

# การหาจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีสำหรับการระบุลายเซ็น

KEY POINTS OPTIMIZATION USING SIFT ALGORITHM FOR SIGNATURE IDENTIFICATION

## ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
E-mail : chatchawan.wo@spu.ac.th

## ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
E-mail : surasak.mu@spu.ac.th

## บทคัดย่อ

ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับการหาจุดสนใจของวัตถุที่ได้รับความนิยม โดยใช้หลักการซ้ำซ้ำเพื่อหาจุดสนใจของวัตถุ (Key points) การหาจุดสนใจของวัตถุแต่ละอัน จะใช้จำนวนรอบในการวิเคราะห์ไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้จุดสนใจของวัตถุที่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นจุดสนใจของวัตถุที่เหมาะสมหรือไม่ งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการกำหนดจำนวนรอบในการหาจุดสนใจของวัตถุที่เหมาะสมซึ่งใช้ลายเซ็นเป็นข้อมูลตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบระยะห่างของลายเซ็น (ใช้การคำนวณหาระยะห่างของภาพ) ซึ่งคำนวณจากระยะทางยูคลิดระหว่างจุดสนใจของลายเซ็นในแต่ละรอบ โดยกำหนดเกณฑ์พิจารณา  $\alpha = 0.2$  และนำจำนวนรอบที่ได้กำหนดจุดสนใจของลายเซ็นต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างลายเซ็นจริงและลายเซ็นคู่ทดสอบด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที การเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างลายเซ็น ใช้เกณฑ์พิจารณา  $\beta = 0.25$  นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบลายเซ็นต้นแบบกับลายเซ็นจริงและลายเซ็นคู่ทดสอบโดยบุคคล ผลการวิจัยใช้ตัวอย่างลายเซ็นจากบุคคลทั่วไปจำนวน 20 คนๆ ละ 10 ลายเซ็นรวม 200 ลายเซ็นเป็นลายเซ็นต้นแบบ ผลการวิเคราะห์ลายเซ็นต้นแบบ พบว่าจุดสนใจของลายเซ็นที่เหมาะสมเกิดขึ้นในรอบที่ 6 ด้วยค่าระยะห่างของลายเซ็น  $\leq \alpha$  และผลการเปรียบเทียบลายเซ็นต้นแบบกับลายเซ็นจริงจำนวน 20 ลายเซ็น และลายเซ็นคู่ทดสอบจำนวน 20 ลายเซ็น รวม 40 ลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที ที่ค่าระยะห่างของลายเซ็น  $\leq \beta$  พบว่ามีค่าร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 82.50 และเปรียบเทียบโดยบุคคลจำนวน 10 คน พบว่ามีค่าร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 77.25

**คำสำคัญ :** เอสไอเอฟที จุดสนใจของภาพ ระยะห่างของภาพ การระบุลายเซ็น

## ABSTRACT

SIFT Algorithm is a popular method for finding features of an object. It uses the principle of repetitive method for finding key points within an object. The number of rounds for analyzing key points for each picture is not equal leading to the doubt as to whether or not the identified key points are 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 distances of signature key points in each round with the assigned value of  $\alpha$  as 0.2, and using the signature from optimized round to designate the key points of stored original signature for comparison with a test signature by the SIFT Algorithm with the assigned value of  $\beta$  as 0.25, by the SIFT Algorithm. In addition, the comparison of signatures was also performed by 10 individual persons. In this research, samples of 200 signatures from 20 persons, each providing 10 signatures, were tested and found that the optimized key points were found in the sixth round with the distance between the stored original signatures and the signatures used for testing, using SIFT Algorithm, being less than or equal to the assigned  $\alpha$  value. The distance from the comparisons of 20 sample signatures, between 20 genuine signatures and their 20 test pairs, using SIFT Algorithm, was less than the assigned  $\beta$  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.

