะเคลื่อนย้ายเมาส์ และควบคุมสั่งงานเมาส์ จากปัญหาในการใช้งานเมาส์ในห้องที่มีขนาดใหญ่ และมีจอภาพขนาดใหญ่ ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการที่จะต้องเคลื่อนย้ายเมาส์ เพื่อให้การควบคุมและสั่งงานคอมพิวเตอร์เกิดความสะดวกและคล่องตัว โดยที่ไม่ต้องควบคุมและสั่งงานผ่านเมาส์ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมการสั่งงานคอมพิวเตอร์ โดยการจับภาพท่ามือ เพื่อใช้ควบคุมและสั่งงานคอมพิวเตอร์แทนการใช้เมาส์ ดังนั้นในโครงการนี้จึงมุ่งเน้นการสกัดคุณลักษณะของท่ามือ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพ เพื่อมาใช้ในการกำหนดเป็นคำสั่งเพื่อสั่งงานคอมพิวเตอร์แทนการใช้เมาส์ โดยมีกระบวนการทดลองดังแสดงในรูปที่ 1.1

โดยกระบวนการทดลองจะประกอบด้วยกระบวนการหลักๆ 3 กระบวนการ เริ่มจากกระบวนการแรกคือกระบวนการในการเตรียมข้อมูล เป็นการนำชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Set) ไปผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลจากนั้นจึงนำไปสกัดหาคุณลักษณะ ในกระบวนการที่ 2 ในกระบวนการนี้เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของข้อมูล เพื่อเลือกจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมที่สุด และกระบวนการสุดท้ายเป็นกระบวนการรู้จำภาพ โดยการนำภาพมาข้อมูลชุดทดสอบ (Testing Set) มาเปรียบเทียบกับภาพชุดฝึกฝน (Training Image) ที่ผ่านการสกัดคุณลักษณะโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะที่คล้ายกัน และกำหนดเป็นคำสั่งในการสั่งงานเมาส์

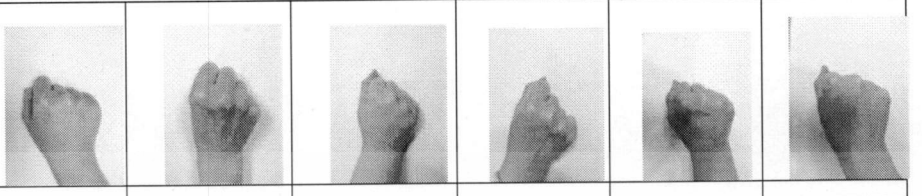
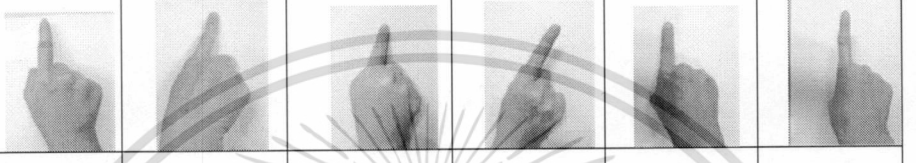
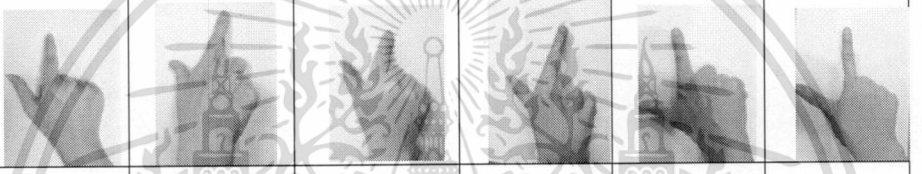
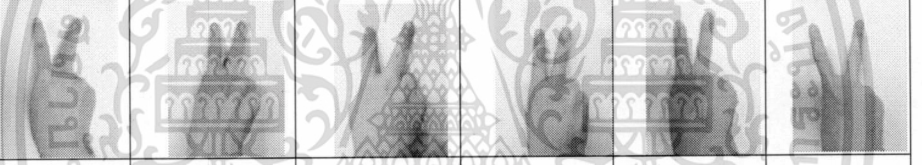
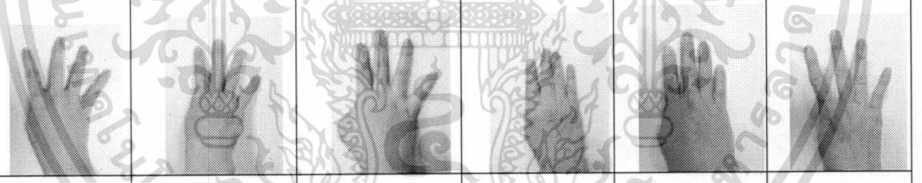
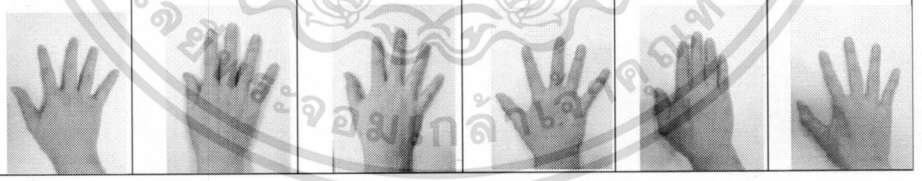
3.2 กระบวนการเตรียมข้อมูล

กระบวนการเตรียมข้อมูลเริ่มจากการเก็บรวบรวมภาพมือ โดยถ่ายภาพมือจากคนทั้งหมด 10 คน คนละ 6 ท่ามือ ท่ามือละ 10 ภาพ จะได้ภาพที่จะนำมาทดสอบทั้งหมด 600 ภาพ โดยที่แต่ละภาพมีขนาด 75 x 100 พิกเซล และแยกเก็บภาพตาม folder ซึ่งแต่ละ folder มีจำนวน 100 ภาพ โดยที่ folder 0 เก็บภาพท่ามือกำมือ folder 1 เก็บภาพท่ามือชูนิ้วชี้ folder 2 เก็บภาพท่ามือชูนิ้วโป้งและนิ้วชี้ folder 3 เก็บภาพท่ามือชูนิ้วชี้และนิ้วกลาง folder 4 เก็บภาพท่ามือชู 4 นิ้ว folder 5 เก็บภาพท่ามือชู 5 นิ้ว ตัวอย่างการเก็บภาพในแต่ละ folder ดังแสดงในตารางที่ 3.1ในกระบวนการนี้จะนำภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดผ่านกระบวนการแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นระบบสี Gray scale และทำการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปเมตริกซ์ภาพ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบในกระบวนการต่อไป

ตารางที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างภาพ

folder	images
0	
1	
2	
3	
4	
5	

3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis)

จากกระบวนการเตรียมข้อมูล ได้ทำการเก็บภาพมือมาทั้งหมด 6 ท่า ท่าละ 100 ภาพ แล้วทำการแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นระบบสี Gray scale จากนั้นนำภาพ Gray scale มาเปลี่ยนให้เป็นภาพขาวดำแบบไบนารี (Binary Image) และนำมาผ่านกระบวนการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์รูปภาพ และนำมาทำการสกัดคุณลักษณะโดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม โดยใช้ PCA Algorithm ซึ่งมีกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 3.2 จากภาพที่ 3.2 มีทั้งหมด 10 กระบวนการ สามารถอธิบายแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

กระบวนการที่ 1 ทำการคำนวณจำนวนภาพที่เก็บมาท่าละ 100 ภาพโดยแยกเก็บ folder ละ 1 ท่า เป็นภาพชุดฝึกฝน (Training Image)

กระบวนการที่ 2 ทำการแปลงภาพแต่ละภาพจากระบบสี RGB เป็นระบบสีแบบ Gray Scale

กระบวนการที่ 3 ทำการคำนวณขนาดของภาพ โดยภาพที่เก็บมาจะมีขนาด 75 x 100 พิกเซล

กระบวนการที่ 4 ทำการลดขนาดของภาพโดยการแปลงภาพเป็นเวกเตอร์ภาพ ทำให้ภาพที่ได้อยู่ในรูปแบบภาพ 1 มิติ โดยที่กระบวนการที่ 1-4 ในการทดลองนี้จะอยู่ในส่วนของขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

