

การหาจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่
สำหรับการยืนยันภาพลายเซ็น
KEYPOINTS OPTIMIZATION USING SIFT ALGORITHM IN
SIGNATURE IDENTIFICATION

ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล
CHATCHAWAN WORAWITRATTANAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีปทุม

**KEYPOINTS OPTIMIZATION USING SIFT ALGORITHM IN
SIGNATURE IDENTIFICATION**

CHATCHAWAN WORAWITRATTANAKUL

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN SOFTWARE ENGINEERING
SCHOOL OF INFORMATION TECHNOLOGY
SRIPATUM UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014
COPYRIGHT OF SRIPATUM UNIVERSITY**

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การหาจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที
สำหรับการยืนยันภาพลายเซ็น

KEYPOINTS OPTIMIZATION USING SIFT ALGORITHM IN
SIGNATURE IDENTIFICATION

นักศึกษา

ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล

รหัสประจำตัว 53504551

หลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์

คณะ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

(ดร.ธนา สุขวาริ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ธนา สุขวาริ)

.....กรรมการ

(นาวาอากาศเอก ศาสตราจารย์ ดร.สัณยฤทธิ์ สว่างวรรณ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์)

วิทยานิพนธ์เรื่อง	การหาจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีสำหรับการยืนยันภาพลายเซ็น
คำสำคัญ	เอสไอเอฟที จุดสนใจของภาพ ระยะห่างของภาพ การยืนยันภาพลายเซ็น
นักศึกษา	ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์
คณะ	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับการหาลักษณะเด่นของภาพที่ได้รับความนิยม โดยใช้หลักการทำซ้ำเพื่อหาจุดสนใจของภาพ (Keypoints) ซึ่งภาพแต่ละภาพที่ใช้ในการหาจุดสนใจของภาพ จะใช้จำนวนรอบในการวิเคราะห์ไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้จุดสนใจของภาพที่ได้ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมหรือไม่ ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการกำหนดจำนวนรอบในการหาจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบระยะห่างของภาพลายเซ็นซึ่งคำนวณจากระยะทางยุคลิดระหว่างจุดสนใจของภาพลายเซ็นในแต่ละรอบ โดยกำหนดเกณฑ์พิจารณา $\alpha = 0.2$ และนำจำนวนรอบที่ได้กำหนดจุดสนใจของภาพลายเซ็นต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างภาพลายเซ็นจริงและภาพลายเซ็นคู่ทดสอบด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที การเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างภาพลายเซ็น ใช้เกณฑ์พิจารณา $\beta = 0.25$ นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบภาพลายเซ็นต้นแบบกับภาพลายเซ็นจริงและภาพลายเซ็นคู่ทดสอบโดยบุคคลผลการวิจัยใช้ตัวอย่างภาพลายเซ็นจากบุคคลทั่วไปจำนวน 20 คนๆ ละ 10 ภาพลายเซ็นรวม 200 ภาพลายเซ็นเป็นลายเซ็นต้นแบบ ผลการวิเคราะห์ภาพลายเซ็นต้นแบบ พบว่าจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่เหมาะสมเกิดขึ้นในรอบที่ 6 ด้วยค่าระยะห่างของภาพลายเซ็น $\leq \alpha$ และผลการเปรียบเทียบภาพลายเซ็นต้นแบบกับภาพลายเซ็นจริงจำนวน 20 ภาพและภาพลายเซ็นคู่ทดสอบจำนวน 20 ภาพ ด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีด้วยค่าระยะห่างของภาพลายเซ็น $\leq \beta$ พบว่ามีค่าร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 82.50 สำหรับการเปรียบเทียบโดยบุคคลจำนวน 10 คน พบว่ามีค่าร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 77.25

TITLE	KEYPOINTS OPTIMIZATION USING SIFT ALGORITHM IN SIGNATURE IDENTIFICATION
KEYWORD	SIFT, KEYPOINT, IMAGE DISTANCE, SIGNATURE IDENTIFICATION
STUDENT	CHATCHAWAN WORAWITRATTANAKUL
ADVISOR	ASST. PROF. DR. SURASAK MUNGSING
LEVEL OF STUDY	MASTER OF SCIENCE IN SOFTWARE ENGINEERING
FACULTY	SCHOOL OF INFORMATION TECHNOLOGY SRIPATUM UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR	2014

ABSTRACT

SIFT Algorithm is a popular method for finding feature of an image. It uses repetitive method for finding key points within an image. The number of rounds for analyzing key points for each picture is not equal and still in doubt whether the key points found be appropriate. This research proposed a method for determining the number of rounds to be analyzed for obtaining the optimized key points for signature identification by comparing calculated Euclidean distance of signature image key points in each round with the assigned value of α as 0.2, and used the signature image from optimized round to designate the key points of stored original signature images for comparison with a test signature image by the SIFT Algorithm with the assigned value of β as 0.25, by the SIFT Algorithm. In addition, the comparison of signature was also performed by 10 individual persons. In this research, samples of 400 signatures from 20 persons, each provided 10 signatures, were tested and found that the optimized key points was found in the sixth round with the distance between the stored original signatures and the signatures used for testing, using SIFT Algorithm, was less than or equal to the assigned α value. The distance from the comparisons of 20 sample signatures, between 20 genuine signatures and their test pairs, using SIFT Algorithm, was less than the assigned β value. The test results showed that the comparison success percentage using the SIFT Algorithm was 82.50 and the comparison success percentage by 10 individual persons was 77.25.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ชนา สุขวารี ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ และนาวาอากาศเอก ศาสตราจารย์ ดร.สัณยฤทธิ์ สว่างวรรณ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขในการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งและถือเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณทั้งสามท่านเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆ และช่วยทดสอบเปรียบเทียบภาพถ่ายเช่น จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง

คุณงามความดีอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง และคณาจารย์ผู้ประสทาวิชาความรู้ ตลอดจนทุกๆ ท่านที่ให้กำลังใจช่วยเหลือจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล

สิงหาคม 2558

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
 บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ความสำคัญของการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	2
1.5 คำถามในการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย	3
1.6 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 นิยามศัพท์	4
 2 แนวคิดทฤษฎี	5
2.1 ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที	5
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
 3 ระเบียบวิธีวิจัย	15
3.1 ขั้นตอนการทำงานขอระบบ	15
3.2 ข้อมูลทดสอบ	17
3.3 วิธีการวิเคราะห์และประเมินผล	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 การวิเคราะห์ข้อมูล	19
4.1 การหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้นจากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่ ...	19
4.2 การตรวจสอบและยืนยัน จุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้น	24
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	26
5.1 สรุปผลการวิจัย	26
5.2 อภิปรายผล	27
5.3 ข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม	28
ประวัติผู้วิจัย	29

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	แสดงจำนวนจุดสนใจของภาพลายเส้นในการทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีแต่ละรอบ..... 21
4.2	แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายเส้นต้นแบบกับภาพลายเส้นทดสอบ..... 25
5.1	แสดงผลร้อยละความสำเร็จของการยืนยันลายเส้น..... 26

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของกรอินย่นลายเส้น.....	2
2.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที.....	5
2.2 แสดงการใช้ σ ที่แตกต่างกัน คือภาพที่มีความ Blur มากขึ้น และการขยับรอบขึ้นไป ทีละชั้นโดยมีขนาดรูปภาพเป็นครึ่งหนึ่งของรอบก่อนหน้า ซึ่งในภาพนี้ได้แสดง 3 รอบ โดยแต่ละรอบมี 5 รูปที่เหมือนกันแต่ต่างกันที่ขนาดของการ Blur.....	6
2.3 แสดงการทำ Difference of Gaussian ในแต่ละชั้นของแต่ละรอบ.....	7
2.4 แสดงผลลัพธ์จากการทำ Difference of Gaussian.....	8
2.5 แสดงจุด X ที่เป็จุดอ้างอิงเปรียบเทียบกับจุดรอบข้าง 26 จุด.....	8
2.6 แสดงจุด O ที่เป็จุดสูงสุดหรือต่ำสุดที่เป็ subpixel.....	9
2.7 แสดงผลลัพธ์จากการทำ Locate maxima/minima กับ 3 DoG images.....	9
2.8 แสดงตำแหน่งจุดสนใจทั้งหมด.....	10
2.9 แสดงตำแหน่งจุดสนใจที่เอาส่วนพื้นที่รอบนอก.....	10
2.10 แสดงตำแหน่งจุดสนใจที่เอาส่วนขอบนอก.....	11
2.11 แสดงขนาดและทิศทางของจุดสนใจ.....	11
2.12 แสดงค่าจุดสนใจของภาพ.....	12
2.13 แสดงตัวอย่างการหาค่าตัวแทนของลายเส้นด้วยระบบพิกัดเชิงขั้ว.....	12
2.14 แสดงผลการทดสอบการจำแนกลายเส้นด้วยวิธี HMM, SVM, Euclidean Distance.....	13
2.15 แสดงตัวอย่างการหาค่าตัวแทนของลายเส้น.....	13
2.16 แสดงผลการทดสอบการจำแนกลายเส้นด้วยวิธี SVM และ ANN.....	14
3.1 แสดงกระบวนการหาจุดสนใจของภาพลายเส้น.....	16
3.2 แสดงขั้นตอนการอินย่นจุดสนใจของภาพลายเส้น.....	16
3.3 แสดงภาพลายเส้นที่ใช้ในการวิจัย.....	17
4.1 แสดงการหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง.....	19
4.2 แสดงการกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ.....	20
4.3 แสดงตำแหน่งจุดสนใจของภาพลายเส้นทั้งหมด.....	20
4.4 แสดงค่าระยะห่างของภาพลายเส้นระหว่างจุดสนใจของภาพลายเส้นในแต่ละรอบ.....	22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรู้จำวัตถุ (Object Recognition) เป็นหัวข้อวิจัยด้านหนึ่งในคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ว่าด้วยการพัฒนาขั้นตอนวิธีที่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จำวัตถุ (Object) จากภาพของวัตถุนั้นได้ โดยที่วัตถุที่คอมพิวเตอร์จะรู้จำจะต้องเคยถูกเรียนรู้หรือถูกบันทึกข้อมูลสำคัญมาล่วงหน้าแล้ว ปัจจุบันงานวิจัยทางด้านการรู้จำวัตถุ โดยใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก และถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น การจดจำใบหน้า (Face Recognition), การจดจำลายนิ้วมือ (Finger-Print Recognition), การจดจำตัวอักษร (Character Recognition)

โดยทั่วไปแล้วการรู้จำวัตถุตามหลักของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ มีขั้นตอนวิธีในการหาค่าจุดสนใจของวัตถุมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น Randomized Tree [1], SIFT [2] [3] [4] [7] [8] โดยวิธีที่เป็นที่นิยม คือ SIFT (Scale Invariant Feature Transform) และเมื่อทำการหาความสอดคล้องได้จนครบทุกจุดในภาพแล้ว ก็อาจพบว่ามีจุดบางจุดที่เป็นจุดที่อาจจะอยู่นอกความสนใจในการพิจารณา ซึ่งมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการประมาณ จึงต้องทำการวิเคราะห์เพื่อคัดจุดที่อยู่นอกความสนใจออก โดยใช้วิธีการทำซ้ำ (Iterative Method) จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่มีความเป็นไปได้สูงสุดขึ้นกับจำนวนรอบการทำซ้ำนั่นเอง

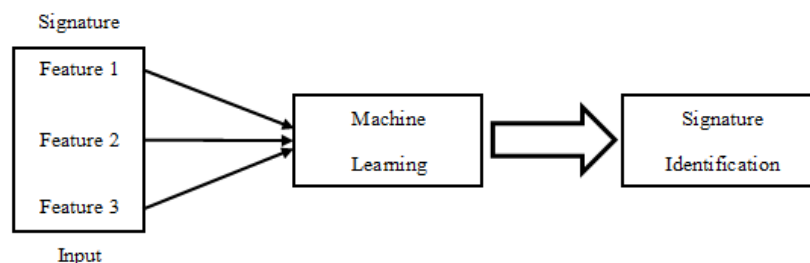
การประยุกต์ใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์กับงานด้านต่างๆ นั้น มีการนำข้อมูลจุดสนใจของวัตถุเข้าสู่กระบวนการการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) เช่น Neural Network, Support Vector Machine เป็นต้น ถ้าสามารถได้ข้อมูลจุดสนใจของวัตถุที่เหมาะสมที่สุดย่อมจะทำให้ผลการ Training และ Testing มีค่าความน่าเชื่อถือมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีในการหาค่าจุดสนใจที่เหมาะสม (Keypoints Optimization) ของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟสำหรับการวิเคราะห์ภาพลายเซ็น

1.3 ความสำคัญของการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ จะทำการออกแบบและพัฒนาขั้นตอนในการหาค่าจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ภาพลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที เมื่อนำค่าจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่ได้ไปใช้ในการยืนยันภาพลายเซ็น



รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของการทำงานของการยืนยันภาพลายเซ็น

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

Scale Invariant Feature Transform (SIFT)

Scale invariant feature transform หรือ SIFT (เอสไอเอฟที) เป็นขั้นตอนวิธีหนึ่งในคอมพิวเตอร์วิทัศน์สำหรับคำนวณหาจุดสนใจ (Keypoints) ในรูปภาพหนึ่งๆ และคำนวณหาคุณลักษณะของจุดสนใจหนึ่งๆ ที่หาได้ ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที คือการเอาจุดสนใจในรูปที่ไม่ขึ้นอยู่กับสเกล การกำหนดทิศทาง ตำแหน่ง มุมการมอง แสงสว่าง เงา ซึ่งจะทำให้สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบจุดเด่นในรูปอื่นๆ ได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นขั้นตอนวิธีนี้ถูกคิดค้นโดย ศ.เดวิด โลว์ (David Lowe) แห่งมหาวิทยาลัย British Columbia ในปี 1999 โดยทั่วไปแล้วจุดสนใจของภาพจะหมายถึงจุดพิกเซลในภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงสองมิติ (Two -Dimensional) ของระดับความสว่าง (Pixel Intensity) รอบๆ จุดสนใจนั้นๆ

ในการวิเคราะห์ภาพด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีเพื่อหาจุดสนใจของภาพ จะใช้หลักการในการทำซ้ำจำนวนรอบ เพื่อหาจุดสนใจของภาพในแต่ละรอบ โดยจำนวนจุดสนใจของภาพจะมีจำนวน และตำแหน่งที่เปลี่ยนไป ซึ่งการกำหนดจำนวนรอบของการทำงานที่ให้ได้จุดสนใจของภาพที่เหมาะสม เป็นปัญหาที่ต้องใช้การนำจุดสนใจที่ได้จากการทำงานในรอบที่กำหนดมาทดสอบ ซึ่งต้องใช้การสุ่มกำหนดจำนวนรอบของผู้วิเคราะห์ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ มีความล่าช้า หรือได้จุดสนใจของภาพที่ไม่เหมาะสมไปใช้งานต่อ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จะทำการออกแบบและพัฒนาขั้นตอนในการหาค่าจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ภาพลายเซ็น ทั้งนี้ ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที จะพิจารณาพื้นที่ของภาพลายเซ็นอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า Euclidean Vector Spaces และใช้กระบวนการทำซ้ำเพื่อลดรายละเอียดที่ไม่เกี่ยวข้องในการเป็นตัวแทนของภาพลายเซ็นออกไปในแต่ละรอบการทำงาน

โดยปัญหาหนึ่งที่งานวิจัยนี้ได้พิจารณาเห็น คือจำนวนรอบของการทำงานที่ให้ได้ค่าจุดสนใจที่เหมาะสมที่เป็นตัวแทนภาพลายเส้นสำหรับการยืนยันภาพลายเส้น

ปริภูมิเวกเตอร์แบบยูคลิด (Euclidean Vector Spaces)

ปริภูมิ (Space) คือส่วนที่ไร้ขอบเขต เป็นปริมาณที่มีมิติในวัตถุและเหตุการณ์ และมีตำแหน่งสัมพัทธ์และทิศทาง ปริภูมิสองมิติ และปริภูมิสามมิติ ใช้คู่อันดับ (a_1, a_2) แทนจุดในสองมิติหรือเวกเตอร์ในสองมิติ และใช้สามอันดับ (a_1, a_2, a_3) แทนจุดในสามมิติหรือเวกเตอร์ในสามมิติ การดำเนินการบนเวกเตอร์ในปริภูมิสองมิติและปริภูมิสามมิติ

เวกเตอร์ใน n-มิติ (Vectors in n-Space)

กำหนดให้ n เป็นจำนวนเต็มบวก คำว่า n อันดับ (ordered n -tuple) หมายถึงลำดับของจำนวนจริง n จำนวน ซึ่งเขียนอยู่ในรูป (a_1, a_2, \dots, a_n) เซตของ n สิ่งอันดับทั้งหมด เรียกว่า ปริภูมิ n มิติ (n -space) และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ R^n

ระยะทางยูคลิด (Euclidean distance)

กำหนดให้ $\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ และ $\bar{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ เป็นเวกเตอร์ใน R^n ระยะทางยูคลิด คือระยะทางระหว่าง \bar{u} และ \bar{v} เขียนแทนด้วย $d(\bar{u}, \bar{v})$ นิยามโดย $d(\bar{u}, \bar{v}) = \|\bar{u} - \bar{v}\|$

1.5 คำถามในการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย

1. การใช้ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในการวิเคราะห์ภาพลายเส้นเพื่อหาจุดสนใจของภาพลายเส้นที่เหมาะสมสามารถเป็นตัวแทนของภาพลายเส้นได้ จะต้องทำกี่รอบ
2. จุดสนใจของภาพลายเส้นที่เหมาะสมที่ได้ สามารถเป็นตัวแทนของภาพลายเส้นสำหรับการยืนยันภาพลายเส้นที่มีร้อยละความสำเร็จสูงกว่าการยืนยันด้วยบุคคลหรือไม่

1.6 ขอบเขตของการวิจัย

1. ภาพลายเส้นที่ใช้ในการวิเคราะห์เอสไอเอฟที จะเป็นภาพลายเส้นที่เขียนบนพื้นหลังเป็นสีเขียว ไม่มีลวดลาย สีปากกาไม่กลมกลืนกับสีพื้น เช่น สีพื้นสีขาว สีปากกาสีน้ำเงิน
2. ภาพลายเส้นที่ใช้ในการวิเคราะห์เอสไอเอฟที จะเป็นภาพลายเส้นที่ปราศจาก Noise เช่น รอยด่างจากเคมี เส้นนำสายตา เป็นต้น โดยการกำจัด Noise จะกระทำ Preprocess ก่อนดำเนินการวิจัย
3. ภาพลายเส้นที่ใช้ในการวิเคราะห์เอสไอเอฟที จะเป็นภาพลายเส้นที่อยู่ในระนาบเดียวกัน และขนาดเดียวกัน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้กระบวนการในการหาค่าจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นตัวแทนของภาพลายเซ็น สำหรับการยืนยันภาพลายเซ็น

1.8 นิยามศัพท์

เอสไอเอฟที (SIFT)	Scale Invariant Feature Transform คือขั้นตอนวิธีในการหาจุดสนใจของภาพ (Keypoints)
Keypoint	หมายถึงจุดสนใจของภาพที่ได้จากการทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที
Image Distance	ระยะห่างของภาพ
Euclidean distance	ระยะทางแบบยูคลิดหมายถึง ระยะทางระหว่างเวกเตอร์ใน R^n เขียนแทนด้วย $d(\vec{u}, \vec{v}) = \ \vec{u} - \vec{v}\ $
Signature Identification	การยืนยันภาพลายเซ็น
ภาพลายเซ็น	ภาพถ่ายลายเซ็น

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎี

การวิจัยเรื่องการหาจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่สำหรับการยืนยันภาพลายเซ็น มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีในการหาค่าจุดสนใจที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟสำหรับการวิเคราะห์ภาพลายเซ็น โดยผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และเรียบเรียงรายละเอียดซึ่งสามารถนำเสนอตามลำดับดังนี้

2.1 ขั้นตอนวิธีของเอสไอเอฟที่

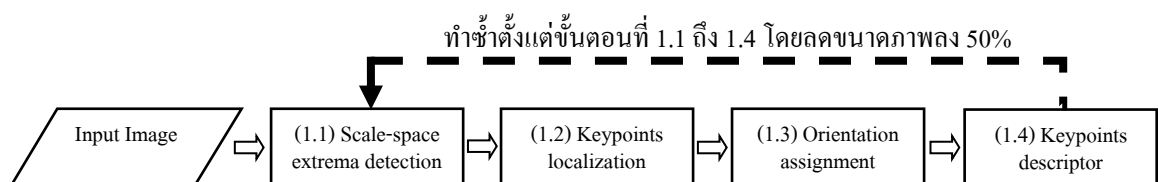
- การหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection)
- การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints localization)
- การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (Orientation assignment)
- การสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ (Keypoints descriptor)

2.2 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่

ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาจุดสนใจของภาพที่ได้รับเข้ามา ซึ่งจุดสนใจของภาพที่ได้จากวัตถุลักษณะเดียวกันจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันโดยวิธีการของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่จะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญ [2] [3] [4] ได้แก่



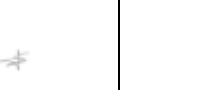


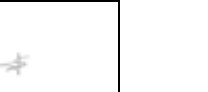


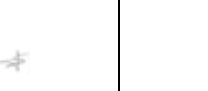


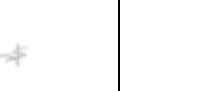



- 1.1 การหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection)
- 1.2 การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints localization)
- 1.3 การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (Orientation assignment)
- 1.4 การสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ (Keypoints descriptor)



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่

1. การหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection)

การหาลักษณะเด่นของภาพที่ไม่ขึ้นกับขนาดหรือทิศทาง โดยจะใช้วิธีการเบลอ (Blur) ภาพด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Function) ไปในแต่ละรอบ (Octave) ซึ่งในแต่ละรอบก็จะมีรูปหลายๆ ระดับการ Blur ซึ่งมีขนาดรูปที่เท่ากัน โดยที่แต่ละระดับการ Blur จะ Blur จากระดับปกติแล้วค่อยๆ เพิ่ม σ (Scale parameter) ซึ่งจะมีผลทำให้ภาพ Blur มากยิ่งขึ้น แล้วทำซ้ำกับรอบต่อไปเรื่อยๆ โดยรอบต่อไปก็จะมีขนาดของรูปเป็นครึ่งหนึ่งของรอบเดิม

$\sigma = 0.7071$			
$\sigma = 1.0000$			
$\sigma = 1.4142$			
$\sigma = 2.0000$			
$\sigma = 2.8284$			
	↑ รอบที่ 1	↑ รอบที่ 2	↑ รอบที่ 3

รูปที่ 2.2 แสดงการใช้ σ ที่แตกต่างกัน คือภาพที่มีความ Blur มากขึ้น และการขยายรอบขึ้นไปทีละชั้นโดยมีขนาดรูปภาพเป็นครึ่งหนึ่งของรอบก่อนหน้า ซึ่งในภาพนี้ได้แสดง 3 รอบ

โดยแต่ละรอบมี 5 รูปที่เหมือนกันแต่ต่างกันที่ขนาดของการ Blur

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (2-1)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (2-2)$$

โดยที่

L คือ ภาพที่ผ่านการ Blur

G คือ ตัวกรองแบบ Gaussian ที่มีขนาด σ

I คือ ภาพต้นฉบับ

x,y คือ พิกัดบนภาพ

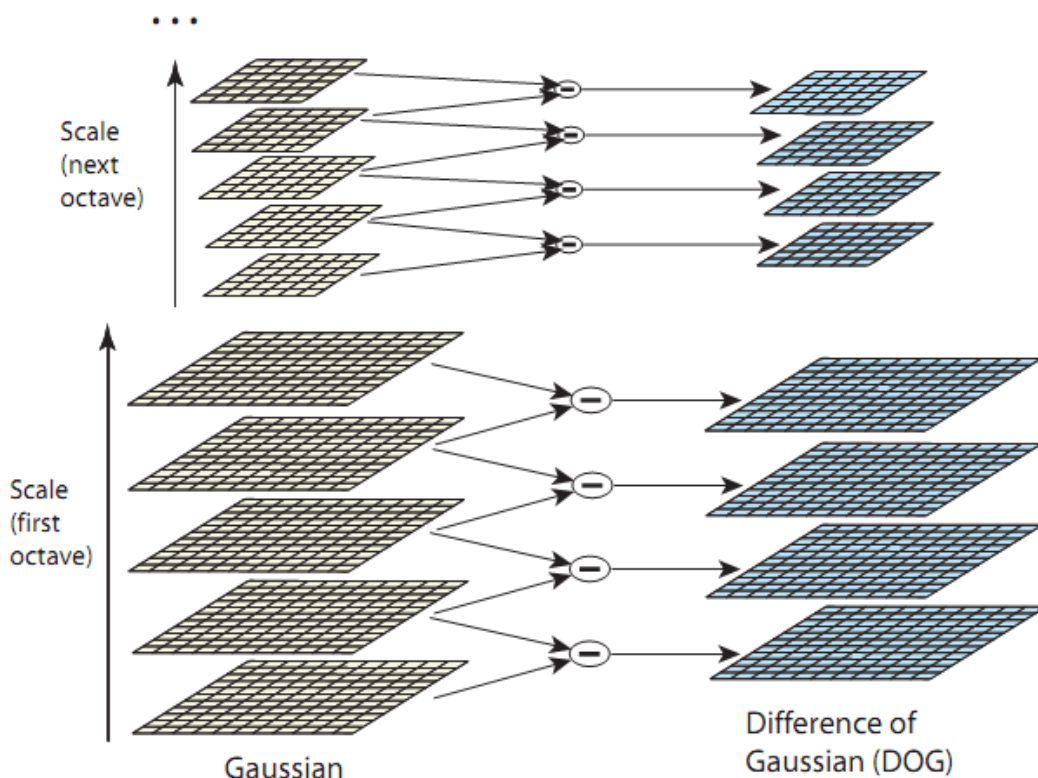
σ คือ ตัวแปรขนาดของการ Blur ยิ่งมีค่ามาก ยิ่ง Blur มาก

* คือ การคอนโวลูชันบนภาพ I โดยใช้ Gaussian blur G

2. การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints localization)

จากการหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทางในขั้นตอนก่อนหน้านี้ จะนำมาหาจุดที่น่าจะเป็นลักษณะสำคัญของภาพ โดยจะทำการจับคู่ภาพของแต่ละรอบมาหาความต่างของแต่ละผลลัพธ์ที่ได้จากการ Blur (Difference of Gaussian : DoG) โดยจะทำทุกภาพในแต่ละรอบ

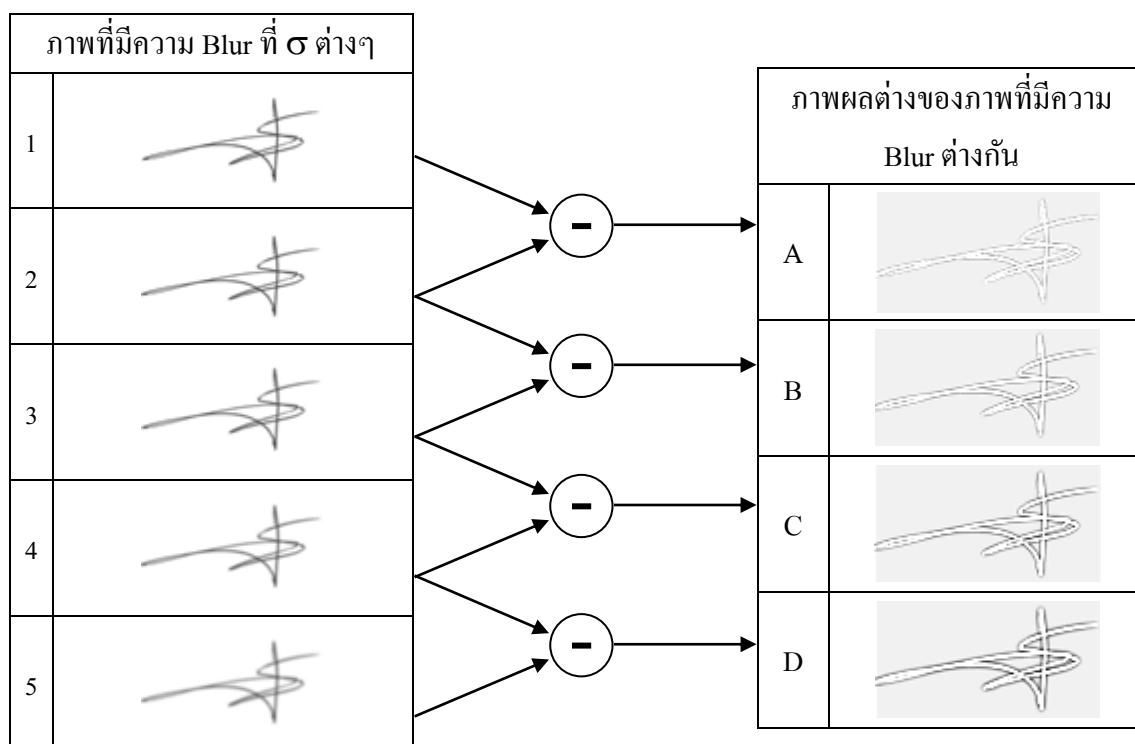
$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma) &= (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) \quad (2-3) \\ &= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \end{aligned}$$



รูปที่ 2.3 แสดง การหา Difference of Gaussian ในแต่ละชั้นของแต่ละรอบ

ตัวอย่างการทำงานการหาค่า Difference of Gaussian : DoG ของภาพแสดงดังรูปที่ 2.4 โดยนำภาพ 1 กับภาพ 2 มาหาค่า DoG จะได้ภาพผลลัพธ์เป็นภาพ A โดยส่วนที่มีค่าความแตกต่างน้อยจะเป็นส่วนที่เป็นสีพื้น ส่วนที่มีค่าความต่างมากจะเป็นลายเส้น ทำการหาค่า DoG กับภาพที่เหลือ คือ ภาพ 2 กับภาพ 3 ได้ภาพ B, ภาพ 3 กับภาพ 4 ได้ภาพ C, ภาพ 4 กับภาพ 5 ได้ภาพ D ตามลำดับ หลังจากนั้นนำค่า DoG ที่ได้มาหาจุดสนใจโดยจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. Locate maxima/minima in DoG images
2. Find subpixel maxima/minima

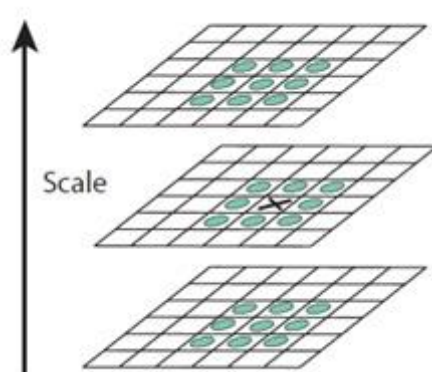


รูปที่ 2.4 แสดงผลลัพธ์จากการทำ Difference of Gaussian

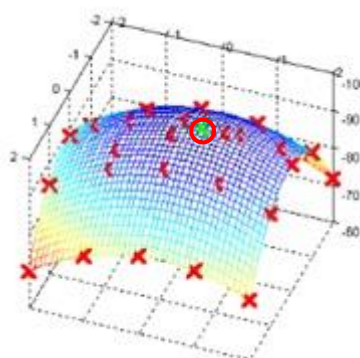
การหาจุดสนใจโดยจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. Locate maxima/minima in DoG images

เป็นการประมาณหาค่าจุดภาพ (Pixel) ที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดแบบหยาบๆ (ใช้คำว่าประมาณเพราะว่า จุดที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดเป็นจุดที่อยู่ระหว่างจุดภาพ) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับจุดรอบข้าง 26 จุด ซึ่งแบ่งเป็น 8 จุดที่อยู่ติดกับจุดที่พิจารณา และ 9 จุดบนและล่างที่อยู่ติดกับจุดที่พิจารณาแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงจุด X ที่เป็นจุดอ้างอิงเปรียบเทียบกับจุดรอบข้าง 26 จุด

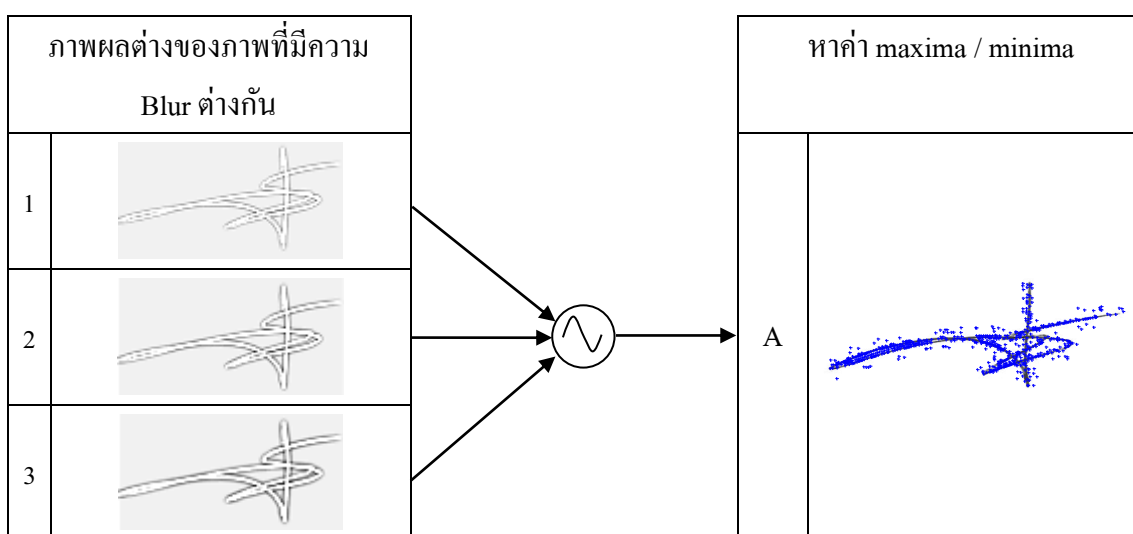


รูปที่ 2.6 แสดงจุด O ที่เป็นจุดสูงสุดหรือต่ำสุดที่เป็น subpixel

2. Find subpixel maxima/minima

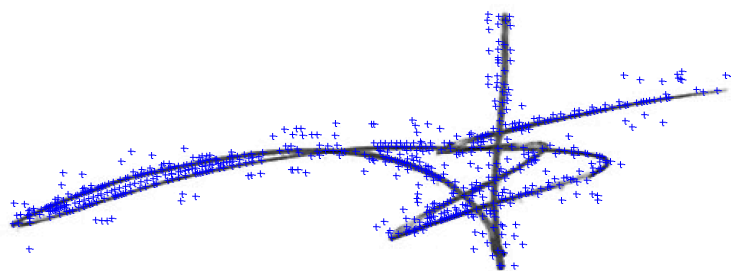
กระทำโดยใช้สมการของ Taylor เพื่อทำการประมาณหา subpixel ที่เป็นจุดที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดอย่างแท้จริง จาก pixel ที่ได้เลือกมาจากขั้นตอนแรก แสดงดังรูปที่ 2.6

$$D(x) = D + \frac{\partial D}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x \quad (2-4)$$



รูปที่ 2.7 แสดงผลลัพธ์จากการทำ Locate maxima/minima กับ 3 DoG images

ตัวอย่างการหาค่าจุดสนใจ โดยนำภาพ 1, 2 และ 3 มาหาค่าจะได้ดังภาพ A แสดงในรูปที่ 2.7 โดยจุดสีน้ำเงินในภาพ A เป็นจุดสนใจทั้งหมดของภาพลายเส้นตัวอย่างแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งจุดสนใจทั้งหมด

จากขั้นตอนที่ผ่านมาจะได้จุดสนใจจำนวนมากแสดงดังรูปที่ 2.8 ซึ่งบางจุดจะวางเรียงตัวอยู่บนเส้นขอบ (Edge) หรือบางจุดมีความคมชัด (Contrast) โดยจุดเหล่านี้จะเป็นจุดที่จะทำการคัดออก เพื่อจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่แต่ละจุดจะมีความเหมาะสมที่จะเป็นจุดสนใจมากที่สุด ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. Removing low contrast features

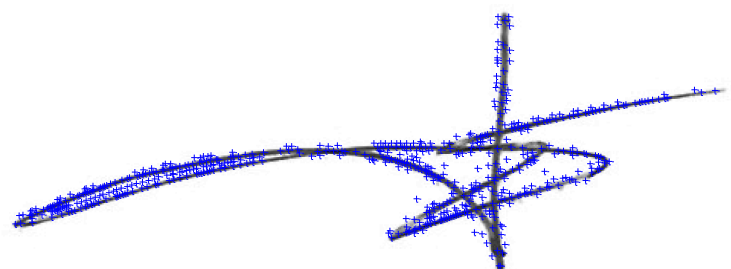
ทำการหาค่าความเข้ม (Intensity) ของจุดที่เป็น subpixel ซึ่งได้ประมาณมาจากขั้นตอนที่ผ่านมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดค่าหนึ่งโดยถ้ามีค่าน้อยกว่าก็จะทำการคัดจุดนั้นออกจากจุดสนใจ

2. Removing edges

ทำการคำนวณ Gradients 2 ตัวของจุดที่เป็นจุดสนใจซึ่งตั้งฉากกันและกัน โดยสามารถสรุปความสัมพันธ์บนภาพจากจุดทั้ง 2 ได้เป็น 3 แบบ คือ

1. พื้นที่ราบ (Flat region)

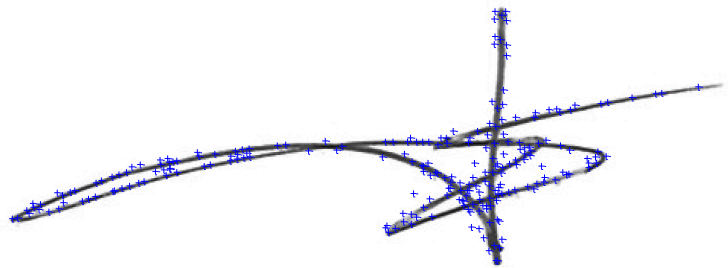
จะมี Gradient ที่มีค่าน้อยทั้งคู่



รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งจุดสนใจที่เอาส่วนพื้นที่ราบออก

2. ขอบ (Edge)

จะมี Gradient ที่มีค่ามากสำหรับตัวที่ตั้งฉากกับขอบ และมี gradient ที่มีค่าน้อยสำหรับตัวที่ขนานไปกับขอบ



รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งจุดสนใจที่เอาส่วนขอบออก

3. มุม (Corner)

จะมี Gradient ที่มีค่ามากทั้งคู่

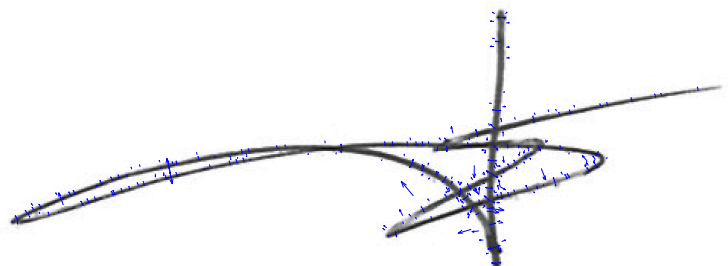
โดยจะพิจารณาจุดสนใจที่มีลักษณะเป็นมุมเป็นหลัก ซึ่งถ้ามีค่าของ gradient ที่มากพอทั้งคู่ ก็จะนิยามให้เป็นจุดสนใจ แต่ถ้าไม่มากพอก็จะถูกตัดทิ้ง และในขั้นตอนการพิจารณาหาจุดสนใจที่เป็นมุมนี้สามารถใช้ Hessian Matrix เข้ามา เพื่อช่วยในการหาว่าเป็นมุมหรือไม่ ได้ดียิ่งขึ้น

3. การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (Orientation assignment)

ทำการเก็บรวบรวมขนาด $m(x, y)$ และ ทิศทาง $\theta(x, y)$ ของ Gradient ของบริเวณรอบๆ จุดสนใจเพื่อที่จะกำหนดทิศทางให้จุดสนใจนั้นๆ

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad (2-5)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x, y+1) - L(x, y-1)) / (L(x+1, y) - L(x-1, y))) \quad (2-6)$$

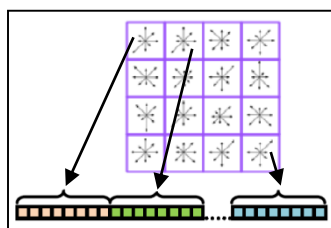


รูปที่ 2.11 แสดงขนาดและทิศทางของจุดสนใจ

จากนั้นก็จะนำเอาขนาดและทิศทางของ Gradient ของ pixel รอบๆ จุดสนใจมาทำการสร้างภาพแท่งความถี่ (Histogram) ซึ่งจะมีแกน x ช่วงขององศาและแกน y เป็นขนาดของ gradient ของ pixel นั้นๆ รวมกับ pixel อื่นๆ ที่แบ่งแยกตามแต่ละช่องของแกน x เดียวกัน ต่อมาก็จะทำการเพิ่มจุดสนใจโดยมีเงื่อนไขว่า ถ้าจุดสนใจใดมี peak ของ histogram ที่มีขนาดมากกว่า 80% ของ peak ที่สูงสุด ก็จะแบ่งออกเป็นจุดสนใจใหม่

4. การสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ (Keypoints descriptor)

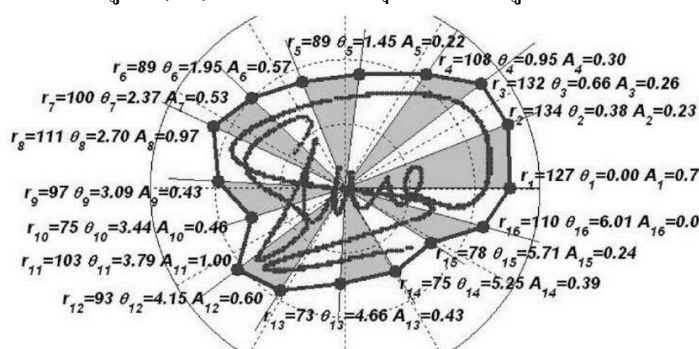
โดยทำการสร้าง 16×16 window (window คือ บริเวณที่จะทำการเก็บข้อมูลทิศทาง ซึ่งจะมีขนาดคือ $1.5 \times \sigma$) รอบจุดสนใจ และทำการแบ่งออกเป็น 4×4 windows ทั้งหมด 16 ชุด โดยในแต่ละชุดจะทำการคำนวณหาขนาดและทิศทางของ gradient แล้วนำมาสร้างเป็น histogram ที่มีขนาด 8 bin (แกน x แบ่ง 8 ช่วง ช่วงละ 45 องศา) โดยที่ขนาดของ histogram ในแต่ละส่วนจะขึ้นกับ ขนาด*ตัวถ่วงน้ำหนัก (ระยะทางที่ห่างจากจุดสนใจ) ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้น ผลลัพธ์ที่ได้คือ $4 \times 4 \times 8 = 128$ ซึ่งจะทำการ normalize ต่อ และจะใช้เป็น feature vector ของแต่ละ Keypoint แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงค่าจุดสนใจของภาพ