**KEYWORDS :** SIFT, Key points, Image distance, Signature identification

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

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

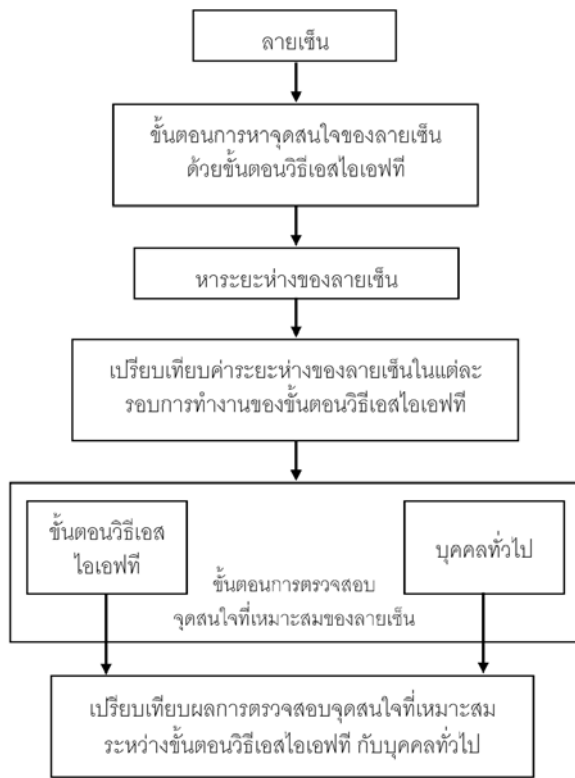
โดยทั่วไปแล้วการรู้จำวัตถุตามหลักของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ มีขั้นตอนวิธีในการหาค่าจุดสนใจของวัตถุด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น Randomized Tree Vincent Lepetit (2005), SIFT (Scale Invariant Feature Transform) ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที David G. Lowe (1999, 2004) โดยวิธีที่เป็นที่นิยม คือ ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที และเมื่อทำการหาความสอดคล้องได้จนครบทุกจุดในภาพแล้วก็อาจพบว่ามีจุดบางจุดที่เป็นจุดที่อาจจะอยู่นอกความสนใจในการพิจารณา ซึ่งมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการประมาณ จึงต้องทำการวิเคราะห์เพื่อคัดจุดที่อยู่นอกความสนใจออก โดยใช้วิธีการทำซ้ำ (Iterative Method)

จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่มีความเป็นไปได้สูงสุดขึ้นกับจำนวนรอบการทำซ้ำนั่นเอง ในโครงการวิจัยนี้จะทำการออกแบบและพัฒนาขั้นตอนในการหาค่าจุดสนใจของลายเซ็นที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที เมื่อนำค่าจุดสนใจของลายเซ็นที่ได้ไปใช้ในการระบุลายเซ็น

## วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการทำงานในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที และขั้นตอนการตรวจสอบจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็น ดังแผนภาพที่ 1 ซึ่งพัฒนาระบบด้วยภาษา MATLAB

1. ขั้นตอนการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที มีลำดับการทำงาน ดังแผนภาพที่ 2
  - 1.1 นำข้อมูลรูปภาพลายเซ็นเข้ามาในระบบโดยเป็นภาพลายเซ็นที่เขียนบนพื้นหลังเป็นสี่เหลี่ยมไม่มีลวดลาย สีปากกาไม่กลมกลืนกับสีพื้น เช่น สีพื้นสีขาว สีปากกาสีน้ำเงิน
  - 1.2 การหาปริมาณค่าในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-space extrema detection)
  - 1.3 การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints localization)



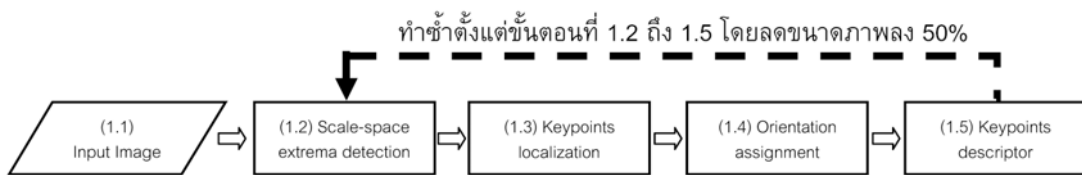
แผนภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำงานหาจุดสนใจและยืนยันจุดสนใจ

1.4 การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ (Orientation assignment)

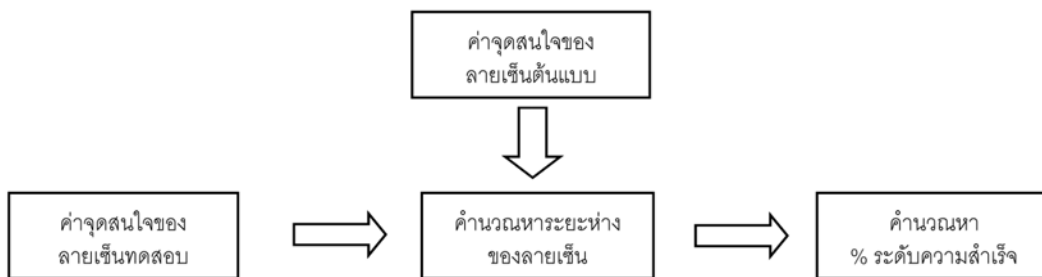
1.5 การสร้างคำอธิบายจุดสนใจ (Keypoints descriptor) แต่ละจุดจะมีการคำนวณหาขนาดและทิศทางของการไล่ระดับของจุดที่อยู่โดยรอบ แล้วหาผลรวมของขนาดและทิศทางของพื้นที่ขนาด  $4 \times 4$  จุดออกมาได้เป็นจุดสนใจจำนวน 8 ค่า ซึ่งโดยปกติจะใช้พื้นที่ขนาด  $16 \times 16$  จุด ในการหาจุดสนใจของจุด 1 จุดซึ่งจะได้จุดสนใจทั้งหมด 128 ค่าต่อ 1 จุด