กระบวนการที่ 5 ทำการหาค่าเวกเตอร์เฉลี่ยของทุกภาพ ตามสมการที่ 2.3 ซึ่งแปลงเป็นคำสั่งดังนี้ $M_j = (1/P)*sum(T_j)$ โดยที่ P คือจำนวนของภาพในชุดฝึกฝน (Training Image) T คือภาพที่ j และ M_j คือค่าเฉลี่ยของภาพที่ j

กระบวนการที่ 6 ทำการนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปลบจากข้อมูลทุกตัว

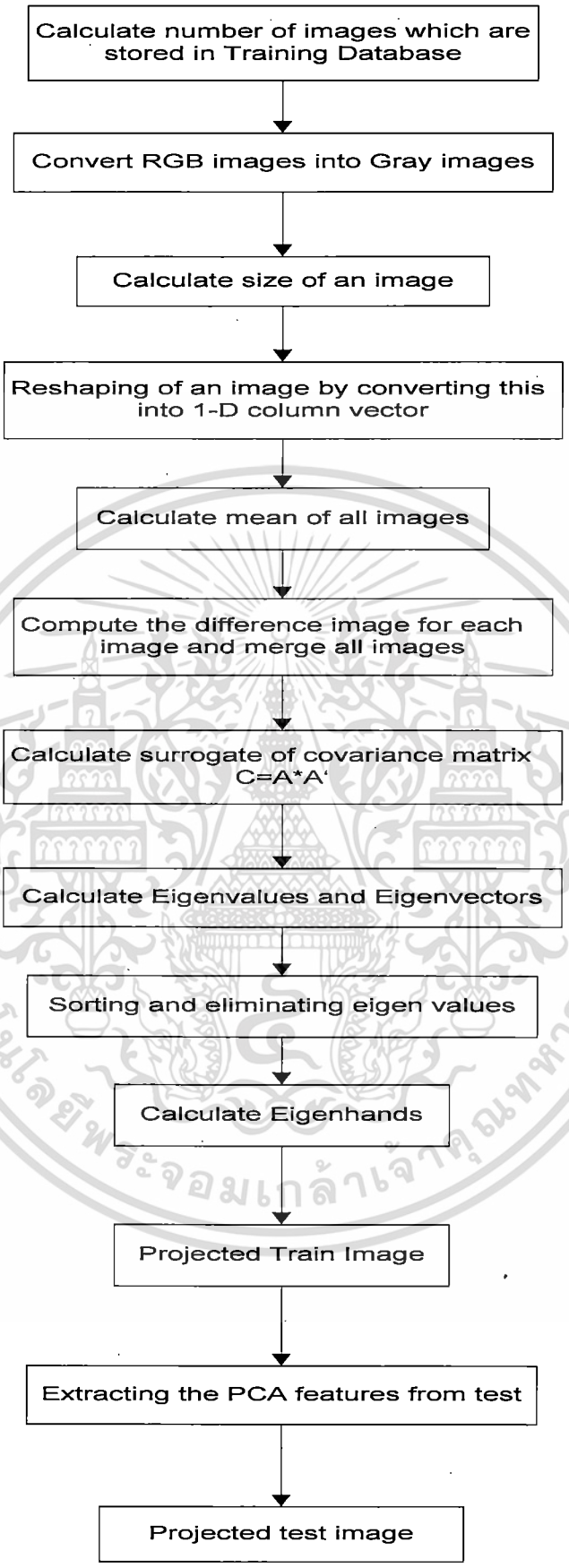
กระบวนการที่ 7 ทำการคำนวณเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม Covariance Matrix ตามสมการที่ 2.4

กระบวนการที่ 8 คำนวณค่าไอเกน Eigen Values และ เวกเตอร์ไอเกน Eigen Vectors ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

กระบวนการที่ 9 เรียงลำดับเวกเตอร์ไอเกนตามค่าสัมบูรณ์ของค่าไอเกนจากมากไปน้อย และตัดเวกเตอร์ไอเกนที่มีค่าสัมบูรณ์ของค่าไอเกนน้อนออกไป

กระบวนการที่ 10 เลือกจำนวนองค์ประกอบ ทำให้ได้ตัวอธิบายคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 PCA Algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

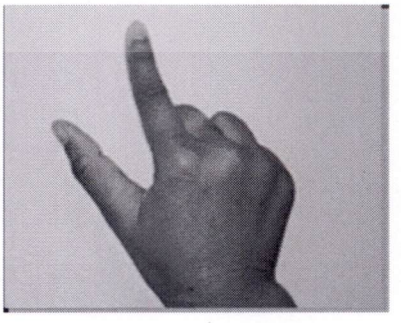
3.4 การรู้จำภาพ

เมื่อได้ภาพที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบ และเลือกจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมแล้ว กระบวนการต่อไปในการทดลองในโครงการนี้คือการรู้จำภาพ ซึ่งจะใช้เทคนิควิธีการ K Nearest Neighbor และใช้วิธีการหาระยะทางโดยใช้วิธีการ Euclidean Distance ตามสมการที่ 2.11 โดยการรวมกันของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่า Distance โดยทำการเรียงลำดับค่า Distance จากน้อยไปมาก หลังจากนั้นดูจากค่า K ว่ากำหนดเป็นเท่าไร ในการทดลองนี้กำหนดให้ค่า K เป็น 1 แล้วนำลำดับที่เรียงได้มาเทียบกับคลาสข้อมูลที่เรียงและเลือกภาพที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับภาพชุดฝึกฝนมากที่สุด

3.5 การกำหนดฟังก์ชันการทำงานของเมาส์

เพื่อให้สามารถสั่งการคอมพิวเตอร์แทนการใช้เมาส์ จำเป็นจะต้องมีการท่ามือกับฟังก์ชันการทำงานของเมาส์เพื่อใช้ในการกำหนดคำสั่งในการสั่งงานให้เมาส์ทำงาน ตามตารางที่ 3.2 โดยในการทดลองนี้จะกำหนดให้ ท่ามือชูนิ้วชี้แทนฟังก์ชันการเลื่อนเมาส์ ท่ามือชูนิ้วโป้งและนิ้วชี้แทนฟังก์ชันคลิ๊กซ้าย ท่ามือชูนิ้วชี้และนิ้วกลางแทนฟังก์ชันคลิ๊กขวา และท่ามือชู 4 นิ้วแทนฟังก์ชันดับเบิ้ลคลิ๊ก

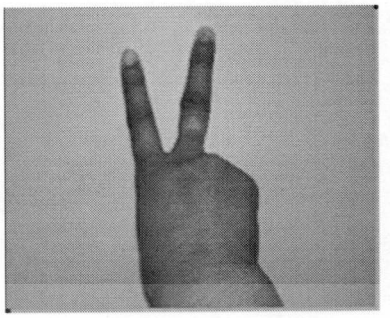
ตารางที่ 3.2 ฟังก์ชันการทำงานของเมาส์

Mouse	Finger
เลื่อนเมาส์	
คลิ๊กซ้าย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

144206

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Mouse	Finger
คลิ๊กขวา	
ดับเบิ้ลคลิ๊ก	

ในการทดลองนี้ใช้โปรแกรม Matlab เป็นโปรแกรมในการเขียนสคริปต์ M-File ซึ่งโค้ดของโปรแกรมที่ใช้งานบางส่วน สามารถอธิบายได้ดังนี้

แสดงรายละเอียดของกล้อง Webcam โดยใช้คำสั่ง imaqhwinfo

ติดต่อกับกล้อง Webcam ด้วยชื่อ winvideo โดยใช้คำสั่ง vid=videoput('winvideo')

แปลงภาพให้กลายเป็น Grayscale โดยใช้คำสั่ง grayImge = rgb2gray(RGBImage);

แปลงภาพ Grayscale ให้เป็น Black&White โดยใช้คำสั่ง BW1=im2bw(J(:,:,2),L);

แสดงภาพ Black&White โดยใช้คำสั่ง figure;imshow(BW1);

เมื่อได้ภาพต้นแบบที่เก็บไว้ในระบบแล้ว จึงนำแต่ละลักษณะท่าทางมากำหนดเป็นคำสั่งในการทำงานของเมาส์ โดยใช้ Java awt library Class Robot เป็นส่วนควบคุมการทำงานของเมาส์ในระบบปฏิบัติการวินโดว์ ให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยจะมีเมธอดที่ใช้สำหรับสั่งการทำงานของเมาส์คือ

- mouseMove(x,y) เป็นเมธอดในการสั่งให้เมาส์เคลื่อนไปตามค่า x,y
- mousePress(InputEvent.BUTTON1_MASK) เป็นเมธอดของคำสั่งคลิ๊กเมาส์ซ้าย
- mousePress(InputEvent.BUTTON3_MASK) เป็นเมธอดของคำสั่งคลิ๊กเมาส์ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

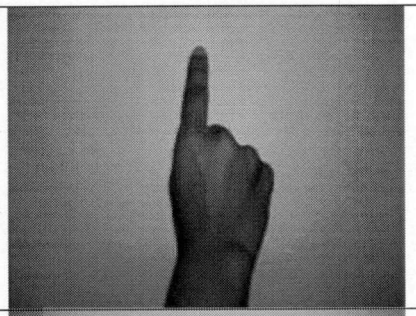
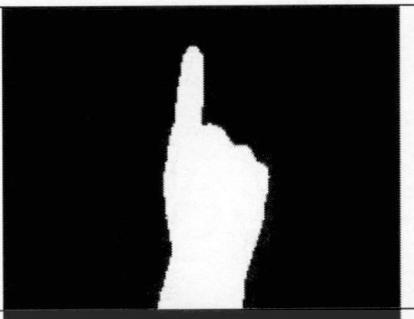
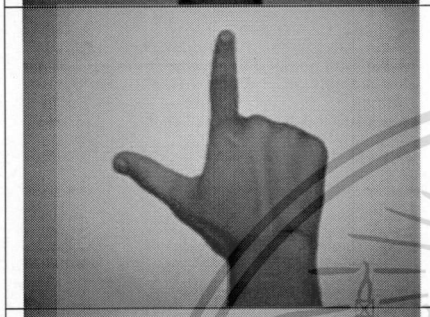
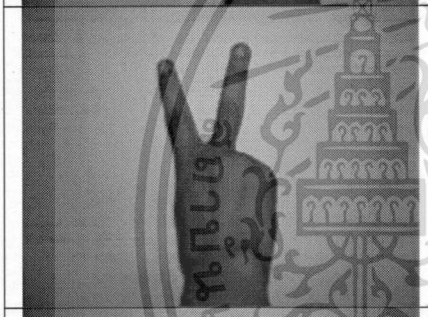
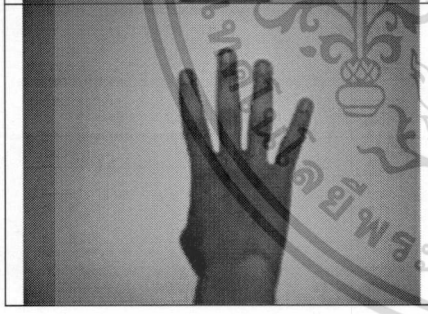
เนื่องจากการที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้รู้จำแต่ละท่ามือ จำเป็นจะต้องแยกคุณลักษณะและความแตกต่างของแต่ละท่ามือให้ได้ ซึ่งการทดลองจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนในการเตรียมข้อมูล ขั้นตอนในการเลือกองค์ประกอบของเมตริกซ์ เพื่อเลือกจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมที่สุด และขั้นตอนสุดท้ายคือการรู้จำภาพท่ามือ เมื่อสามารถเลือกจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมได้ จะทำให้สามารถเปรียบเทียบภาพได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

4.2 การออกแบบการทดลอง

จากการออกแบบการทดลองตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 จะแบ่งขั้นตอนหลักเป็น 3 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนในการเตรียมข้อมูล ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการนำภาพที่เก็บรวบรวมมาแบ่งกลุ่มของชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลอง โดยการอ่านข้อมูลจาก แต่ละ Folder หรือแต่ละท่ามือ ทำการอ่านภาพจาก Folder ที่เก็บมาแปลงเป็น Image matrix โดยการอ่านภาพจากแต่ละ folder ทำการแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นระบบสี Gray scale จะได้ผลตามตารางที่ 4.1 หลังจากนั้นนำภาพมาเรียงต่อกันเป็นเมตริกซ์ และทำการแบ่งคลาสของภาพแต่ละชุด เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป จะได้ดังตารางที่ 4.2 จากตารางสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อนำภาพทั้งหมดมาเรียงต่อกันจะได้ภาพทั้งหมด 600 ภาพ โดยภาพที่ 1-100 คือภาพท่ากำมือ จะกำหนดให้เป็นคลาสที่ 1 ภาพที่ 101-200 คือภาพท่าชูนิ้วชี้ จะกำหนดให้เป็นคลาสที่ 2 ภาพที่ 201-300 คือภาพท่าชูนิ้วโป้งและนิ้วชี้ จะกำหนดให้เป็นคลาสที่ 3 ภาพที่ 301-400 คือภาพท่าชูนิ้วชี้และนิ้วกลาง จะกำหนดให้เป็นคลาสที่ 4 ภาพที่ 401-500 คือภาพท่าชู 4 นิ้ว จะกำหนดให้เป็นคลาสที่ 5 ภาพที่ 501-600 คือภาพท่าชู 5 นิ้ว จะกำหนดให้เป็นคลาสที่ 6 ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของภาพ โดยการเลือกภาพเป็นภาพชุดฝึกฝน (Training Image) มาทดลองหาจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความถูกต้องในการเปรียบเทียบภาพมากที่สุด และขั้นตอนสุดท้าย เป็นขั้นตอนในการรู้จำภาพ โดยการนำภาพชุดทดสอบ (Test Image) จำนวน 50 ภาพจากแต่ละคลาส มาทำการทดสอบเปรียบเทียบกับภาพชุดฝึกฝน (Training Image) ตามจำนวนองค์ประกอบที่เลือกและวัดความถูกต้อง

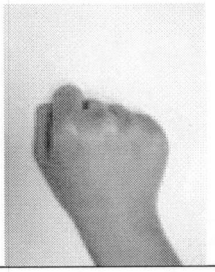
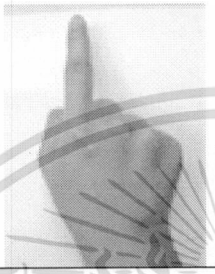
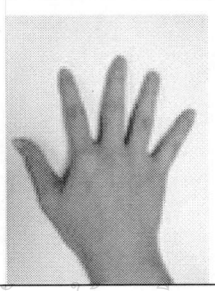
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแปลงภาพ

ภาพต้นฉบับ	ภาพที่แปลงแล้ว
	
	
	
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ภาพที่แปลงเป็นเมตริกซ์

Image No.	Image	Class
1-100		1
101-200		2
201-300		3
301-400		4
401-500		5
501-600		6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองในการวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อเลือกจำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ PCA Algorithm ได้ผลการทดสอบ โดยวัดความถูกต้องของการรู้จำ เป็นเปอร์เซ็นต์ ได้ดังตารางที่ 4.3 จากตารางจะเห็นว่า เมื่อเลือกที่ 1 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 16.33% ที่ 2 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 26% ที่ 3 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 36.33% ที่ 4 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 54.33% ที่ 5 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 62.33% ที่ 6 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 66% ที่ 7 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 71.33% ที่ 8 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 74.33% ที่ 9 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 78.33% ที่ 10 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 80.67% ที่ 11 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 81% ที่ 12 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 80% ที่ 13 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 81% ที่ 14 องค์ประกอบ มีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 83% โดยภาพรวมจะพบว่าความถูกต้องจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนองค์ประกอบเพิ่มขึ้น และจะเห็นได้ว่าถ้าจำนวนองค์ประกอบมากกว่า 14 องค์ประกอบขึ้นไปเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องจะคงที่ ไม่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นไปกว่านี้ ดังนั้นเพื่อให้ใช้ฟีเจอร์น้อยที่สุด จึงเลือกที่ 14 องค์ประกอบ

จากการสังเกตพบว่า class 3 คือภาพท่าชูนิ้วโป้งและนิ้วชี้ มีค่าความถูกต้องน้อยกว่า class อื่นๆ เนื่องจากว่าขนาดนิ้วโป้งกับนิ้วชี้ของแต่ละภาพมีความแตกต่างกันพอสมควร ประกอบกับความเอียงของท่ามือมีผลทำให้การสกัดคุณลักษณะมีความถูกต้องน้อยกว่า

ตารางที่ 4.3 การวัดความถูกต้องของแต่ละองค์ประกอบ

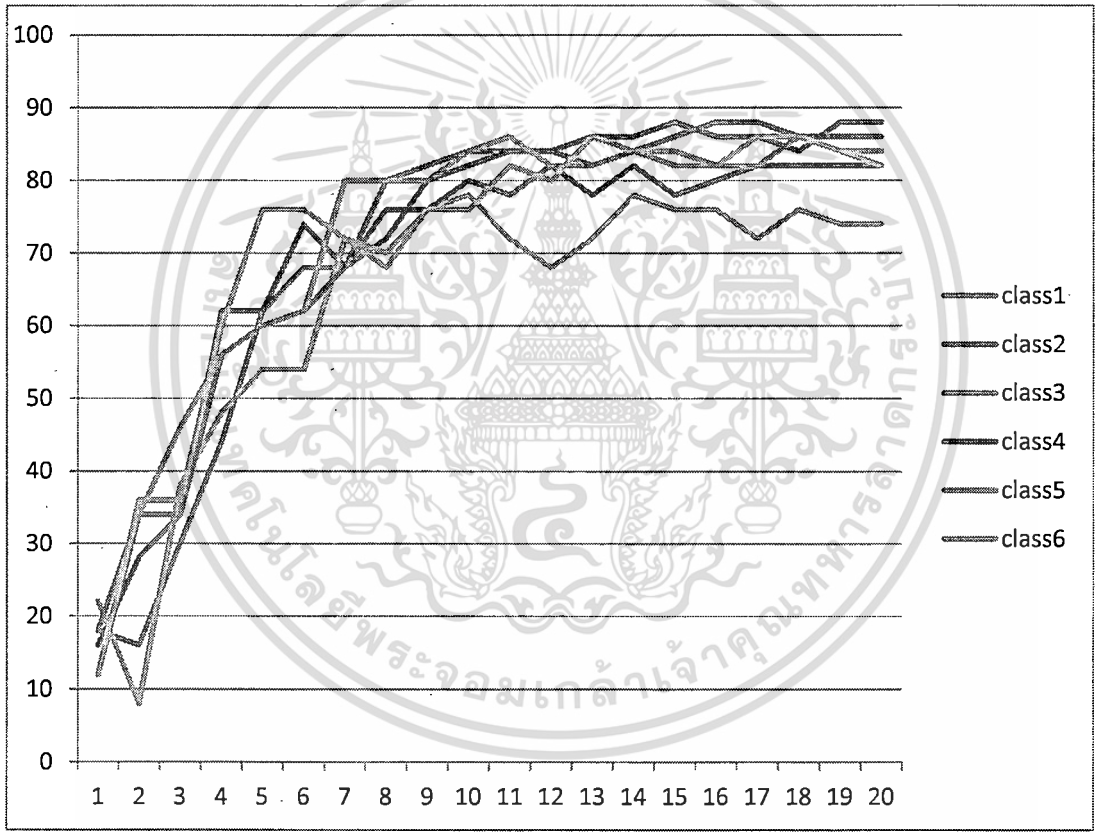
component	class1	class2	class3	class4	class5	class6	Avg.
1	18	16	22	12	18	12	16.33
2	16	28	8	34	34	36	26.00
3	30	34	38	34	46	36	36.33
4	44	62	48	56	56	60	54.33
5	62	62	54	60	60	76	62.33
6	68	74	54	62	62	76	66.00
7	68	68	72	68	80	72	71.33
8	80	72	68	76	80	70	74.33
9	82	80	76	76	80	76	78.33
10	84	82	78	80	84	76	80.67
11	84	84	72	78	86	82	81.00
12	84	84	68	82	82	80	80.00
13	82	86	72	78	82	86	81.00
14	84	86	78	82	84	84	83.00
15	86	88	76	78	82	84	82.33
16	88	86	76	80	82	82	82.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

component	class1	class2	class3	class4	class5	class6	Avg.
17	88	86	72	82	82	86	82.67
18	86	84	76	82	86	86	83.33
19	86	88	74	82	84	84	83.00
20	86	88	74	82	84	82	82.67

เมื่อนำผลการทดสอบตามตารางที่ 4.3 มาพล๊อตกราฟจะได้ตามรูปที่ 4.1 โดยที่แกน X คือจำนวน Component ส่วนแกน Y คือ % ความถูกต้องที่ได้จากการทดสอบ จากกราฟ จะเห็นว่าเปอร์เซนต์ความถูกต้องจะสูงขึ้นเมื่อจำนวนองค์ประกอบเพิ่มขึ้น และจะเริ่มคงที่ตั้งแต่ 14 องค์ประกอบขึ้นไป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกที่ 14 องค์ประกอบ

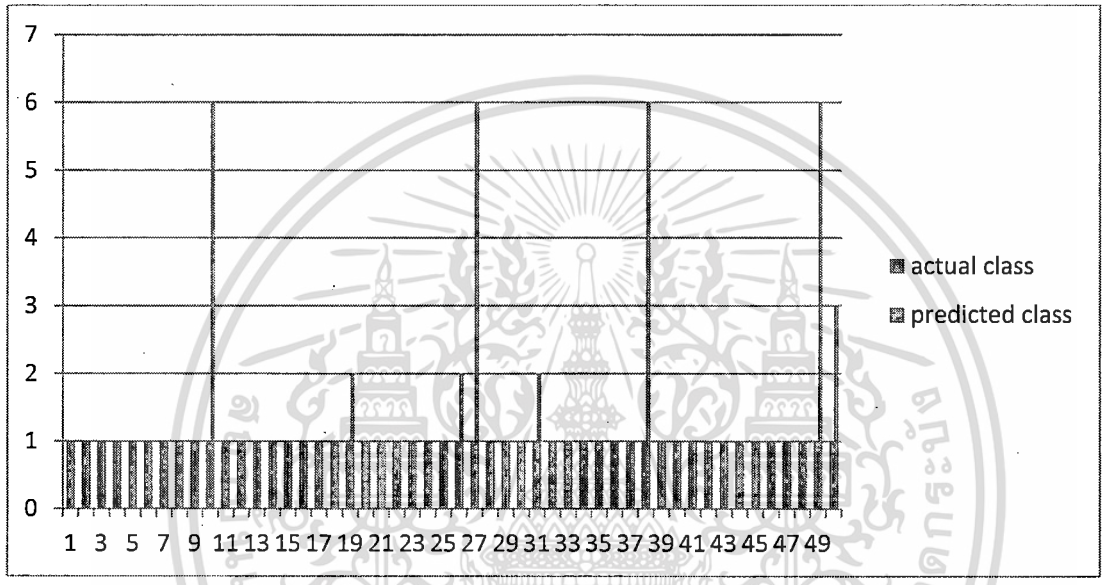


รูปที่ 4.1 กราฟผลการทดสอบโดยใช้ PCA

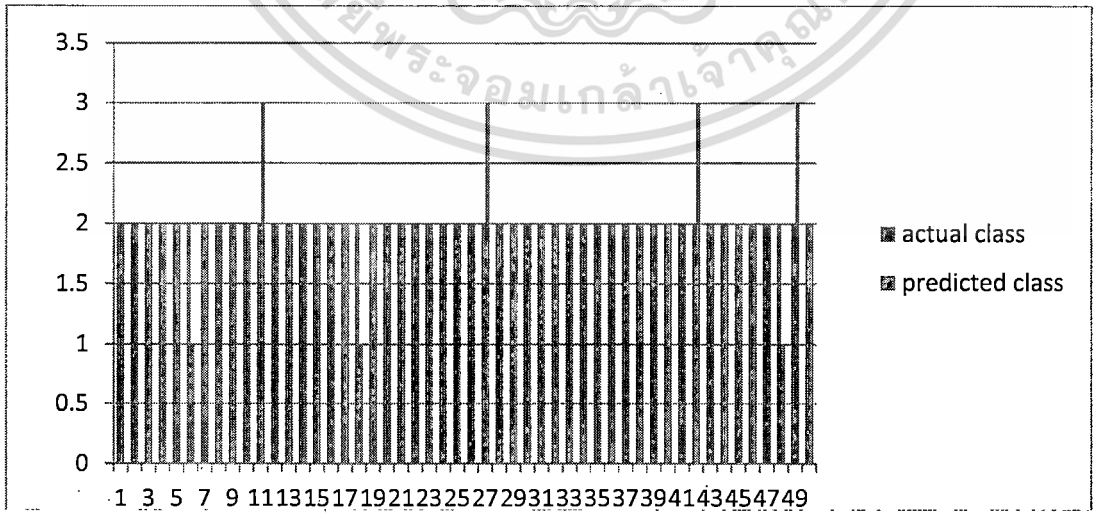
จากรูปที่ 4.2-4.7 เป็นกราฟแสดงผลการทดสอบ โดยการนำภาพชุดทดสอบ (Test Image) จำนวน 50 ภาพจากแต่ละคลาสมาทำการทดสอบ และเลือกที่จำนวน 14 components โดยที่แกน X คือจำนวนภาพที่ทำการทดสอบ แกน Y คือคลาสที่ใช้ทดสอบ รูปที่ 4.2 เป็นการทดสอบกับคลาสที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือภาพท่ากำมือ ซึ่งผลการทดสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ 84% รูปที่ 4.3 เป็นการทดสอบกับคลาสที่ 2 คือภาพท่ามือชูนิ้วชี้ ซึ่งผลการทดสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ 86% รูปที่ 4.4 เป็นการทดสอบกับคลาสที่ 3 คือภาพท่ามือชูนิ้วโป้งและนิ้วชี้ ซึ่งผลการทดสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ 78% รูปที่ 4.5 เป็นการทดสอบกับคลาสที่ 4 คือภาพท่ามือชูนิ้วชี้และนิ้วกลาง ซึ่งผลการทดสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ 82% รูปที่ 4.6 เป็นการทดสอบกับคลาสที่ 5 คือภาพท่ามือชู 4 นิ้ว ซึ่งผลการทดสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ 84% รูปที่ 4.7 เป็นการทดสอบกับคลาสที่ 6 คือภาพท่ากำมือ ซึ่งผลการทดสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ 84%

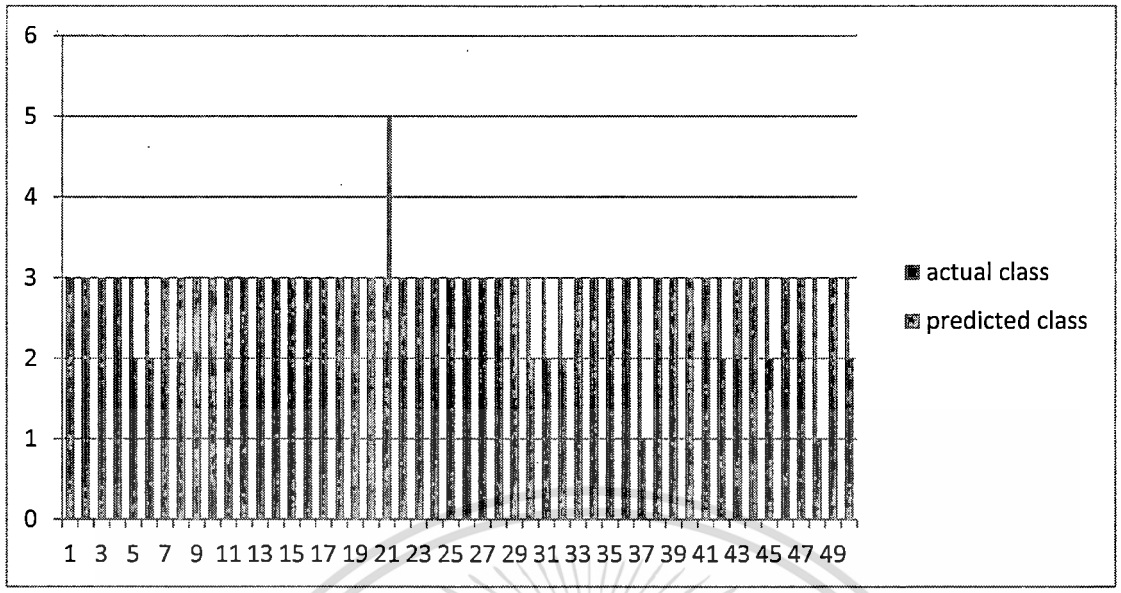


รูปที่ 4.2 กราฟผลการทดสอบ class 1 ที่ 14 components

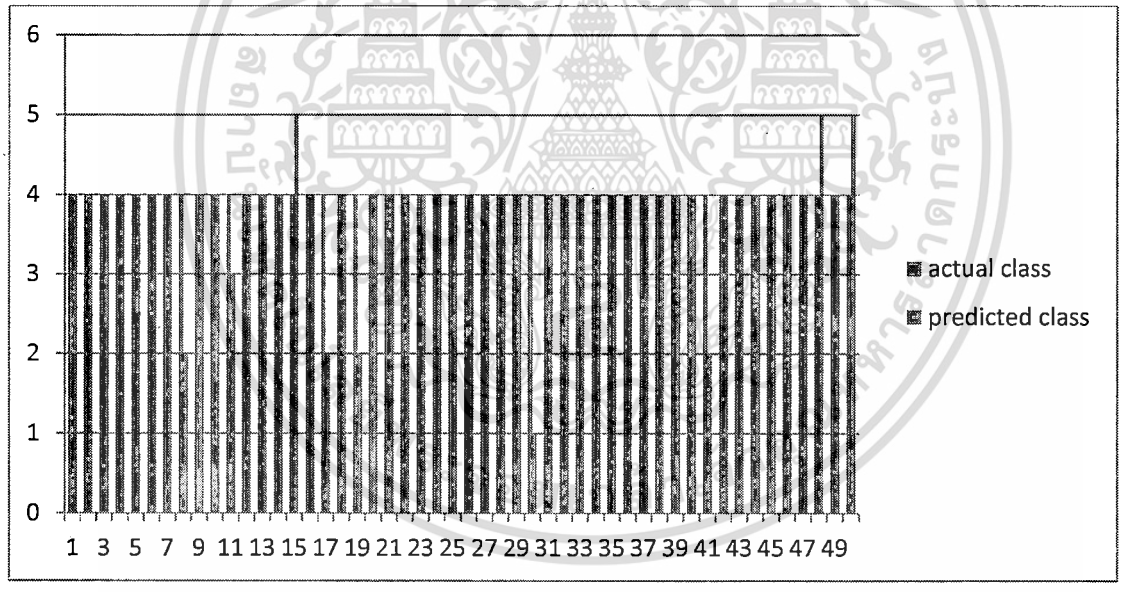


รูปที่ 4.3 กราฟผลการทดสอบ class 2 ที่ 14 components

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

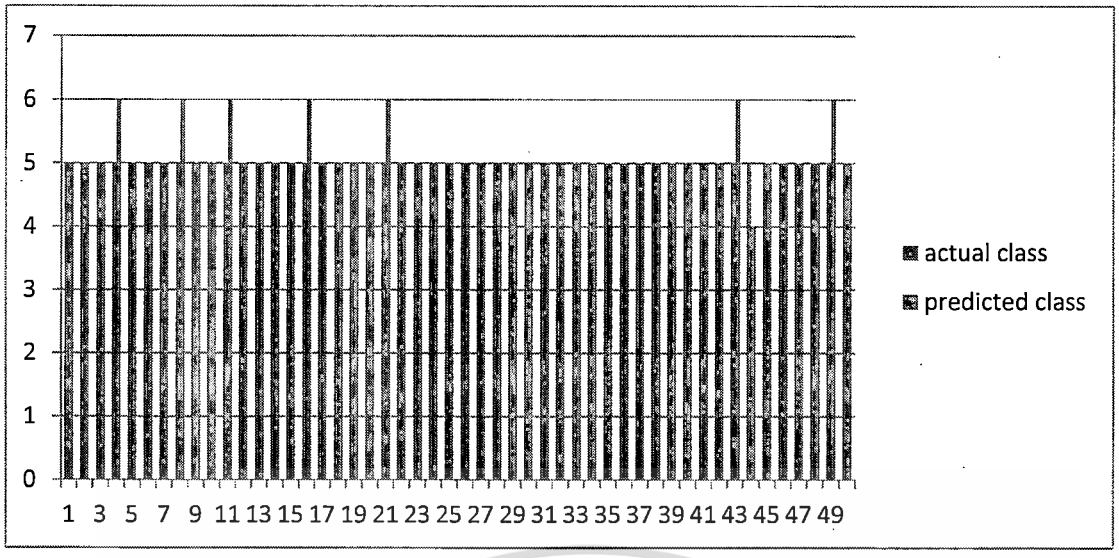


รูปที่ 4.4 กราฟผลการทดสอบ class 3 ที่ 14 components

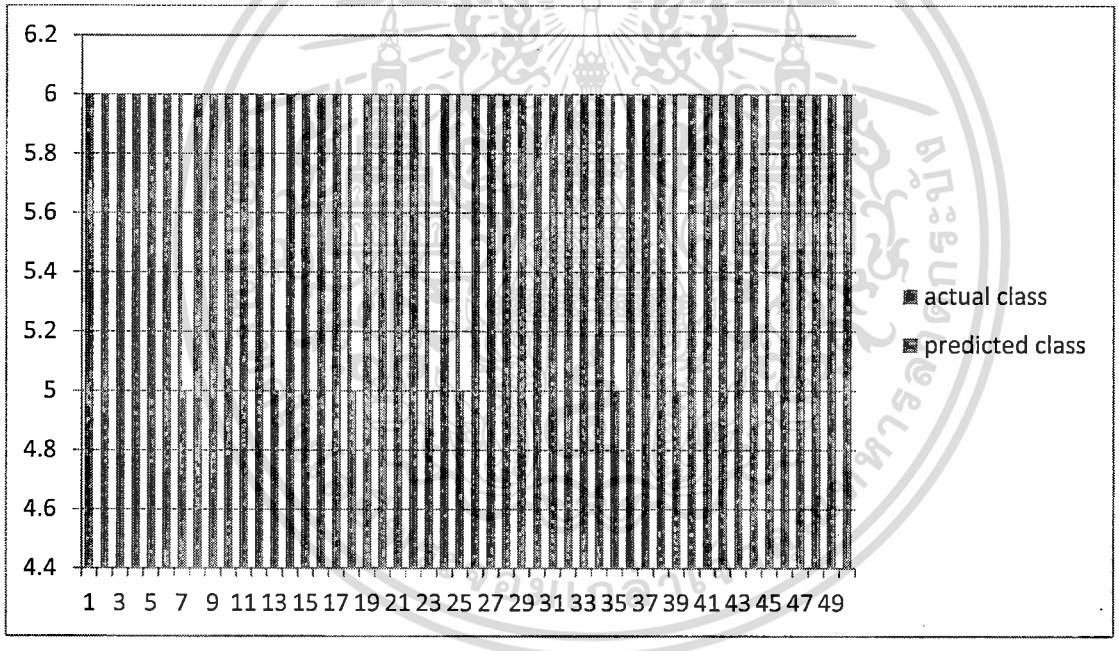


รูปที่ 4.5 กราฟผลการทดสอบ class 4 ที่ 14 components

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟผลการทดสอบ class 5 ที่ 14 components



รูปที่ 4.7 กราฟผลการทดสอบ class 6 ที่ 14 components

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิตอล และนำเสนอวิธีการรู้จำท่ามือ โดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพ เพื่อแยกคุณลักษณะของภาพ และกำหนดเป็นฟังก์ชันในการสั่งการทำงานของเมาส์ โดยได้พัฒนากระบวนการเตรียมข้อมูล การสกัดคุณลักษณะ และการรู้จำท่ามือ ด้วยโปรแกรม Matlab ซึ่งในส่วนของการรู้จำท่ามือนั้นใช้หลักการ K Nearest Neighbor ในการเปรียบเทียบภาพ

จากการทดลองโดยการเปรียบเทียบภาพชุดฝึกฝน Training Image และภาพชุดทดสอบ Testing Image โดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principal Component Analysis: PCA) และการรู้จำภาพโดยใช้หลักการ (K-Nearest Neighbor: KNN) ซึ่งผลการเปรียบเทียบภาพ โดยการเลือกองค์ประกอบของภาพมา 14 องค์ประกอบ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ มีความถูกต้องประมาณ 83 เปอร์เซนต์ และสามารถส่งคำสั่ง สั่งการทำงานของเมาส์ให้เคลื่อนที่ได้ แต่เป็นเพียงการทดลองโดยใช้ภาพนิ่ง และยังไม่สามารถสั่งงานเมาส์แบบเรียลไทม์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองในโครงงานนี้ เป็นการทดลองโดยใช้ภาพนิ่ง หากพัฒนาต่อโดยให้สามารถรับภาพจากกล้องแบบเรียลไทม์ จะต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือมือ และตำแหน่งการเคลื่อนที่ของมือเพื่อให้สัมพันธ์กับตำแหน่งของเมาส์บนหน้าจอ และในจังหวะของการเปลี่ยนท่ามือ หากเปลี่ยนท่ามือด้วยความรวดเร็วเกินไป อาจทำให้การประมวลผลผิดพลาดได้ อาจจะต้องมีระยะเวลาในการเปลี่ยนท่ามือแต่ละท่าพอสมควรเพื่อให้การประมวลผลถูกต้องมากยิ่งขึ้น

สิ่งที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคตคือการนำไปพัฒนาให้สามารถใช้ได้จริงแบบเรียลไทม์ ถ้าได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดี และเพิ่มในส่วนของคำสั่งต่างๆ จะทำให้สามารถนำไปใช้งานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นถ้าสามารถนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้ได้ย่อมทำให้เกิดประโยชน์อย่างแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

A.Elgammal, D. Harwood, and L. S. Davis. 1999. **Non-parametric Model for Background Subtraction.** InProc. IEEE ICCV'99 FRAME-RATE Workshop.

C.R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland. 1997. "Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body." **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence.** 19(7): 780-785.

Haritaoglu, I., D. Harwood and L.S. Davis. 1998. "W4: A Real-Time System for Detecting and Tracking People in 2 ½ D." **5th European Conference on Computer Vision.** Freiburg, Germany:Springer.

Jagdis Lal Raeja,Radhey Shyam,G.Arun Rajsekhar and P.Bhanu Prasad. 2010. "Real-Time Robotic Hand Control Using Hand Gestures." Digital Systems Group. Central Electronics Engineering Research Institute(CEERI)/Council of Scientific & Industrial Research (CSIR). Pilani. Rajasthan India.

Jain, R., Kasturi, R., G.Schunk, B. 1995. **Machine Vision**. McGRAW-HILL International Editions.

Lucas, B., Kanade, T. 1981. **An iterative image registration technique with an application to stereo vision**. Proc. Image Understanding Workshop.

Oliver, N., B. Rosario, and A. Pentland. 1999. **A Bayesian Computer Vision System for Modeling Human Interactions.** Int'l Conf. on Vision Systems. Gran Canaria. Spain: Springer.

Piccardi, M. 2004. **Background Subtraction Techniques: a review**. University of Technology Sydney.

Rosin, P.L., Ellis, T. 1995. "Image Difference Threshold Strategies and Shadow Detection" **British Machine Vision Conf.** 347-356

Stauffer, C., Grimson, W.E.L. 1999. "Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking" **Proc. Of CVPR**. 246-252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ผลการทดลองอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 1 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	3	2	5	3	1	4	4	5	2	6	4
1	5	2	5	3	3	4	5	5	1	6	5
1	6	2	3	3	6	4	6	5	6	6	5
1	3	2	6	3	6	4	5	5	4	6	5
1	3	2	1	3	2	4	6	5	5	6	3
1	5	2	1	3	4	4	2	5	1	6	5
1	3	2	2	3	6	4	1	5	5	6	4
1	2	2	1	3	3	4	5	5	2	6	2
1	2	2	4	3	6	4	3	5	1	6	6
1	4	2	2	3	4	4	4	5	1	6	6
1	1	2	3	3	2	4	3	5	3	6	1
1	2	2	2	3	6	4	4	5	6	6	5
1	1	2	4	3	4	4	5	5	6	6	4
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	4
1	3	2	3	3	6	4	1	5	4	6	1
1	3	2	4	3	1	4	6	5	1	6	1
1	2	2	2	3	4	4	1	5	2	6	5
1	1	2	3	3	6	4	6	5	5	6	5
1	2	2	3	3	3	4	3	5	2	6	4
1	3	2	5	3	2	4	1	5	4	6	3
1	4	2	6	3	2	4	5	5	6	6	1
1	1	2	1	3	4	4	1	5	2	6	5
1	3	2	4	3	1	4	4	5	4	6	4
1	2	2	1	3	1	4	5	5	4	6	1
1	3	2	5	3	1	4	5	5	4	6	5
1	3	2	2	3	2	4	1	5	4	6	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	6	2	4	3	1	4	6	5	4	6	1
1	6	2	3	3	5	4	6	5	6	6	6
1	6	2	6	3	3	4	2	5	4	6	5
1	3	2	3	3	3	4	6	5	5	6	3
1	1	2	4	3	1	4	2	5	1	6	5
1	5	2	1	3	2	4	5	5	4	6	5
1	3	2	1	3	3	4	2	5	2	6	4
1	2	2	3	3	2	4	3	5	5	6	5
1	5	2	5	3	3	4	1	5	5	6	2
1	5	2	3	3	4	4	3	5	1	6	3
1	4	2	1	3	1	4	1	5	4	6	6
1	1	2	3	3	6	4	3	5	3	6	6
1	3	2	5	3	5	4	6	5	1	6	6
1	4	2	6	3	2	4	5	5	6	6	4
1	2	2	3	3	2	4	3	5	4	6	1
1	2	2	4	3	6	4	2	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	1
1	2	2	6	3	6	4	6	5	2	6	1
1	5	2	5	3	5	4	2	5	6	6	1
1	1	2	2	3	3	4	1	5	1	6	2
1	6	2	5	3	3	4	2	5	6	6	5
1	5	2	2	3	4	4	6	5	6	6	5
1	1	2	6	3	6	4	2	5	3	6	1
1	6	2	5	3	4	4	4	5	3	6	1
	9		**8**		**11**		**6**		**9**		**6**
(%)	**18**	**(%)**	**16**	**(%)**	**22**	**(%)**	**12**	**(%)**	**18**	**(%)**	**12**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 2 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	2	2	3	3	2	4	6	5	6	6	4
1	4	2	4	3	2	4	1	5	5	6	1
1	3	2	2	3	2	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	6	4	5	5	3	6	5
1	6	2	4	3	2	4	6	5	6	6	6
1	4	2	3	3	6	4	4	5	5	6	4
1	2	2	2	3	1	4	2	5	5	6	1
1	1	2	2	3	2	4	3	5	4	6	6
1	6	2	4	3	2	4	5	5	6	6	5
1	6	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	3	3	2	4	3	5	3	6	5
1	3	2	2	3	4	4	4	5	1	6	5
1	4	2	1	3	4	4	4	5	6	6	6
1	3	2	1	3	2	4	4	5	1	6	4
1	1	2	6	3	5	4	5	5	6	6	6
1	1	2	1	3	6	4	3	5	2	6	2
1	4	2	3	3	5	4	2	5	6	6	6
1	4	2	6	3	3	4	5	5	5	6	5
1	2	2	1	3	3	4	3	5	4	6	6
1	2	2	2	3	3	4	6	5	6	6	1
1	4	2	4	3	1	4	3	5	5	6	6
1	1	2	3	3	1	4	1	5	2	6	5
1	2	2	1	3	6	4	6	5	5	6	1
1	2	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	2	2	3	3	2	4	2	5	6	6	2
1	1	2	4	3	5	4	4	5	5	6	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	6	2	6	3	3	4	6	5	6	6	3
1	5	2	2	3	4	4	6	5	6	6	4
1	4	2	4	3	6	4	4	5	6	6	6
1	3	2	3	3	1	4	1	5	5	6	3
1	3	2	5	3	1	4	4	5	5	6	6
1	5	2	5	3	1	4	3	5	5	6	6
1	4	2	4	3	4	4	4	5	4	6	6
1	3	2	2	3	1	4	4	5	3	6	5
1	4	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
1	3	2	3	3	1	4	4	5	5	6	3
1	1	2	1	3	4	4	5	5	4	6	6
1	6	2	1	3	6	4	4	5	4	6	6
1	6	2	2	3	1	4	5	5	1	6	5
1	3	2	4	3	4	4	6	5	6	6	5
1	3	2	3	3	2	4	2	5	6	6	6
1	3	2	5	3	1	4	6	5	3	6	3
1	2	2	5	3	1	4	5	5	4	6	4
1	1	2	2	3	2	4	1	5	2	6	2
1	5	2	5	3	2	4	5	5	5	6	1
1	3	2	5	3	4	4	4	5	5	6	5
1	3	2	2	3	1	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	4	4	4	5	2	6	5
1	5	2	6	3	5	4	5	5	5	6	2
1	5	2	4	3	6	4	6	5	4	6	1
	8		**14**		**4**		**17**		**17**		**18**
(%)	**16**	**(%)**	**28**	**(%)**	**8**	**(%)**	**34**	**(%)**	**34**	**(%)**	**36**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 3 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	2	2	2	3	2	4	6	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	3	4	3	5	5	6	3
1	6	2	1	3	6	4	5	5	6	6	5
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
1	1	2	4	3	5	4	4	5	5	6	5
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	3
1	1	2	2	3	2	4	5	5	4	6	6
1	3	2	2	3	2	4	6	5	6	6	5
1	6	2	2	3	5	4	6	5	5	6	5
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	5
1	3	2	2	3	4	4	4	5	4	6	5
1	4	2	2	3	3	4	4	5	6	6	5
1	3	2	5	3	2	4	4	5	5	6	2
1	1	2	6	3	4	4	5	5	5	6	6
1	6	2	6	3	4	4	5	5	4	6	2
1	4	2	3	3	2	4	2	5	1	6	1
1	3	2	3	3	3	4	4	5	4	6	1
1	2	2	1	3	3	4	1	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	6	5	5	6	1
1	3	2	3	3	5	4	5	5	6	6	6
1	1	2	3	3	1	4	1	5	2	6	5
1	2	2	1	3	2	4	6	5	5	6	5
1	3	2	1	3	3	4	2	5	4	6	3
1	2	2	3	3	2	4	4	5	1	6	4
1	1	2	4	3	2	4	5	5	5	6	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	3	2	3	3	3	4	6	5	6	6	3
1	2	2	2	3	5	4	6	5	6	6	6
1	6	2	3	3	5	4	4	5	6	6	6
1	2	2	3	3	2	4	1	5	5	6	5
1	3	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	3	5	5	6	6
1	1	2	4	3	1	4	2	5	4	6	6
1	3	2	2	3	3	4	4	5	3	6	4
1	1	2	1	3	3	4	1	5	6	6	4
1	3	2	1	3	1	4	4	5	5	6	2
1	1	2	2	3	4	4	5	5	5	6	6
1	3	2	6	3	6	4	4	5	4	6	6
1	2	2	2	3	3	4	5	5	5	6	5
1	3	2	5	3	3	4	5	5	6	6	6
1	2	2	3	3	3	4	1	5	6	6	6
1	5	2	2	3	2	4	5	5	3	6	3
1	1	2	1	3	1	4	4	5	4	6	6
1	1	2	3	3	1	4	1	5	1	6	4
1	3	2	4	3	3	4	4	5	5	6	1
1	1	2	1	3	3	4	4	5	1	6	1
1	3	2	3	3	1	4	4	5	2	6	6
1	1	2	1	3	2	4	2	5	5	6	5
1	3	2	4	3	3	4	5	5	5	6	2
1	5	2	5	3	3	4	1	5	5	6	6
	15		**17**		**19**		**17**		**23**		**18**
(%)	**30**	**(%)**	**34**	**(%)**	**38**	**(%)**	**34**	**(%)**	**46**	**(%)**	**36**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 4 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	4	4	5	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
1	2	2	4	3	2	4	4	5	5	6	5
1	3	2	1	3	1	4	4	5	5	6	3
1	1	2	2	3	2	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	4	5	6	6	6
1	6	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	6	6	5
1	2	2	2	3	3	4	4	5	1	6	5
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	4	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	4	4	5	5	4	6	6
1	1	2	3	3	3	4	2	5	1	6	5
1	3	2	3	3	3	4	4	5	4	6	6
1	2	2	1	3	3	4	2	5	5	6	5
1	3	2	2	3	3	4	4	5	4	6	5
1	2	2	3	3	5	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	4
1	2	2	1	3	2	4	4	5	5	6	5
1	2	2	1	3	3	4	4	5	1	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	4	3	3	4	4	5	5	6	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	3	2	4	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	6	5	5	6	6
1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	1	5	5	6	5
1	3	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	4	3	3	4	4	5	4	6	6
1	2	2	2	3	1	4	2	5	1	6	6
1	1	2	2	3	3	4	1	5	1	6	6
1	3	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	2	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	3	4	1	5	5	6	5
1	3	2	1	3	3	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	1	5	6	6	6
1	5	2	2	3	2	4	5	5	4	6	5
1	1	2	1	3	6	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	4
1	3	2	2	3	2	4	3	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	2	2	4	3	2	4	2	5	5	6	5
1	3	2	4	3	3	4	5	5	6	6	6
1	3	2	2	3	3	4	1	5	5	6	6
	22		**31**		**24**		**28**		**28**		**30**
(%)	**44**	**(%)**	**62**	**(%)**	**48**	**(%)**	**56**	**(%)**	**56**	**(%)**	**60**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 5 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	3	5	5	6	6
1	2	2	4	3	4	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
1	2	2	4	3	2	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	3	3	2	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	1	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	4	4	4	5	4	6	6
1	1	2	3	3	3	4	2	5	6	6	5
1	4	2	3	3	3	4	4	5	4	6	6
1	2	2	1	3	3	4	1	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	4
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	3	4	5	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	4	5	4	6	5
1	1	2	3	3	3	4	4	5	1	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	4	3	3	4	4	5	5	6	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	3	2	3	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	4	3	3	4	5	5	5	6	6
1	4	2	4	3	4	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	4	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	2	5	3	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	1	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6
1	3	2	1	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	3	5	5	6	5
1	3	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	1	5	6	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	3	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	4	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	3	4	5	5	6	6	5
1	2	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
	31		**31**		**27**		**30**		**30**		**38**
(%)	**62**	**(%)**	**62**	**(%)**	**54**	**(%)**	**60**	**(%)**	**60**	**(%)**	**76**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 6 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	1	2	4	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	4	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
1	2	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	6	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	4	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	3	5	6	6	5
1	1	2	3	3	3	4	4	5	4	6	6
1	2	2	1	3	3	4	2	5	4	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	4	6	5
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	4	6	5
1	1	2	1	3	3	4	4	5	4	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	1	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	3	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	6	5	5	6	6
1	5	2	2	3	5	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	2	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	1	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	5	2	3	3	2	4	5	5	4	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	2	5	5	6	3
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	6	4	6	5	6	6	5
1	2	2	2	3	2	4	1	5	6	6	6
	34		**37**		**27**		**31**		**31**		**38**
(%)	**68**	**(%)**	**74**	**(%)**	**54**	**(%)**	**62**	**(%)**	**62**	**(%)**	**76**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 7 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	1	2	4	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
1	2	2	1	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	1
1	1	2	1	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	6	5
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	3	5	6	6	5
1	1	2	3	3	3	4	4	5	4	6	6
1	2	2	1	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	5	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	2	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	4	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	5	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	2	2	2	3	1	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	5	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	3	4	6	5	6	6	6
1	2	2	2	3	3	4	5	5	4	6	6
	34		**34**		**36**		**34**		**40**		**36**
(%)	**68**	**(%)**	**68**	**(%)**	**72**	**(%)**	**68**	**(%)**	**80**	**(%)**	**72**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 8 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	1	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	5	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3
1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	5
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	3	6	5
1	1	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	1	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	2	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	3	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	3	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	1	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	5
	40		**36**		**34**		**38**		**40**		**35**
(%)	**80**	**(%)**	**72**	**(%)**	**68**	**(%)**	**76**	**(%)**	**80**	**(%)**	**70**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 9 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3
1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	1	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	4	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	1	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	2	2	2	3	1	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	3	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	1	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	6
1	3	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
	41		**40**		**38**		**38**		**40**		**38**
(%)	**82**	**(%)**	**80**	**(%)**	**76**	**(%)**	**76**	**(%)**	**80**	**(%)**	**76**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 10 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	3	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	4	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	6
1	3	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	5
	42		**41**		**39**		**40**		**42**		**38**
(%)	**84**	**(%)**	**82**	**(%)**	**78**	**(%)**	**80**	**(%)**	**84**	**(%)**	**76**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 11 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	1
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	5
1	6	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	5	5	5	6	5
	42		**42**		**36**		**39**		**43**		**41**
(%)	**84**	**(%)**	**84**	**(%)**	**72**	**(%)**	**78**	**(%)**	**86**	**(%)**	**82**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 12 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	1
1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	3	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	6	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.12 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	6	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	6
1	6	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
	42		**42**		**34**		**41**		**41**		**40**
(%)	**84**	**(%)**	**84**	**(%)**	**68**	**(%)**	**82**	**(%)**	**82**	**(%)**	**80**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 13 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	3
1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	3	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 (ต่อ)

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	6	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	6
1	6	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
	41		**43**		**36**		**39**		**41**		**43**
(%)	**82**	**(%)**	**86**	**(%)**	**72**	**(%)**	**78**	**(%)**	**82**	**(%)**	**86**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 14 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	6
1	6	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	5	5	5	6	6
	42		**43**		**39**		**41**		**42**		**42**
(%)	**84**	**(%)**	**86**	**(%)**	**78**	**(%)**	**82**	**(%)**	**84**	**(%)**	**84**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 15 component

Test Image 51-100		**Test Image 151-200**		**Test Image 251-300**		**Test Image 351-400**		**Test Image 451-500**		**Test Image 551-600**	
test class	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**	**test class**	**result class**
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	6	5	5	6	6
1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
	43		**44**		**38**		**39**		**41**		**42**
(%)	**86**	**(%)**	**88**	**(%)**	**76**	**(%)**	**78**	**(%)**	**82**	**(%)**	**84**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 16 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	6	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	5
1	6	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
	44		**43**		**38**		**40**		**41**		**41**
(%)	**88**	**(%)**	**86**	**(%)**	**76**	**(%)**	**80**	**(%)**	**82**	**(%)**	**82**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 17 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	5	6	4
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	2	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test	result	test	result	test	result	test	result	test	result	test	result
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	5
1	6	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	3	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
	44		**43**		**36**		**41**		**41**		**43**
(%)	**88**	**(%)**	**86**	**(%)**	**72**	**(%)**	**82**	**(%)**	**82**	**(%)**	**86**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 18 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	4	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	3	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	1	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
	43		**42**		**38**		**41**		**43**		**43**
(%)	**86**	**(%)**	**84**	**(%)**	**76**	**(%)**	**82**	**(%)**	**86**	**(%)**	**86**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 19 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	4	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	2	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
	43		**44**		**37**		**41**		**42**		**42**
(%)	**86**	**(%)**	**88**	**(%)**	**74**	**(%)**	**82**	**(%)**	**84**	**(%)**	**84**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.20 ผลการทดลองโดยเลือกที่ 20 component

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	2	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	3	3	3	4	3	5	6	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	1	3	3	4	4	5	4	6	5
1	2	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	5	4	4	5	6	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.20 (ต่อ)

Test Image 51-100		Test Image 151-200		Test Image 251-300		Test Image 351-400		Test Image 451-500		Test Image 551-600	
test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class	test class	result class
1	6	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	1	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	6	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	5
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	2	5	5	6	6
1	1	2	2	3	1	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	2	4	4	5	4	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
1	1	2	1	3	2	4	5	5	5	6	5
1	3	2	3	3	3	4	4	5	6	6	6
1	2	2	2	3	2	4	4	5	5	6	6
	43		**44**		**37**		**41**		**42**		**41**
(%)	**86**	**(%)**	**88**	**(%)**	**74**	**(%)**	**82**	**(%)**	**84**	**(%)**	**82**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้