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Offline Geometric Parameters for Automatic Signature Verification Using Fixed-Point Arithmetic, Miguel A. Ferrer, Jesús B. Alonso and Carlos M. Travieso. [5] กล่าวถึงการหาค่า Features จากภาพลายเซ็นบนระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates) โดยบนจะหาค่า 3 ตัวแปร คือ r = รัศมี, θ = มุมหน่วยเป็นเรเดียน, A = จำนวน pixels ของลายเซ็นที่อยู่ระหว่างมุม θ โดยให้ค่าสูงสุด = 1 โดยจะเก็บข้อมูล (r, θ, A) จำนวน 64 จุด แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างการหาค่าตัวแทนของลายเซ็นด้วยระบบพิกัดเชิงขั้ว

และนำค่า Features ที่ได้ใช้ในการเปรียบเทียบลายเซ็น 3 วิธี คือ

1. The HMM Signature Model (Hidden Markov Model)
2. (SVM) Support Vector Machine Signature Model
3. Euclidean Distance-Based Signature Model

โดยมีผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.14

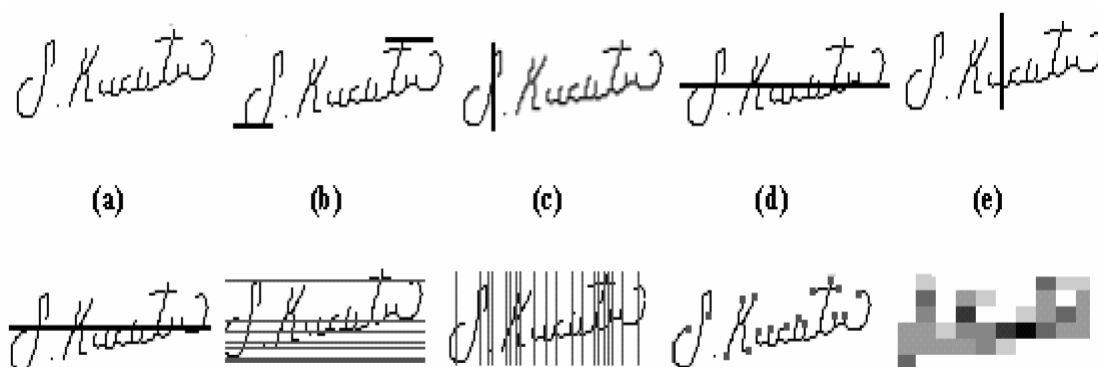
Signature Verification Result (Percentage) for Random and Simple Forgeries with the HMM					
		Random forgeries		Simple forgeries	
		Error Type I	Error Type II	Error Type I	Error Type II
Number of training genuine signatures	4	4.3 _{1.8}	3.8 _{1.6}	17.3 _{5.2}	14.9 _{3.9}
	8	2.5 _{1.9}	2.4 _{1.2}	13.4 _{2.6}	14.9 _{3.5}
	12	2.2 _{1.4}	3.3 _{1.1}	14.1 _{3.7}	12.6 _{3.0}

Signature Verification Result (Percentage) for Random and Simple Forgeries with the SVM Trained with 12 Samples					
		Random forgeries		Simple forgeries	
		Error Type I	Error Type II	Error Type I	Error Type II
Kernel	Lineal	4.27 _{2.1}	3.71 _{1.3}	21.06 _{3.8}	18.54 _{3.1}
	Polynomial	3.65 _{2.1}	3.15 _{1.7}	15.41 _{2.2}	15.64 _{1.8}
	RBF	3.23 _{0.8}	2.65 _{1.3}	15.41 _{1.4}	13.12 _{1.7}

Signature Verification Result (Percentage) for Random and Simple Forgeries with the Euclidean Distance Trained with 12 Samples					
		Random forgeries		Simple forgeries	
		Error Type I	Error Type II	Error Type I	Error Type II
Number of training genuine signatures	8	6.16 _{0.36}	5.92 _{0.45}	17.29 _{0.85}	18.25 _{0.78}
	12	5.56 _{0.34}	5.13 _{0.41}	16.21 _{0.67}	15.66 _{0.68}
	16	5.61 _{0.65}	4.96 _{0.58}	16.39 _{1.18}	15.50 _{1.18}

รูปที่ 2.14 แสดงผลการทดสอบการจำแนกลายเซ็นด้วยวิธี HMM, SVM, Euclidean Distance

2. Off-line Signature Verification and Recognition by Support Vector Machine, Emre Özgündüz, Tülin Şentürk and M. Elif Karşılıgil. [6] กล่าวถึงการหาค่า Features จากภาพลายเซ็น โดยหาความหนาแน่น โดยดูจากจำนวน pixels ของลายเซ็น, หาอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของลายเซ็น, Maximum horizontal histogram and maximum vertical histogram, จุดศูนย์กลางของลายเซ็น, จำนวนค่าสูงสุดย่อยของ vertical และ horizontal histogram, จำนวน Edge point (จุดปลาย) แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการหาค่าตัวแทนของลายเซ็น

และนำค่า Features ที่ได้ใช้ในการเปรียบเทียบลายเซ็น 2 วิธี คือ

1. SVM (Support Vector Machine)
2. Artificial Neural Network's (ANN) back propagation method

โดยมีผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.16 โดยการจำแนกด้วยวิธี SVM มีอัตราการจำแนกถูกต้อง 0.95 เมื่อเทียบกับวิธี ANN ที่มีอัตราการจำแนกถูกต้องอยู่ที่ 0.75

	TAR	FRR	TRR	FAR
SVM	0.98	0.02	0.89	0.11
ANN	0.78	0.22	0.84	0.16

	True Classification Ratio	False Classification Ratio
SVM	0.95	0.05
ANN	0.75	0.25

รูปที่ 2.16 แสดงผลการทดสอบการจำแนกลายเซ็นด้วยวิธี SVM และ ANN

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาของงานวิจัยในบทนี้ จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบ และขั้นตอนการหาจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่เหมาะสมจากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที เพื่อหาจำนวนรอบของการทำงาน และการหาร้อยละความสำเร็จของการยืนยันภาพลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที และโดยบุคคลทั่วไป ซึ่งได้นำทฤษฎี และวิธีการที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 มาใช้ในงานวิจัย ดังมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการวิจัยโดยแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตอนกระบวนการหาจุดสนใจของภาพลายเซ็น และขั้นตอนการยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น

1. ขั้นตอนกระบวนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที ซึ่งมีลำดับการทำงานดังนี้

1.1 นำข้อมูลรูปภาพลายเซ็นเข้ามายังระบบ โดยเป็นภาพลายเซ็นที่เซ็นบนพื้นหลังเป็นสีขาว ไม่มีลวดลาย สีปากกาไม่กลมกลืนกับสีพื้น เช่น สีพื้นสีขาว สีปากกาสีน้ำเงิน

1.2 การหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection)

1.3 การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints localization)

1.4 การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (Orientation assignment)

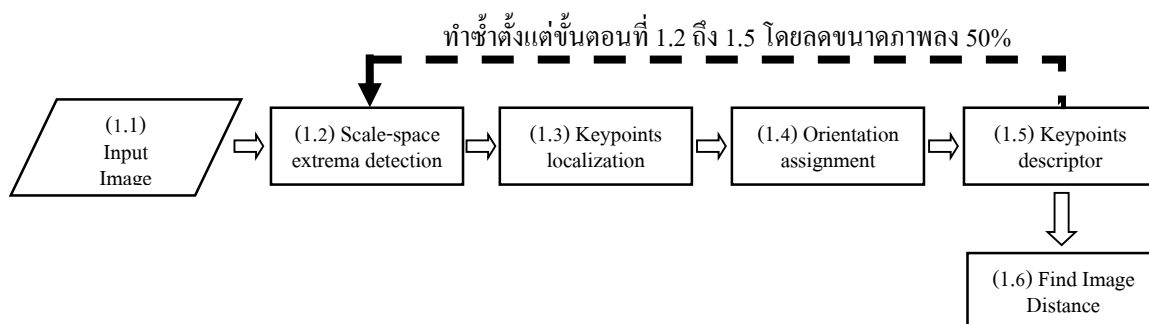
1.5 การสร้างคำอธิบายลักษณะเด่นของภาพ (Keypoints descriptor) แต่ละจุดจะมีการคำนวณหาขนาดและทิศทางของ gradients ของจุดที่อยู่โดยรอบ แล้วหาผลรวมของขนาดและทิศทางของพื้นที่ขนาด 4×4 จุดออกมาได้เป็น descriptor จำนวน 8 ค่า ซึ่งโดยปกติจะใช้พื้นที่ขนาด 16×16 จุด ในการหา descriptor ของจุด 1 จุดซึ่งจะได้ descriptor ทั้งหมด 128 ค่าต่อ 1 จุด

1.6 คำนวณหาระยะห่างของภาพลายเซ็น (Image Distance) โดยใช้วิธีหาระยะทางเฉลี่ยแบบยูคลิด (Average Euclidean distance) ของจุดสนใจของภาพลายเซ็น โดยกำหนดให้ A และ B เป็น จุดสนใจของลายเซ็น โดย A มีจำนวนจุดสนใจของภาพลายเซ็นเท่ากับ K_a ค่า A_i คือ จุดสนใจของภาพลายเซ็นลำดับที่ i และ B มีจำนวนจุดสนใจของภาพลายเซ็นเท่ากับ K_b ค่า B_j คือ จุดสนใจของภาพลายเซ็นลำดับที่ j, $D(A, B)$ คือ ค่าระยะทางเฉลี่ยแบบยูคลิดจากจุดสนใจของภาพลายเซ็น

ลำดับที่ i ของลายเซ็น A ไปยังจุดสนใจของภาพลายเซ็นทุกอันในลายเซ็น B , $D(A, B)$ คือระยะห่างของภาพลายเซ็น A และลายเซ็น B ดังสมการที่ 3-1

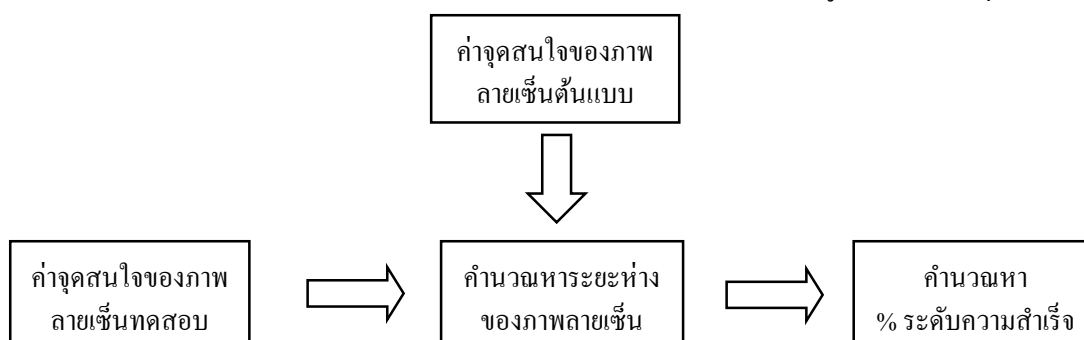
$$D(A, B) = \frac{1}{K_a} \sum_{i=1}^{K_a} D(A_i, B) \quad (3-1)$$

1.7 เปรียบเทียบค่าระยะห่างของภาพลายเซ็นโดยกำหนดด้วยค่า α ถ้าระยะห่างของภาพลายเซ็นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด ($\alpha = 0.2$ เป็นเกณฑ์สมมุติเพื่อใช้ในการทดสอบขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที) ระบบจะหยุดการทำงาน ถ้าไม่ใช่ระบบจะกลับไปทำในขั้นตอนที่ 1.2 ในรอบลำดับถัดไปโดยลดขนาดของภาพลง 50%



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการหาจุดสนใจของภาพลายเซ็น

2. ขั้นตอนการยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น โดยจะมีการเปรียบเทียบ 2 วิธี คือวิธีแรกเปรียบเทียบจุดสนใจของภาพลายเซ็นระหว่างภาพลายเซ็นต้นแบบกับภาพลายเซ็นจริง และภาพลายเซ็นคู่ทดสอบด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที โดยใช้การเปรียบเทียบระยะห่างของภาพลายเซ็น โดยกำหนดด้วยค่า $\beta = \alpha + 0.05$ (เป็นเกณฑ์สมมุติเพื่อใช้ในการทดสอบ) ถ้าค่าระยะห่างของภาพลายเซ็นน้อยกว่าค่า β แสดงว่าภาพลายเซ็นทดสอบเป็นภาพลายเซ็นจริง และวิธีที่สอง ใช้การเปรียบเทียบภาพลายเซ็นต้นแบบกับภาพลายเซ็นจริงและภาพลายเซ็นคู่ทดสอบโดยบุคคลทั่วไป



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น

$$\text{ร้อยละความสำเร็จ} = \frac{\text{จำนวนภาพลายเส้นที่ขึ้นชั้นถูกต้อง}}{\text{จำนวนภาพลายเส้นต้นแบบ}} \times 100 \quad (3-2)$$

จากกระบวนการในการดำเนินการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จะเป็นการนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งปรากฏอยู่ในบทถัดไป

บทที่ 4

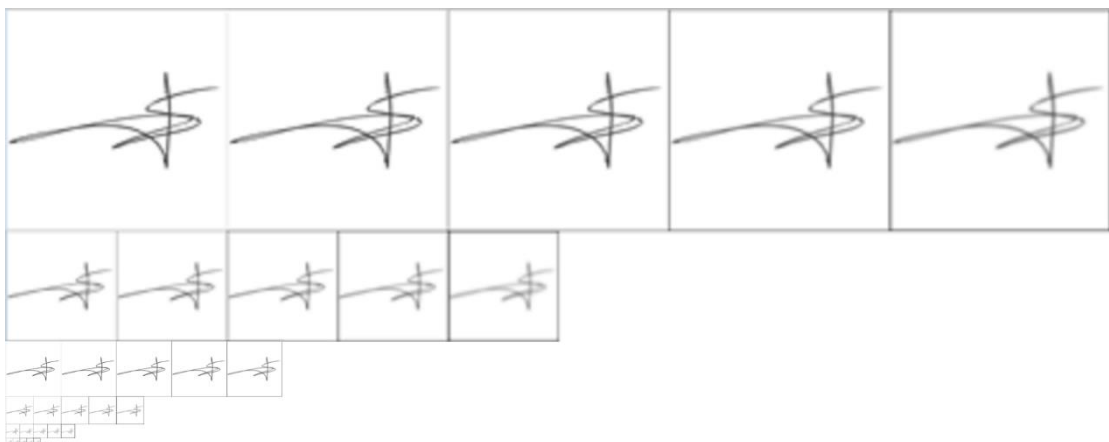
การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื้อหาของงานวิจัยในบทนี้ จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น จากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที ซึ่งได้จากกระบวนการตามบทที่ 3 โดยมีขั้นตอนกระบวนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที และขั้นตอนการยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

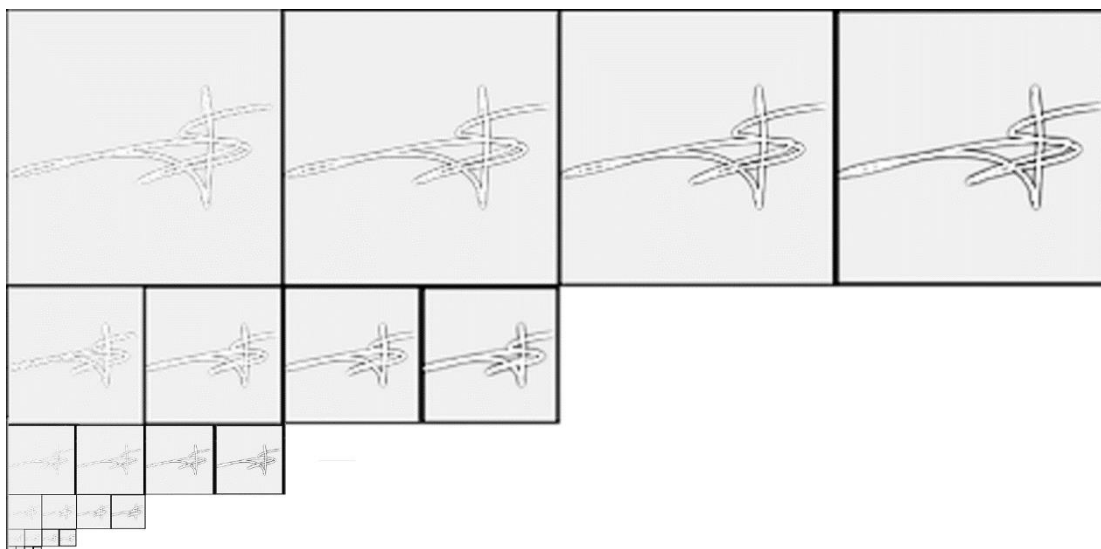
4.1 การหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็นจากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที

กระบวนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็นจากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที จะได้ค่าจุดสนใจของภาพลายเซ็นแต่ละภาพ โดยการทำซ้ำในแต่ละรอบจะได้ค่าจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่มีจำนวนลดน้อยลง และเพื่อหาว่าการทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที ในรอบที่เท่าไรจะได้จุดสนใจของภาพลายเซ็นซึ่งสามารถเป็นตัวแทนของภาพลายเซ็นได้เหมาะสมที่สุด

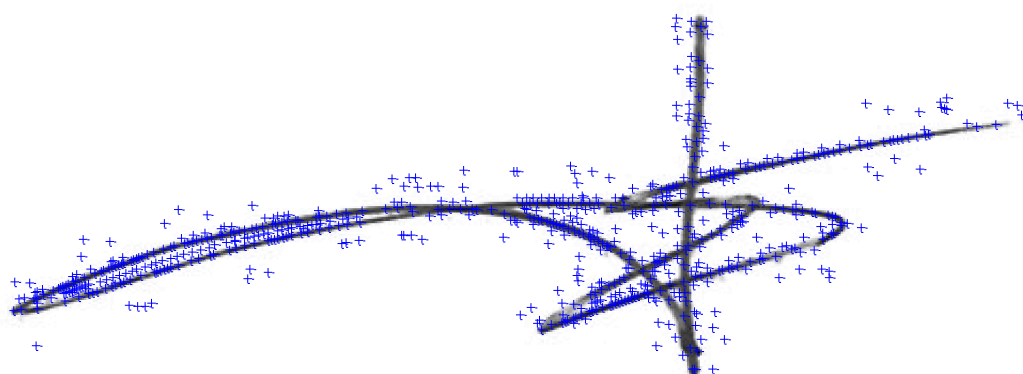
การหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection) ของลายเซ็น เป็นการเบรภาพลายเซ็นในแต่ละรอบ โดยมีการเบรจำนวน 6 รอบ แสดงดังรูปที่ 4.1 และนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบหาจุดต่างด้วยวิธีการ Difference of Gaussian (DoG) แสดงดังรูปที่ 4.2 โดยจุดที่มีความแตกต่างสูงสุดและต่ำสุดจะเป็นจุดสำหรับหาจุดสนใจของภาพลายเซ็น โดยจุดที่ได้จะนำมากำหนดตำแหน่งบนภาพลายเซ็น แสดงดังรูปที่ 4.3 ขั้นตอนถัดไปจะทำการหาขนาด และทิศทาง โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปกำหนดเป็นจุดสนใจของภาพลายเซ็น



รูปที่ 4.1 แสดงการหาปริภูมิค่าในมิติขนาดและระยะทาง



รูปที่ 4.2 แสดงการกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ



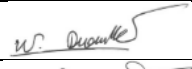
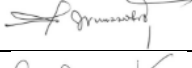

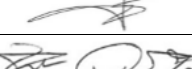
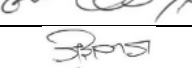

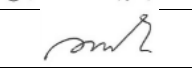
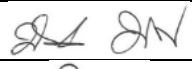
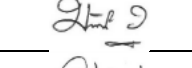
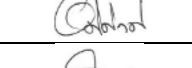
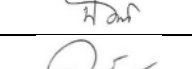

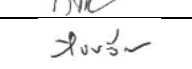
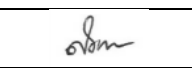
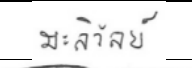
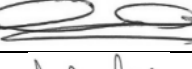
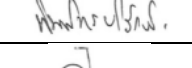



รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งจุดสนใจของภาพลายเส้นทั้งหมด

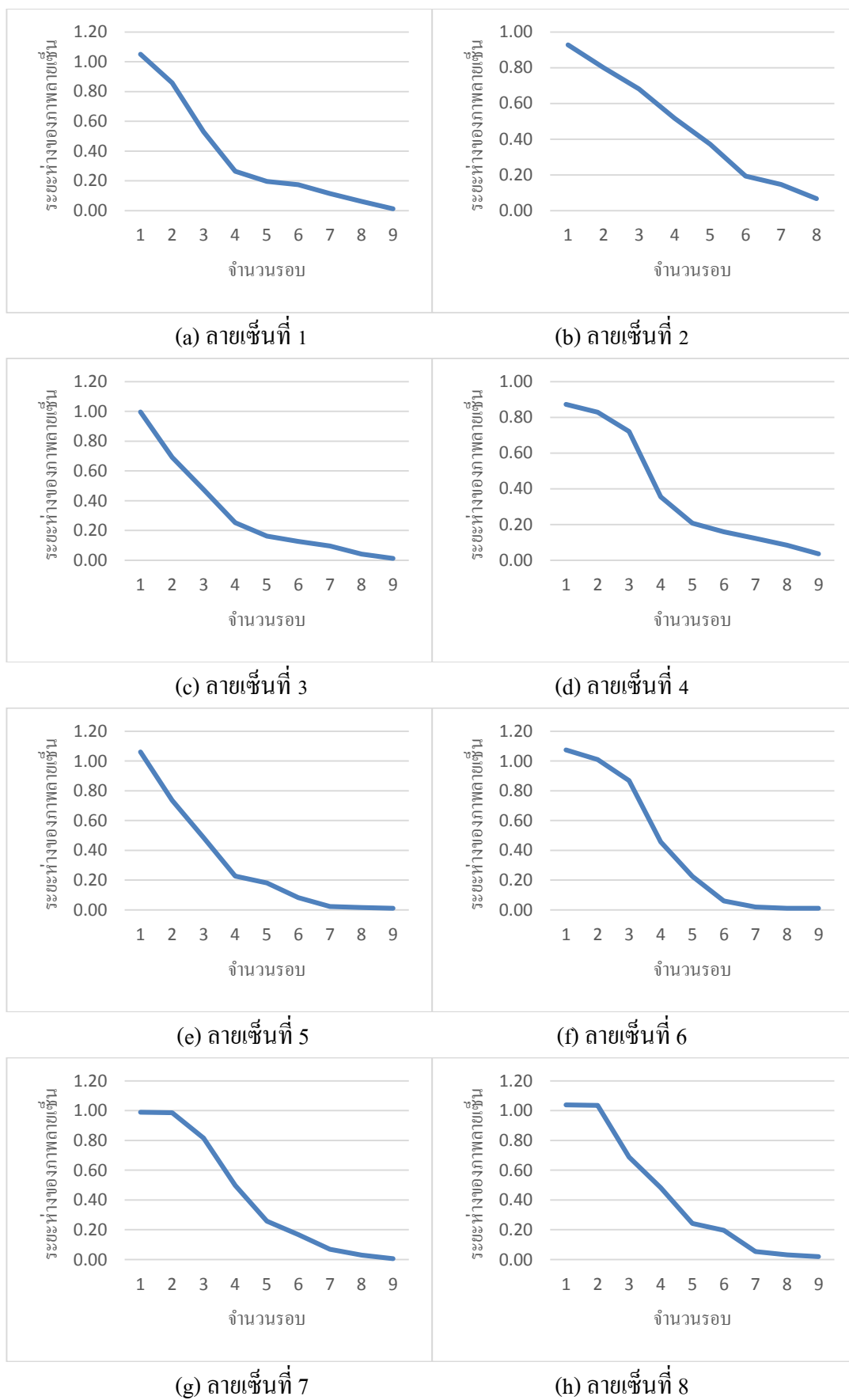
จากการทดสอบภาพลายเส้นจากบุคคลทดสอบ 20 คนๆ ละ 10 ลายเส้นรวม 200 ลายเส้น เพื่อหาค่าจุดสนใจของภาพลายเส้น โดยในการทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในแต่ละรอบจะได้จำนวนจุดสนใจของภาพลายเส้น แสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งผลที่ได้ก็นั้นจำนวนจุดสนใจของภาพลายเส้นที่ได้ในแต่ละรอบการทำงานจะมีค่าจำนวนจุดสนใจของภาพลายเส้นลดลงเรื่อยๆ ซึ่งจำนวนจุดสนใจของภาพลายเส้นที่ลดลงเหลือน้อยเท่าไร ก็จะทำให้ได้ตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบ แต่ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในการทำงานแต่ละรอบค่าจุดสนใจของภาพลายเส้นจะมีค่าลดลงจนเข้าสู่ค่า 0 ดังนั้นรอบการทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีที่เหมาะสมจะถูกกำหนดโดยการเปรียบเทียบค่าระยะห่างของภาพลายเส้นระหว่างจุดสนใจของภาพลายเส้นแต่ละรอบ ซึ่งถ้าค่าระยะห่างของภาพลายเส้น มีค่าน้อยแสดงว่าจุดสนใจของภาพลายเส้นที่เปรียบเทียบกันมีค่าใกล้เคียงกัน หมายถึงจุดสนใจของภาพลายเส้นทั้งสองสามารถเป็นตัวแทนกันได้ โดยในการวิจัยนี้ ได้กำหนดค่าระยะห่างของภาพลายเส้นระหว่างจุดสนใจของภาพลายเส้น ในแต่ละรอบที่มีค่าระยะห่างของภาพ

ลายเซ็นน้อยกว่า 0.2 เป็นจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่เหมาะสม สำหรับเป็นตัวแทนของภาพลายเซ็น โดยค่าระยะห่างของภาพลายเซ็นที่ได้ในแต่ละรอบของการทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีสำหรับภาพลายเซ็นแต่ละภาพลายเซ็นแสดงดังรูปที่ 4.4 (a) ถึง (u)

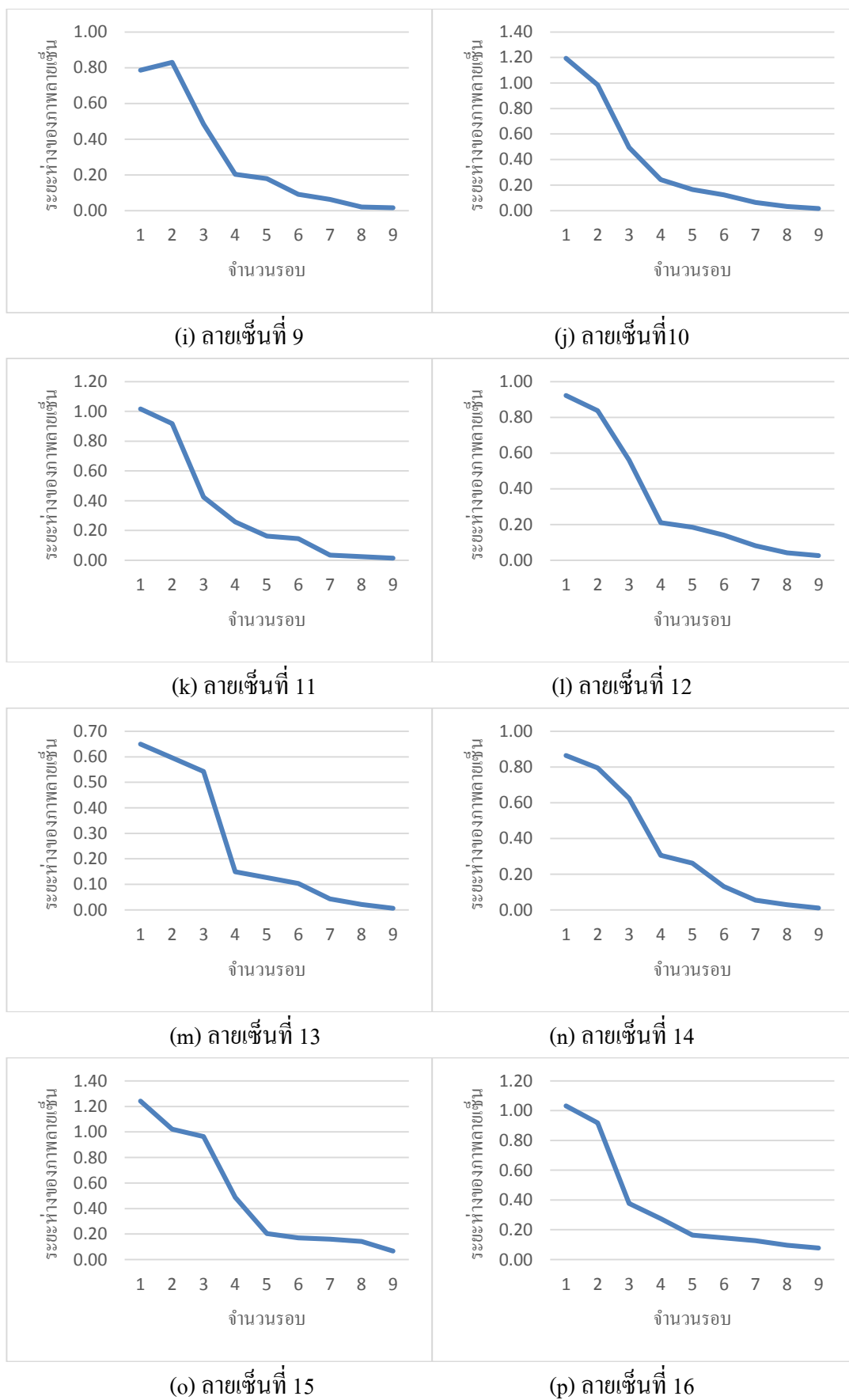
ผลการทดลองพบว่าค่าระยะห่างของภาพลายเซ็นจะมีค่าลดลงมากในรอบที่ 3 ถึง 4 และจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด ($\alpha \leq 0.2$) ในรอบที่ 5 ถึง 6 ดังนั้นในขั้นตอนการยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น จะใช้จุดสนใจของภาพลายเซ็นในรอบที่ 6 เป็นตัวทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนจุดสนใจของภาพลายเซ็นในการทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีแต่ละรอบ

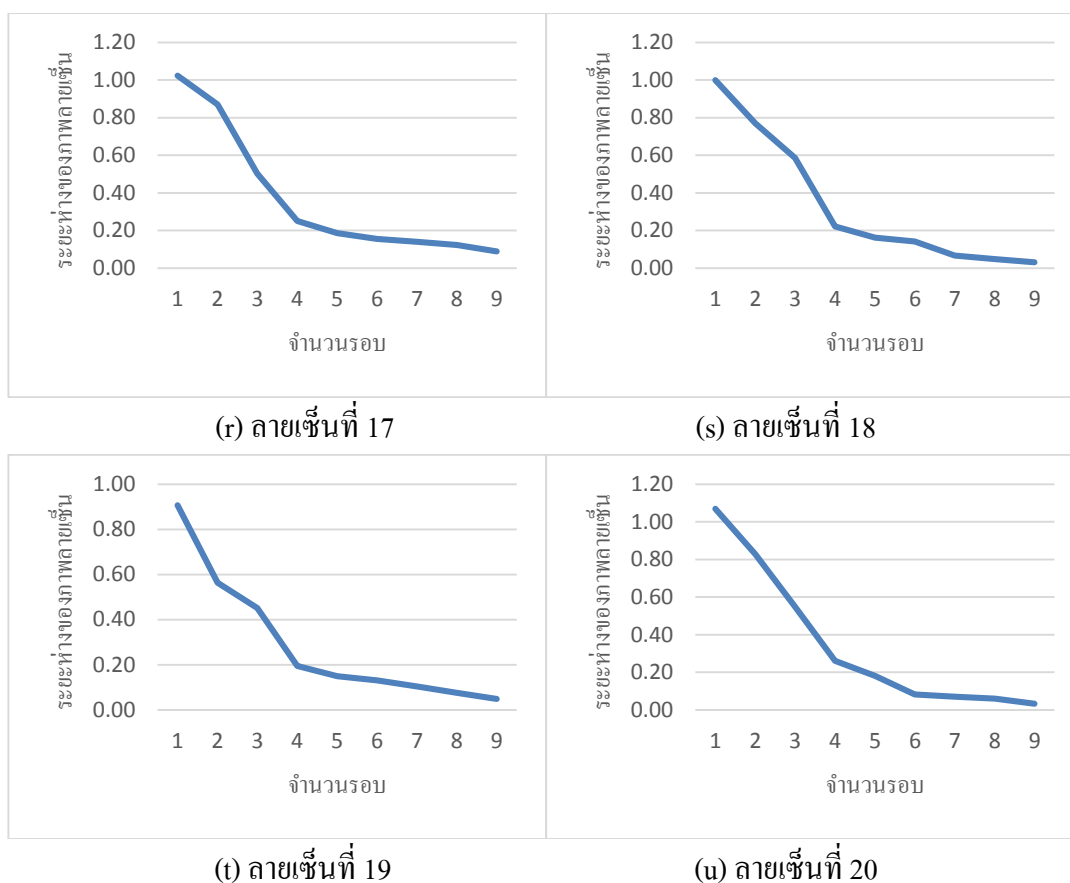
ลำดับที่	ภาพลายเซ็น	จำนวนจุดสนใจของภาพลายเซ็น					
		รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4	รอบที่ 5	รอบที่ 6
1		114	39	32	29	25	20
2		112	33	30	25	22	21
3		215	104	71	50	34	27
4		211	108	64	46	35	29
5		371	181	118	81	60	47
6		366	174	117	83	63	50
7		127	57	34	22	15	10
8		116	48	28	17	13	12
9		196	105	59	41	30	24
10		201	105	62	42	30	23
11		112	62	35	26	18	17
12		117	59	38	23	19	18
13		231	119	75	50	34	34
14		223	113	73	53	36	30
15		68	38	26	18	15	10
16		70	35	22	19	14	9
17		179	88	54	34	26	24
18		174	78	50	36	25	23
19		85	44	31	20	16	12
20		81	40	24	20	14	10



รูปที่ 4.4-1 แสดงค่าระยะห่างของภาพลายเส้นระหว่างจุดสนใจของภาพลายเส้นในแต่ละรอบ



รูปที่ 4.4-2 แสดงค่าระยะห่างของภาพลายเส้นระหว่างจุดสนใจของภาพลายเส้นในแต่ละรอบ



รูปที่ 4.4-3 แสดงค่าระยะห่างของภาพลายเส้นระหว่างจุดสนใจของภาพลายเส้นในแต่ละรอบ

4.2 การยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้น

การยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้น จะใช้จุดสนใจของภาพลายเส้นที่ได้จากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่รอบที่ 6 เปรียบเทียบกับจุดสนใจของภาพลายเส้นจริงจำนวน 20 ภาพลายเส้น และภาพลายเส้นที่ทดสอบจำนวน 20 ภาพลายเส้น พบว่าการเปรียบเทียบที่สร้างขึ้นสามารถยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้นได้ถูกต้องคิดเป็น ร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 82.50 โดยมีลายเส้นที่ผิดพลาด 7 ลายเส้นจากจำนวนทดสอบทั้งหมด 40 ลายเส้น (33/40)

การเปรียบเทียบภาพลายเส้นต้นแบบกับภาพลายเส้นจริงและภาพลายเส้นที่ทดสอบจำนวนรวม 40 ภาพลายเส้นโดยบุคคลทั่วไป พบว่าการเปรียบเทียบสามารถยืนยันภาพลายเส้นทดสอบได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 77.25 โดยมีลายเส้นที่ผิดพลาด 91 ลายเส้นจากจำนวนทดสอบทั้งหมด 400 ลายเส้น (309/400) ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดการยืนยันภาพลายเส้นทดสอบได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายเส้นต้นแบบกับภาพลายเส้นทดสอบ

การทดสอบ	ผลการเปรียบเทียบ		ร้อยละความสำเร็จ
	ถูกต้อง	ผิดพลาด	
โดยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที	33	7	82.50
โดยบุคคลทั่วไป	309	91	77.25

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การหาจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่สำหรับการยืนยันภาพลายเซ็น มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีในการหาค่าจุดสนใจที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟสำหรับการวิเคราะห์ภาพลายเซ็น ผู้วิจัยได้ทดสอบขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่กับภาพลายเซ็นทดสอบที่เซ็นบนพื้นหลังเป็นสีขาวเรียบไม่มีลวดลาย และใช้สีปากกาสีน้ำเงิน โดยทำการกำจัด Noise ก่อนดำเนินการวิจัย จำนวน 20 คนๆ ละ 10 ภาพลายเซ็นรวมจำนวน 200 ภาพลายเซ็น สำหรับขั้นตอนกระบวนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่ และใช้ตัวอย่างภาพลายเซ็นสำหรับกระบวนการยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น ประกอบด้วยภาพลายเซ็นจริง 20 ภาพลายเซ็น และภาพลายเซ็นกลุ่มทดสอบ 20 ภาพลายเซ็น โดยบุคคลทั่วไปจำนวน 10 คน

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบจุดสนใจของภาพลายเซ็นที่ได้จากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่รอบที่ 6 กับจุดสนใจของภาพลายเซ็นทดสอบจำนวน 40 ภาพลายเซ็น พบว่าการเปรียบเทียบที่สร้างขึ้นสามารถยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็นได้ถูกต้องคิดเป็น ร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 82.50 โดยมีลายเซ็นที่ผิดพลาด 7 ลายเซ็นจากจำนวนทดสอบทั้งหมด 40 ลายเซ็น (33/40)

การเปรียบเทียบภาพลายเซ็นต้นแบบกับภาพลายเซ็นจริงและภาพลายเซ็นกลุ่มทดสอบจำนวนรวม 40 ภาพลายเซ็นโดยบุคคลทั่วไป พบว่าการเปรียบเทียบสามารถยืนยันภาพลายเซ็นทดสอบได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 77.25 โดยมีลายเซ็นที่ผิดพลาด 91 ลายเซ็นจากจำนวนทดสอบทั้งหมด 400 ลายเซ็น (309/400)

ตารางที่ 5.1 แสดงผลร้อยละความสำเร็จของการยืนยันลายเซ็น

การทดสอบ	ผลการเปรียบเทียบ		ร้อยละความสำเร็จ
	ถูกต้อง	ผิดพลาด	
โดยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที่	33	7	82.50
โดยบุคคลทั่วไป	309	91	77.25

5.2 อภิปรายผล

การหาจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที จะใช้จุดสนใจของภาพลายเส้นที่ได้จากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีรอบที่ 6 ซึ่งมีค่าระยะห่างของภาพลายเส้นน้อยกว่าค่า α ซึ่งเป็นค่าสมมุติเพื่อใช้ในการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยสามารถกำหนดค่า α ได้ตามความเหมาะสมของภาพลายเส้นทดสอบ

การยืนยันจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเส้นด้วยวิธีการเปรียบเทียบจุดสนใจของภาพลายเส้นต้นแบบ กับจุดสนใจของภาพลายเส้นทดสอบ โดยพิจารณาที่ค่าระยะห่างของภาพลายเส้นน้อยกว่าค่า β โดยในการทดสอบมีผลร้อยละความสำเร็จของการทดสอบโดยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีร้อยละ 82.50 และโดยบุคคลทั่วไปร้อยละ 77.25 ซึ่งผลที่ได้จากขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีมีค่าร้อยละความสำเร็จสูงกว่าการเปรียบเทียบโดยบุคคลทั่วไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

การหาค่าจุดสนใจของภาพด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที จะมีหลักการทำงานซ้ำโดยลดขนาดของภาพลงด้วยอัตราร้อยละ 50 ทุกครั้งก่อนทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในรอบถัดไป ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที ถึงจุดที่ต้องการรวดเร็วขึ้น อาจมีการปรับอัตราการลดขนาดของภาพให้มากกว่าร้อยละ 50 และถ้าต้องการให้การเปลี่ยนแปลงค่าจุดสนใจของภาพมีอัตราน้อยลง ก็อาจมีการปรับอัตราการลดขนาดของภาพให้ลดลงน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยการปรับค่าอัตราการลดขนาดของภาพสำหรับขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีนี้ เป็นการปรับค่าเพื่อความเหมาะสมตามคุณลักษณะของภาพต่างๆ ที่นำมาทดสอบ

บรรณานุกรม

- [1] Vincent Lepetit, Pascal Laguerre and Pascal Fua, “Randomized Trees for Real-Time Keypoint Recognition”, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, pp. 775-781, 2005
- [2] Lowe D.G. “Object recognition from local Scale-Invariant Features”. In: International Conference on Computer Vision; p.1150–1157, 1999.
- [3] David G. Lowe, “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints” International Journal of Computer Vision; 60(2): 91–110, 2004.
- [4] Utkarsh Sinha, “SIFT-Scale Invariant Feature Transform”, Retrieved July 5, 2014, from AI Shack, Web site: <http://www.aishack.in/tutorials/sift-scale-invariant-feature-transform-introduction/>
- [5] B. A. Jesus. A. Migual. and M. Traveiso, “ Off-line Geometric Parameters for Automatic Signature Verification Using Fixed Point Arithmetic”, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 6, pp. 341–356, June 2005.
- [6] Emre Özgündüz, Tülin Şentürk and M. Elif Karşılçıl, “Off-line Signature Verification and Recognition by Support Vector Machine”, Signal Processing Conference, 13th European, pp. 1-4, 2005
- [7] ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์, “การยืนยันลายเซ็นด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน”, การประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (National Conference on Information Technology: NCIT) ครั้งที่ 6, 27-28 กุมภาพันธ์ 2557.
- [8] ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์, “การหาลักษณะเด่นที่เหมาะสมของอัลกอริทึม SIFT สำหรับการวิเคราะห์ภาพลายเซ็น”, การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม (Sripatum University Conference 2014) ครั้งที่ 9, 16 ธันวาคม 2557.

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ – สกุล	นายชวัลย์ วรวิทย์รัตนกุล
วัน เดือน ปีเกิด	1 ตุลาคม 2515
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยนาท
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2540 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (เกียรตินิยมอันดับ 1) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
รางวัลหรือทุนที่เคยได้รับ	ทุนวิจัย “การพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับการ ลงทะเบียนเรียนของภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์และ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์” มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประสบการณ์ในการทำงาน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	2/73 ซอยลาดพร้าว47 แขวงสะพานสอง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310