1.6 การเปรียบเทียบค่าระยะห่างของลายเส้นระหว่างรอบการทำงาน โดยกำหนดด้วยค่า  $\alpha$  ถ้าระยะห่างของลายเส้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดระบบจะหยุดการทำงาน ถ้าไม่ใช่ระบบจะกลับไปทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในรอบลำดับถัดไป โดยลดขนาดของภาพลง 50%

2. ขั้นตอนการตรวจสอบจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเส้น โดยจะมีการเปรียบเทียบ 2 วิธี คือ วิธีแรกเปรียบเทียบจุดสนใจของลายเส้นระหว่างลายเส้นต้นแบบกับลายเส้นจริงและลายเส้นคู่ทดสอบ ด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที ดังแผนภาพที่ 3 โดยใช้การเปรียบเทียบระยะห่างของภาพลายเส้น โดยกำหนดด้วยค่า  $\beta$  ถ้าค่าระยะห่างของลายเส้นน้อยกว่าค่า  $\beta$  แสดงว่าลายเส้นทดสอบเป็นลายเส้นจริง และวิธีที่สอง ใช้การเปรียบเทียบลายเส้นต้นแบบกับลายเส้นจริงและลายเส้นคู่ทดสอบโดยบุคคลทั่วไป



แผนภาพที่ 2 แสดงกระบวนการหาจุดสนใจของลายเส้น



แผนภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเส้นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที

Input: (, )

Repeat

= (, )

= (, +1)

50%

Until ( ≤ )

Output:

แผนภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนวิธีการหาจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็นด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที

Input: (, )

$A_i$  is the  $i^{\text{th}}$  keypoint in Image A

$B_j$  is the  $j^{\text{th}}$  keypoint in Image B

$K_a$  is number of keypoints in A

$K_b$  is number of keypoints in B

$D(A_i, B)$  is Average Euclidean distance from the  $i^{\text{th}}$  keypoint in A to all the keypoint of B

$D(A, B)$  is Image Distance

$$(,) = \frac{1}{K_a} \sum_{i=1}^{K_a} (,)$$

Output: (, )

แผนภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนวิธีการหาระยะห่างของภาพ (Image Distance)

Input: (, )

1. Scale-space extrema detection

$$(,) = \frac{1}{2^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot (,)$$

$$(,) = (,) * (,)$$

2. Keypoint localization

$$(,) = (,) - (,)$$

$$O = + \cdot + \frac{1}{2} \frac{1}{2}$$

3. Orientations assignment

$$(,) = \sqrt{((+ 1,) - (- 1,))^2 + ((, + 1) - (, - 1))^2}$$

$$(,) = -1(((+ 1) - (, - 1))/((+ 1,) - (- 1,)))$$

4. Keypoints descriptor

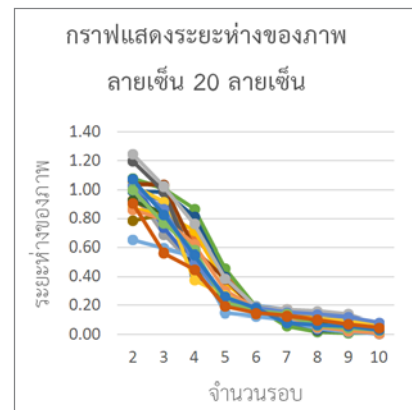
$$= 8 \cdot h * (4 * 4) = 128$$

Output:

แผนภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที



จะมีค่าลดลงจนเข้าสู่ค่า 0 ดังนั้นรอบการทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟพีที่เหมาะสมจะถูกกำหนดโดยการเปรียบเทียบค่าระยะห่างของลายเซ็นระหว่างจุดสนใจของลายเซ็นแต่ละรอบ ซึ่งถ้าค่าระยะห่างของลายเซ็น มีค่าน้อยแสดงว่าจุดสนใจของลายเซ็นที่เปรียบเทียบกันมีค่าใกล้เคียงกัน หมายถึงจุดสนใจของลายเซ็นทั้งสองสามารถเป็นตัวแทนกันได้ จากผลการทดสอบทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟพีสำหรับลายเซ็นแต่ละลายเซ็นแสดงดังแผนภาพที่ 8 ค่าระยะห่างของลายเซ็นในแต่ละรอบในช่วงแรกจะมีค่าลดลงรวดเร็ว จนถึงค่าประมาณ 0.2-0.4 ค่าระยะห่างของลายเซ็นจะลดลงในอัตราที่ช้าลง



แผนภาพที่ 8 แสดงระยะห่างของลายเซ็น 20 ลายเซ็น

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนจุดสนใจของลายเซ็นใน การทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟพีแต่ละรอบ

ลำดับที่	ตัวอย่างลายเซ็น	จำนวนจุดสนใจของลายเซ็น					
		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

ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงได้กำหนดค่าระยะห่างของลายเซ็น ระหว่างจุดสนใจของลายเซ็น ในแต่ละรอบที่มีค่าระยะห่างของ ลายเซ็นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 ( $\alpha \leq 0.2$ ) เป็นจุดสนใจ ของ ลายเซ็นที่เหมาะสม สำหรับเป็นตัวแทนของลายเซ็น

ผลการทดสอบพบว่าค่าระยะห่างของลายเซ็นจะมีค่า ลดลงและจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด ( $\alpha \leq 0.2$ ) ในรอบที่ 5 ถึง 6 ดังนั้นในขั้นตอนการตรวจสอบจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็น จะใช้จุดสนใจของลายเซ็นในรอบที่ 6 เป็นตัวทดสอบ

2. การตรวจสอบจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็น ต้นแบบ วิธีแรกจะใช้จุดสนใจของลายเซ็นต้นแบบ จากขั้นตอน วิธีเอสไอเอฟทีในรอบที่ 6 เปรียบเทียบกับจุดสนใจของลายเซ็นจริง จำนวน 20 ลายเซ็น และลายเซ็นคู่ทดสอบจำนวน 20 ลายเซ็น โดยวัดค่าระยะห่างของลายเซ็นถ้ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 ( $\beta \leq \alpha + 0.05$  เป็นเกณฑ์สมมติเพื่อใช้ในการทดสอบโดยเพิ่ม ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 25% ของค่า  $\alpha$ ) แสดงว่า จุดสนใจของลายเซ็นที่เปรียบเทียบเป็นจุดสนใจที่เหมาะสมของ ลายเซ็นต้นแบบ พบว่าการเปรียบเทียบที่สร้างขึ้นสามารถยืนยัน จุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็นได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละความสำเร็จ เท่ากับ 82.50 โดยมีลายเซ็นที่ผิดพลาด 7 ลายเซ็นจากจำนวน ทดสอบทั้งหมด 40 ลายเซ็น (33/40)

วิธีที่สอง การเปรียบเทียบลายเซ็นต้นแบบกับลายเซ็นจริง และลายเซ็นคู่ทดสอบจำนวนรวม 40 ลายเซ็นโดยบุคคลทั่วไป จำนวน 10 คน พบว่าการเปรียบเทียบสามารถยืนยันลายเซ็น ทดสอบได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 77.25 โดยมี ลายเซ็นที่ผิดพลาด 91 ลายเซ็นจากจำนวนทดสอบทั้งหมด 400 ลายเซ็น (309/400) ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดการตรวจสอบ ลายเซ็นทดสอบได้ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงผลการเปรียบเทียบลายเซ็นต้นแบบกับ ลายเซ็นทดสอบ

การทดสอบ	ผลการเปรียบเทียบ		ร้อยละ ความสำเร็จ
	ถูกต้อง	ผิดพลาด	
โดยขั้นตอน วิธีเอสไอเอฟที	33	7	82.50
โดยบุคคลทั่วไป	309	91	77.25

## ผลการวิจัย

การหาจุดสนใจที่เหมาะสมของลายเซ็นด้วยขั้นตอน วิธีเอสไอเอฟที จะใช้จุดสนใจของลายเซ็นที่ได้จากขั้นตอนวิธี เอสไอเอฟทีรอบที่ 6 แผนภาพที่ 8 ซึ่งมีค่าระยะห่างของลายเซ็น น้อยกว่าค่า  $\alpha$  ซึ่งเป็นค่าสมมติเพื่อใช้ในการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัย สามารถกำหนดค่า  $\alpha$  ได้ตามความเหมาะสมของลายเซ็น ทดสอบ การตรวจสอบจุดสนใจที่เหมาะสมของภาพลายเซ็น ด้วยวิธีการเปรียบเทียบจุดสนใจของลายเซ็นต้นแบบ กับจุดสนใจ ของลายเซ็นทดสอบ โดยพิจารณาที่ค่าระยะห่างของลายเซ็น น้อยกว่าค่า  $\beta$  โดยในการทดสอบมีผลร้อยละความสำเร็จของ การทดสอบโดยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที มีค่าร้อยละ 82.50 และโดยบุคคลทั่วไป มีค่าร้อยละ 77.25 ซึ่งผลที่ได้จากขั้นตอน วิธีเอสไอเอฟทีมีค่าร้อยละความสำเร็จสูงกว่าการเปรียบเทียบโดย บุคคลทั่วไป

จากผลการวิจัยทำให้ได้กระบวนการในการใช้งาน ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในการกำหนดจำนวนรอบในการทำงาน เพื่อให้ได้จุดสนใจที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้ในการประยุกต์กับงาน ทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ต่างๆ ต่อไป

## ข้อเสนอแนะ

การหาค่าจุดสนใจของวัตถุด้วยขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟที จะมีหลักการทำงานซ้ำโดยลดขนาดของภาพลงด้วยอัตราร้อยละ 50 ทุกครั้งก่อนทำขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีในรอบถัดไป ดังนั้น ในการทำงานของขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีเพื่อให้ได้จุดสนใจของ วัตถุรวดเร็วและเหมาะสม สามารถปรับอัตราการลดขนาดของ ภาพ โดยถ้าปรับให้อัตราการลดขนาดของภาพมากกว่าร้อยละ 50 ก็จะทำให้ได้จุดสนใจของวัตถุรวดเร็วขึ้น แต่อาจจะสูญเสีย จุดสนใจบางส่วนไปจากการลดขนาดภาพ ในทางกลับกัน ถ้าปรับ อัตราการลดขนาดของภาพน้อยกว่าร้อยละ 50 ก็จะทำให้ได้ จุดสนใจของวัตถุช้า แต่ได้การพิจารณาจุดสนใจของภาพ ที่ละเอียดขึ้น ดังนั้นการปรับค่าอัตราการลดขนาดของภาพสำหรับ ขั้นตอนวิธีเอสไอเอฟทีที่สามารถปรับค่าอัตราการลดขนาดภาพ เพื่อความเหมาะสมตามคุณลักษณะของภาพต่างๆ ที่นำมา ทดสอบ



## เอกสารอ้างอิง

ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์. 2557. "การยืนยันลายเซ็นด้วยวิธีชัฟฟอร์ตเวคเตอร์แมชชีน." **รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6**, หน้า 143-147.

ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์, 2557. "การหาลักษณะเด่นที่เหมาะสมของอัลกอริทึม SIFT สำหรับการวิเคราะห์ภาพลายเซ็น." **รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 9**, หน้า 721-728.

B. A. Jesus. A. Migual. and M. Traveiso. 2005. "Off-line Geometric Parameters for Automatic Signature Verification Using Fixed Point Arithmetic." **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence**, 27(6), 341-356.

David G. Lowe. 1999. "Object recognition from local Scale-Invariant Features." In: **The Proceedings of International Conference on Computer Vision**, pp. 1150-1157.

David G. Lowe. 2004. "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints." **International Journal of Computer Vision**, 60 (2), 91-110.

Emre Özgunduz, Tulin Senturk and M. Elif Karşigil. 2005. "Off-line Signature Verification and Recognition by Support Vector Machine." **The Proceedings of Signal Processing Conference, 13th European**, pp. 1-4.

Vincent Lepetit, Pascal Fua and Pascal Fua. 2005. "Randomized Trees for Real-Time Keypoint Precognition." **IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 2, pp. 775-781.



### >> ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล

สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมซอฟต์แวร์) มหาวิทยาลัยศรีปทุม และ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า (เกียรตินิยมอันดับ 1)) มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



### >> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

สำเร็จการศึกษา D.Eng. (Computer Science) จาก Asian Institute of Technology M.S. (Computer Science) จาก Naval Postgraduate School ประเทศสหรัฐอเมริกา วศ.ม. (อุตสาหกรรม) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ B.S.E. (Structures, Materials Fluids) จาก University of South Florida ประเทศสหรัฐอเมริกา  
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม