

การตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้
ด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

อรุณา ธนาเกริกพล

TNII

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2566

DETECTION AND TRACKING SHAPE-SHIFTING GOLD NECKLACES
USING COMPUTER VISION TECHNIQUES

Araya Thanakirkphon

TNII

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate Studies

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำที่เปลี่ยนแปลง
รูปร่างได้ด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

โดย

อรุณา ธนาเกริกพล

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสาธ

บัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น ส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทีฆพันธ์ เจริญพงษ์)

.....กรรมการ

(ดร.สรมย์พร เจริญพิทย์)

.....กรรมการ

(ดร.ประมุข บุญเสียง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสาธ)

อรุณา ธนาเกริกพล : การตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น.
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.สะพรั่งสิทธิ์ มฤตสาธร, 88 หน้า.

เนื่องจากปัจจุบันวิธีการโจรกรรมร้านขายทองมีการเปลี่ยนแปลงวิธี โดยใช้การเบี่ยงเบนความสนใจของพนักงานขาย ทำให้เกิดความสับสน และทำการขโมยสร้อยคอทองคำด้วยการปิดบังหรือซ่อนเร้น โดยที่พนักงานไม่ทราบถึงการสูญหายของสร้อยคอทองคำ วิธีเบี่ยงเบนความสนใจนี้ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสร้อยคอทองคำ สร้อยคอทองคำมีขนาดเล็ก พื้นผิวมันวาว เกิดการสะท้อนแสงได้ง่าย เป็นคุณสมบัติของทองคำ และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ทำให้การขโมยประสบความสำเร็จ งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาและวิเคราะห์การตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำที่เปลี่ยนรูปร่างได้โดยใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น จากคุณสมบัติที่กล่าวมาจึงเป็นไปได้ยากที่จะตรวจจับสร้อยคอทองคำโดยตรง เราขอเสนอการตรวจจับสร้อยคอทองคำที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ ด้วยการเพิ่มฟังก์ชันการทำงานพื้นหลังที่ปรับเปลี่ยนได้ (Adaptive Background Subtraction : ABS) เพื่อแยกวัตถุ เช่น สร้อยคอทองคำ ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ที่ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยแบบจำลองส่วนผสมเกาส์เซียน (Gaussian Mixture Model : GMM) ความท้าทายคือ สร้อยคอทองคำมีขนาดเล็ก สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ และมีพื้นผิวมันวาวของคุณสมบัติทองคำ ทำให้เกิดการสะท้อนแสง มีผลให้สีของสร้อยคอทองคำเปลี่ยนเป็นสีอื่นที่ไม่ใช่สีทอง เราทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึม GMM กับอัลกอริทึม GMM ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพ ด้วยการเพิ่มการทำงานของ พื้นหลังที่ปรับเปลี่ยนได้ (ABS) ผลการทดลองใช้วิธีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพพบว่าสามารถติดตามเฟรมได้อย่างถูกต้องถึง 86.07%

บัณฑิตศึกษา

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ARAYA THANAKRIRKPHON : DETECTION AND TRACKING SHAPE-SHIFTING GOLD NECKLACES USING COMPUTER VISION TECHNIQUES. ADVISOR : DR. SAPRANGSIT MRUETUSATORN, 88 PP.

Due to the evolving methods of theft in jewelry stores, which involve diverting the attention of sales staff, causing confusion, and stealing gold necklaces through concealment or distraction, often without the staff's knowledge of the disappearance of the gold necklaces, researchers have become interested in detecting the movement of these gold necklaces. Gold necklaces are small, have a shiny surface, easily reflect light, are malleable, and can change shape, making theft successful. Given these characteristics, directly detecting gold necklaces is challenging. We propose a method for detecting Shape-Shifting gold necklaces by incorporating adaptive background subtraction to separate objects such as gold necklaces, along with image processing techniques that improve tracking efficiency using Gaussian Mixture Model (GMM) mixture model. The challenge lies in the small size, Shape-Shifting ability and oily surface properties of gold necklaces, causing light reflection and changing the color of the gold necklaces to a non-gold color. We compare the performance of the GMM algorithm with the performance of the GMM algorithm enhanced by adaptive background subtraction. Experimental results show that the tracking accuracy improved to 86.07% after performance enhancement.

Graduate Studies

Student's Signature.....

Field of Study Information Technology

Advisor's Signature.....

Academic Year 2023

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของ ดร.สพรั่งสีหธิ์ มฤตสาธร ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ ให้คำปรึกษา ในการศึกษา ค้นคว้า วิจัย ให้การสนับสนุน รวมถึงตรวจสอบข้อบกพร่องทุกขั้นตอน และให้กำลังใจ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นคณะกรรมการสอบ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ทิมพันธุ์ เจริญพงษ์ ดร.สรมย์พร เจริญพิทย์ และ ดร.ประมุข บุญเสียง ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จและมีความสมบูรณ์

เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างที่สุดเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ดร.วัลลภ สุวรรณดี ผู้ให้โอกาสในการศึกษา อาจารย์เฉลิมชัย ภูมิพัฒน์ และ พ.ต.ท. ธนพล บุณนาค ที่คอยให้คำแนะนำและสนับสนุนช่วยเหลือเสมอมา

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำไปต่อยอด องค์ความรู้เพื่อประยุกต์ใช้งานให้เกิดคุณค่าและสามารถใช้งานได้จริง

อรุณา ธนาเกริกพล

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ประเด็นปัญหาของการวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎี และองค์ความรู้.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
3 วิธีการดำเนินงาน	18
3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย	19
3.2 ศึกษาสภาพแวดล้อมของร้านขายทองคำ	19
3.3 ออกแบบและดำเนินการทดลอง.....	20
3.4 วิธีการประเมินผลลัพธ์	31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	32
4.1 ผลการทดลอง	32
4.2 ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพการติดตาม	45
5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการวิจัย	46
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย	47
5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก. โค้ดโปรแกรมแมตแล็บ 2020a (MATLAB 2020a)	54
ภาคผนวก ข. เอกสารการนำเสนอภาพนิ่งสอบป้องกันวิทยานิพนธ์	59
ภาคผนวก ค. เอกสารการเผยแพร่ผลงานวิจัย ICBIR2024	80
ประวัติย่อผู้วิจัย	88

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ผลการทดลองภายใต้แสงไฟจำนวนมาก	35
4.2 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร.....	41
4.3 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร โดยใช้สรั้อยคทองคำ 2 เส้น	44
5.1 เปอร์เซนต์ของเฟรมที่ติดตามได้สำเร็จโดยการใช้อัลกอริทึม GMM+ABS	47



สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1	สร้อยคอทองคำที่ใช้ในการทดลอง..... 3
2.1	Single Object Tracking (SOT) 5
2.2	Multiple Object Tracking (MOT)..... 5
2.3	Image classification..... 6
2.4	GMM Soft Cluster 7
2.5	Expectation-Maximization 8
2.6	หลักการในการลบพื้นหลัง..... 9
2.7	วัตถุที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (non-rigid)..... 12
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน 19
3.2	การถ่ายวิดีโอแบบ Stop motion..... 21
3.3	Flowchart อธิบายขั้นตอนภาพรวมการทำงาน 22
3.4	แสดงขั้นตอนการคำนวณพื้นหลังแบบปรับเปลี่ยนได้..... 23
3.5	Flowchart อธิบายขั้นตอนในการตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำ 25
3.6	กำหนดพื้นที่และค่าตั้งต้นของระบบ 26
3.7	ตัวอย่างโปรแกรมในส่วนการคำนวณ Adaptive Background Subtraction..... 27
3.8	แสดงกราฟค่าเฉลี่ยของ Adaptive background Subtraction..... 28
3.9	ค่าที่ได้จากการประมวลผล Adaptive background Subtraction 29
3.10	การคำนวณแบบจำลองส่วนผสมแบบเกาส์เซียน (GMM) โดยใช้ Global Threshold..... 29
3.11	ตัวอย่างการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM..... 30
3.12	ตัวอย่างการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM ร่วมกับ ABS 30
4.1	ผลการทดลอง ABS LED ขนาด 80 วัตต์ 2 หลอด 33
4.2	ผลการทดลองตารางที่1 LED ขนาด 80 วัตต์ 2 หลอด..... 33
4.3	ผลการทดลอง ABS LED ขนาด 150 วัตต์ 2 หลอด 34
4.4	ผลการทดลองตารางที่ 1 LED ขนาด 150 วัตต์ 2 หลอด 34
4.5	ผลการทดลอง ABS ลายคอตกิต รูปแบบทับซ้อน..... 49
4.6	ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายคอตกิต รูปแบบทับซ้อน..... 49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.7 ผลการทดลอง ABS ลายคอตกิต รูปแบบม้วน	50
4.8 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายคอตกิต รูปแบบม้วน	50
4.9 ผลการทดลอง ABS ลายตะไบเกลียว รูปแบบสามเหลี่ยม.....	51
4.10 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายตะไบเกลียว รูปแบบสามเหลี่ยม.....	51
4.11 ผลการทดลอง ABS ลายตะไบขั้นตื้น รูปแบบสามเหลี่ยม	52
4.12 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายตะไบขั้นตื้น รูปแบบสามเหลี่ยม	52
4.13 ผลการทดลอง ABS ลายผ่าหวาย แบบวงกลม.....	53
4.14 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายผ่าหวาย รูปแบบวงกลม.....	53
4.15 ผลการทดลอง ABS ลายผ่าหวาย และลายคอตกิต.....	55
4.16 ผลการทดลองตารางที่ 3 ลายผ่าหวาย และลายคอตกิต.....	56
4.17 ผลการทดลอง ABS ลายคอตกิต และลายตะไบเกลียว.....	57
4.18 ผลการทดลองตารางที่ 3 ลายคอตกิต และลายตะไบเกลียว	57

TNI

TAI

NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ในสภาวะปัจจุบันที่เศรษฐกิจอยู่ในระหว่างการฟื้นฟูจากการเกิดโรคระบาด ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจ และการประกอบอาชีพ ทำให้มีการก่อเหตุอาชญากรรมบ่อยครั้ง ร้านทองเป็นหนึ่งในเป้าหมายที่ควรเฝ้าระวัง เพราะขายสินค้าราคาแพง และสามารถขายได้ง่าย ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้ที่พยายามก่อเหตุอาชญากรรมในลักษณะต่าง ๆ มากขึ้น วิธีเบี่ยงเบนความสนใจ ทำให้ผู้ขายเกิดความสับสน และพลอยเปิดทำการปิด และซ่อนสร้อยคอทองคำ วิธีนี้สามารถทำได้ทั้งผู้หญิง และผู้ชาย หรือสามารถทำงานกันเป็นทีม โดยไม่ต้องใช้ความรุนแรง แต่จับได้ยากหากผู้ขายไม่ระวังตัว เป็นวิธีที่ผู้วิจัยเลือกให้ความสนใจ เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับ และติดตามสร้อยคอทองคำ เนื่องจากสร้อยคอทองคำเป็นวัตถุที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ มีลักษณะบาง ขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเพียงพอที่จะแกว่งด้วยความเร็วให้ไปในทิศทางที่ต้องการได้ จึงเป็นผลพลอยได้ ทำให้ผู้ก่อเหตุสามารถซ่อนสร้อยคอทองคำได้อย่างรวดเร็ว

คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision)[1]-[3] เป็นวิธีหนึ่งสำหรับคอมพิวเตอร์ในการทำ ความเข้าใจภาพดิจิทัลและข้อมูลภาพจากโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการแยกภาพเพื่อ วิเคราะห์และประมวลผลปัญหาการติดตามวัตถุซึ่ง สามารถติดตามและแยกแยะใบหน้า และท่าทาง ของมนุษย์ ผ่านกล้องวงจรปิดได้ เทคนิคการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางใน การวิจัย ช่วยให้เราค้นพบวิธีการใหม่ๆ ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นเรื่อย ๆ การคิดค้นและพัฒนางาน จึงมุ่งเน้นไปถึงงานในอนาคตด้วย[4] งานคอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดที่ต้องทำ ได้แก่ การสร้างฉากใหม่[5] การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของวิดีโอ[6] การจำแนกภาพ[7] การตรวจจับวัตถุ การแบ่งส่วนภาพ[8] การจดจำใบหน้าและบุคคล การตรวจจับขอบ การฟื้นฟูภาพ การจับคู่คุณสมบัติ ฯลฯ วิธีที่มนุษย์มองเห็นการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ ที่มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยจากการมองเห็น แต่ส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างความแตกต่างนั้นได้ ดังนั้นเราจึงใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อจำลอง การมองเห็นของมนุษย์ผ่านอัลกอริทึมและการแทนค่าทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องระบุวัตถุในภาพ และทำความเข้าใจการมีอยู่ และพฤติกรรมของวัตถุที่มนุษย์มองเห็นการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ ที่มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย แยกออกจากการมองเห็น แต่ส่วนใหญ่ไม่สามารถแยกความแตกต่าง นั้นได้ เราจึงใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์จำลองการมองเห็นของมนุษย์ผ่านอัลกอริทึมและการแทนค่า ทางคณิตศาสตร์ เช่น อัลกอริทึมแบบจำลองส่วนผสมแบบเกาส์เซียน[9]-[11] จึงต้องมีการระบุวัตถุใน ภาพ และความเข้าใจถึงการมีอยู่และพฤติกรรมของวัตถุนั้น

งานวิจัยนี้ เรานำเสนอการตรวจจับและติดตามการเคลื่อนที่ของสร้อยคอทองคำที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ไม่จำกัด ด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ โดยใช้สร้อยคอทองคำที่มีขนาดเล็ก และด้วยทองคำ ความท้าทายเกิดจากคุณสมบัติของทองคำที่มีผิวมันวาว ลักษณะของสร้อยคอทองคำเกิดจากการขึ้นรูปของทองคำเป็นข้อขนาดเล็กที่มีลวดลาย (Rigid) จำนวนมากนำมาประกอบกันเป็นสร้อยคอทองคำที่มีลักษณะยาวต่อกันเป็นวง สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ (Non-Rigid)[12]-[13] วิธีการติดตามการติดตามวัตถุ[14] เมื่อสร้อยคอทองคำมีการเคลื่อนที่ ข้อต่อขนาดเล็กที่ต่อเนื่องต่อกัน จะเกิดการบิดตัว ทำให้เสียรูปร่าง แสงที่ตกกระทบกับสร้อยคอทองคำที่ตัวข้อต่อ และส่วนเว้าระหว่างข้อต่อในแต่ละส่วนทำให้สีของสร้อยคอทองคำเปลี่ยนไป ตามการบิดตัวในแต่ละครั้ง เป็นผลให้สร้อยคอทองคำมีแนวโน้มสะท้อนสีที่ไม่เหมือนจริง และไม่สามารถคาดเดาสีที่เกิดจากการสะท้อนแสงได้ ในกรณีของสร้อยคอทองคำต่างจากวัตถุอื่นตรงที่ดวงตาของมนุษย์สามารถมองเห็นสร้อยคอทองคำได้ แม้ว่าสร้อยคอทองคำจะเกิดสะท้อนแสงมันวาวหลายทิศทาง แต่ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ งานวิจัยนี้จึงมีความท้าทายอย่างมากทั้งตัววัตถุ และสิ่งแวดล้อม สิ่งที่ต้องเข้าใจคือความเป็นสร้อยคอทองคำ เพราะเราจะใช้เทคนิคด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพียงอย่างเดียวในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ๆ ดังนั้นจึงกำหนดขอบเขตของการทดลอง โดยอนุมานว่าวัตถุที่เห็นเป็นสร้อยคอทองคำ และการเคลื่อนที่ของสร้อยคอทองคำที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยถือว่าเป็นวัตถุขึ้นเดียวกันถึงแม้จะมีรูปร่างต่างกัน ไม่รวมถึงการปิดบังสร้อยคอทองคำ และการพิสูจน์ว่าเป็นทองคำ การทดลองนี้ถูกควบคุมสภาพแวดล้อมในกล่องทดลองด้วยแสงธรรมชาติ ไม่ติดตั้งไฟจำนวนมากเหมือนร้านขายทอง เพื่อลดการสะท้อนแสงจากไฟที่ติดตั้งจำนวนมากจากคุณสมบัติของทองคำ การทดลองใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ด้วยแบบจำลองผสมแบบเกาส์เซียน (GMM) ร่วมกับ Adaptive Background[15]-[17] ด้วยการแยกเฟรม[18]-[20] เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของความเปลี่ยนแปลง Background เพียงเล็กน้อย นำมาแยกพื้นหลังออกจากสร้อยคอทองคำ

1.2 ประเด็นและปัญหาของการวิจัย

- 1.2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสร้อยคอทองคำอย่างอิสระ
- 1.2.2 สร้อยคอทองคำมีขนาดเล็ก ทำให้การเคลื่อนไหวในอัตราปกติสามารถส่งผลให้ข้อมูลในบางเฟรมของวิดีโอหายไป
- 1.2.3 สร้อยคอทองคำมีคุณสมบัติ ผิวมันวาว และสะท้อนแสง ทำให้ยากต่อการตรวจจับ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับและติดตาม วัตถุแบบรูปทรงไม่คงตัว เช่น สร้อยคอทองคำ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 วัตถุที่เป็นเป้าหมายคือ สร้อยคอทองคำ
- 1.4.2 สร้อยคอทองคำวางอยู่ในสภาพที่ปูด้วยผ้ากำมะหยี่สีแดง
- 1.4.3 ถ่ายวิดีโอด้วยวิธี Stop Motion
- 1.4.4 ใช้เครื่องมือในการประมวลผลคือ MATLAB 2020a

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถติดตามสร้อยคอทองคำ ที่เป็นวัตถุประเภท non-rigid ได้
- 1.5.2 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ กับวัตถุอื่นที่มีลักษณะพื้นผิวมันวาวได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ทองรูปพรรณ 90% ด้วยความที่เนื้อทองเยอะก็จะยิ่งนิ่ม เลยเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ขึ้นรูปตัวเรือนบางๆหรือเล็กๆได้ยาก จึงคิดค้นผสมสูตรใหม่เป็นทอง 90% ที่มีส่วนผสมของเงินและทองแดงเข้าไป จึงทำให้เครื่องประดับแข็งแรงขึ้นและมีความบางเล็กลงได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและความคงทนของชิ้นงานที่ต้องการ จึงมีตั้งแต่ทอง 33.30% – 91.70% หรือ ทอง 8K, 9K, 10K, 14K และ 18K

สร้อยทอง หรือ สร้อยคอทองคำ ตามรูปที่ 1.1 เป็นเครื่องประดับที่คนไทยนิยมมากที่สุด ซึ่งมีความแข็งแรงคงทน ใส่ได้ทุกเพศทุกวัย ผลิตจากช่างจริงๆที่มีฝีมืออันวิจิตรเชี่ยวชาญ สร้อยคอยังใส่ได้กับ จี๊ พระเครื่อง ก็ได้ ส่วนใหญ่ จะมีขนาดตั้งแต่ สร้อยคอ 1 สลึง, 2 สลึง และ 1 – 10 บาท เป็นต้น ตัวอย่างตามรูปที่ 1.1

สร้อยข้อมือ และ กำไล สร้อยข้อมือก็เป็นเครื่องประดับ ทองรูปพรรณอีกแบบหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมไม่แพ้สร้อยคอ สวยสะดุดตาเมื่อเราสวมใส่ สร้อยข้อมือจะมีขนาดน้ำหนัก ตั้งแต่ 1 สลึง, 2 สลึง และ 1 – 5 บาท ส่วนกำไลจะมีขนาด 2 สลึง ไปจนถึง 1 – 2 บาท เป็นต้น



รูปที่ 1.1 สร้อยคอทองคำที่ใช้ในการทดลอง

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร บทความวิชาการและงานวิจัยจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎี และองค์ความรู้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี และองค์ความรู้

2.1.1 คอมพิวเตอร์วิทัศน์

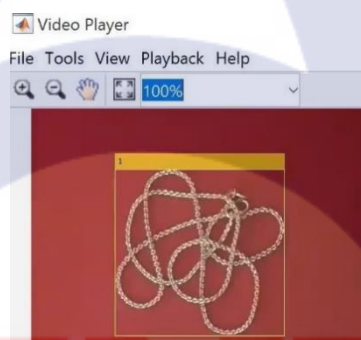
คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) คือ สาขาของวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถ "เห็น" และ "เข้าใจ" ภาพและวิดีโอได้โดยอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีต่างๆ เช่น การประมวลผลภาพดิจิทัล, การวิเคราะห์ภาพ, การเรียนรู้ของเครื่อง, และระบบสื่อสารเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานกับภาพและวิดีโอได้เหมือนหรือใกล้เคียงกับมนุษย์ มีการประยุกต์ใช้ในหลากหลายงาน เช่น ระบบตรวจจับวัตถุในภาพ, ระบบติดตามการเคลื่อนไหว, การจำแนกแยกวัตถุ, การระบุใบหน้า, การตรวจจับและวิเคราะห์พฤติกรรมมนุษย์, การแปลภาษาตรงรูป, การรู้จำและการวิเคราะห์ภาพการแพทย์, และอื่นๆ อีกมากมายในทุกสาขาของงานวิจัยและอุตสาหกรรม เป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาทางด้านปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยี AI โดยมีการนำไปใช้ในหลากหลายแวดวง เช่น การเฝ้าติดตามวัตถุในหุ่นยนต์, การใช้งานและควบคุมโดรน, การพัฒนารถยนต์ไร้คนขับ, การทำให้ห้องอัจฉริยะ (smart room) และการพัฒนาระบบการวินิจฉัยโรคที่ใช้ภาพเพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคและการรักษาผู้ป่วย เป็นต้น

นอกจากนี้การประมวลผลภาพและวิดีโอ (Image and Video Processing) การใช้เทคนิคและอัลกอริทึมต่างๆ เพื่อประมวลผลภาพและวิดีโอ เช่น การแปลงภาพ, การตรวจจับวัตถุ, การติดตามการเคลื่อนไหว, การลบสัญญาณรบกวน, การวิเคราะห์โครงสร้าง, และอื่นๆ

การการระบุวัตถุ (Object Detection) การตรวจจับและระบุวัตถุในภาพ หรือวิดีโอ โดยใช้วิธีการต่าง เช่น Haar Cascade, Convolutional Neural Networks (CNN), Histogram of Oriented Gradients (HOG) และอื่นๆ

การติดตามการเคลื่อนไหว (Motion Tracking) การติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุในภาพหรือวิดีโอ โดยสามารถใช้ในการติดตามวัตถุในสมาร์ทโฟน หรือการเคลื่อนไหวของวัตถุในวิดีโอคลิป การติดตามแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทการติดตามวัตถุเดี่ยว (SOT) การติดตามวัตถุ

เดี่ยว (Single Object Tracking) เป็นการระบุวัตถุเป้าหมายเพียงวัตถุเดียว เพื่อตรวจจับและติดตามวัตถุนั้นในวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหว โดยไม่มีการระบุ หรือติดตามวัตถุอื่น ๆ ในภาพพร้อมกันวิธีการที่ใช้ใน SOT สามารถแบ่งออกเป็นส่วยย่อยได้หลายแบบ รวมถึงการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อย่างคอมพิวเตอร์, กล้อง, หรือเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการติดตามวัตถุได้มากขึ้น ตัวอย่าง แสดงการติดตามในรูปที่ 2.1 ประเภทการติดตามวัตถุหลายรายการ (MOT) การติดตามวัตถุหลายรายการ (Multiple Object Tracking) เป็นการระบุ และติดตามวัตถุมากกว่าหนึ่งรายการในวิดีโอหรือภาพเคลื่อนไหวในการติดตามจะมีการระบุและติดตามหลายวัตถุในเวลาเดียวกัน โดยใช้เทคนิคการตรวจจับวัตถุเพื่อระบุและติดตามวัตถุหลายรายการในเฟรม ว่าเป็นวัตถุรายเดียวกันหรือไม่ การใช้เทคนิคการติดตามวัตถุหลายรายการมีความซับซ้อนกว่า SOT เนื่องจากต้องจัดการกับการระบุและติดตามของวัตถุหลายรายการในเวลาเดียวกัน มีการพัฒนาเทคโนโลยีใน การติดตามวัตถุหลายรายการ เช่น การตรวจสอบความปลอดภัย การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในโรงงาน หรือในการพัฒนาเทคโนโลยีการขับเคลื่อนอัตโนมัติ อื่นๆ อีกหลายโดเมนอื่น ๆ ที่ต้องการการตรวจจับและการติดตามวัตถุหลายรายการในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ตัวอย่าง แสดงการติดตาม ในรูปที่ 2.2

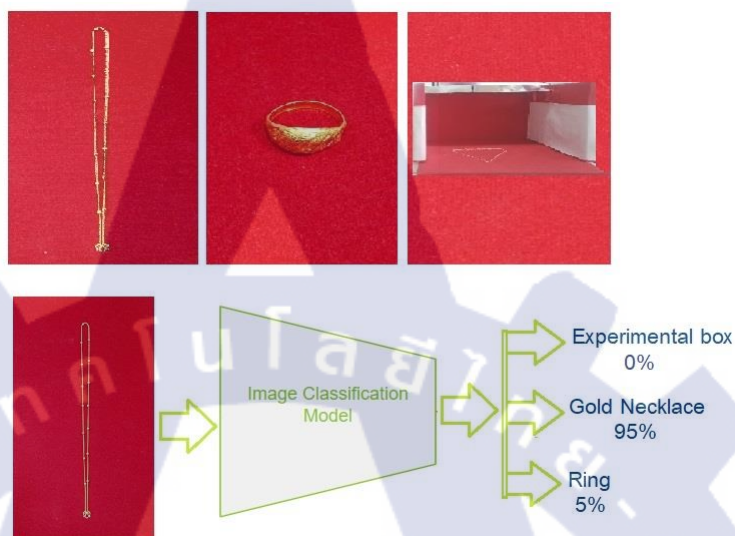


รูปที่ 2.1 Single Object Tracking (SOT)



รูปที่ 2.2 Multiple Object Tracking (MOT)

การทำความเข้าใจภาพ (Image Understanding) การให้คอมพิวเตอร์เข้าใจสิ่งที่ปรากฏในภาพอย่างลึกซึ้ง เช่น การจำแนกวัตถุในภาพ, การระบุสถานที่, การทำนายการกระทำ, และอื่นๆ แสดงตัวอย่าง การจำแนกวัตถุในรูปที่ 2.3



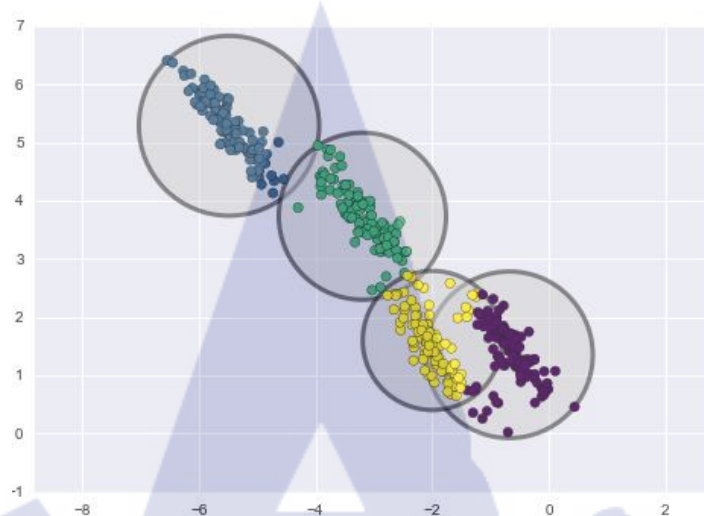
รูปที่ 2.3 Image classification

การปรับแต่งภาพ (Image Enhancement) การปรับปรุงภาพเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้น เช่น การปรับสี, การลบสัญญาณรบกวน, การปรับแต่งความคมชัด, และอื่นๆ

การประมวลผลที่คำนวณเร็ว (Real-time Processing) การพัฒนาและการประยุกต์ใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงและเร็วในการประมวลผลภาพและวิดีโอในเวลาจริง เช่น การใช้งานบนรถยนต์ไร้คนขับหรือระบบการตรวจจับการทำงานในเส้นทางศูนย์รักษาชีพนอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยีเสริมเพื่อช่วยในการประมวลผลภาพและวิดีโอเช่น Deep Learning, Neural Networks, และ Machine Learning ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการประมวลผลข้อมูลภาพให้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในงานที่ซับซ้อนและที่ต้องการการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง

2.1.2 แบบจำลองส่วนผสมแบบเกาส์ (Gaussian mixture model)

GMM หรือ Gaussian Mixture Model เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้ในการจำลองข้อมูลที่ซับซ้อน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยๆ แต่ละกลุ่มจะมีการแจกแจงแบบเกาส์ของตัวเอง GMM มีประโยชน์ในหลายงาน เช่น การจัดกลุ่มข้อมูล การวิเคราะห์ภาพ และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ ตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 GMM Soft Cluster

หลักการทำงานของ GMM คือ การแบ่งกลุ่ม GMM เริ่มต้นด้วยการสุ่มแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ แต่ละกลุ่มจะมีขนาดและรูปร่างของการแจกแจงแบบเกาส์ที่แตกต่างกัน การประมาณพารามิเตอร์ จากนั้น GMM จะประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเกาส์สำหรับแต่ละกลุ่ม พารามิเตอร์เหล่านี้รวมถึงค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และน้ำหนักของแต่ละกลุ่ม ตามสมการที่ 2.1 - 2.2 และ รูปที่ 2.5

GMM Probability

$$p(x) = \sum_{i=1}^K \phi_i \mathcal{N}(x|\mu_i, \sigma_i)$$

$p(x)$: over all probability

$\sum_{i=1}^K$: sum over all Gaussians

ϕ_i : the weight of the i th Gaussian

$\mathcal{N}(x|\mu_i, \sigma_i)$: probability of the i th Gaussian

$$\sum_{i=1}^K \phi_i = 1 : \text{the weights must sum to 1}$$

(2.1)

Expectation (E) Step

$$\hat{\gamma}_{ik} = \frac{\hat{\phi}_k \mathcal{N}(x_i | \hat{\mu}_k, \hat{\sigma}_k)}{\sum_{j=1}^K \hat{\phi}_j \mathcal{N}(x_i | \hat{\mu}_j, \hat{\sigma}_j)}$$

$\hat{\gamma}_{ik}$: probability sample i th belongs to gaussian k th

$\hat{\phi}_k$: the weight of the K th gaussian

$\mathcal{N}(x_i | \hat{\mu}_k, \hat{\sigma}_k)$: probability that the i th sample was generated by the k th gaussian

$\sum_{j=1}^K \hat{\phi}_j \mathcal{N}(x_i | \hat{\mu}_j, \hat{\sigma}_j)$: weighted sum over the probability that the sample i th was generated by each i th gaussian (2.2)

Maximization (M) Step

$$\hat{\phi}_k = \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\gamma}_{ik}}{N}$$

: The new k th weight becomes the average of probabilities that a point belongs to that gaussian

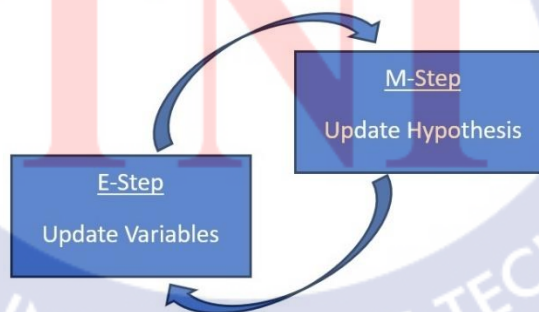
$$\hat{\mu}_k = \frac{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_{ik} x_i}{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_{ik}}$$

: The new k th mean becomes the weighted average of all points

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_{ik} (x_i - \hat{\mu}_k)^2}{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_{ik}}$$

: The new k th variance becomes the weighted variance of all point (2.3)

Expectation-Maximization



รูปที่ 2.5 Expectation-Maximization

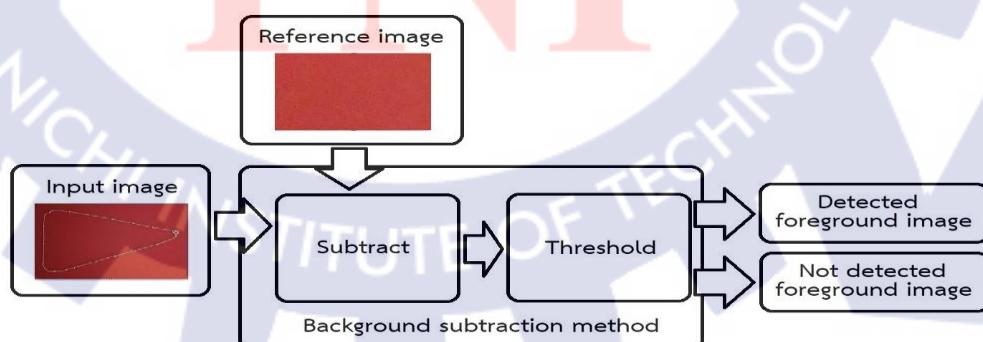
การข้อดีของ GMM คือ มีความยืดหยุ่น GMM สามารถรองรับข้อมูลที่มีรูปร่างการ แจกแจงที่หลากหลายประสิทธิภาพ GMM มีประสิทธิภาพในการคำนวณและสามารถรองรับข้อมูล จำนวนมาก การตีความ GMM สามารถตีความได้ง่าย พารามิเตอร์ของโมเดลสามารถบอกเราเกี่ยวกับ ลักษณะของแต่ละกลุ่ม

ข้อเสียของ GMM คือ มีการเลือกจำนวนกลุ่ม จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมสำหรับ GMM นั้นยากที่จะกำหนด การเลือกจำนวนกลุ่มที่น้อยเกินไปอาจทำให้โมเดลไม่สามารถจับภาพข้อมูลได้ อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การเลือกจำนวนกลุ่มที่มากเกินไปอาจทำให้โมเดล overfit กับข้อมูลค่า ข้อมูล ที่ผิดปกติทางสถิติ (outliers) GMM ไวต่อค่า outliers ค่า outliers เหล่านี้สามารถส่งผลต่อ พารามิเตอร์ของโมเดลและทำให้โมเดลไม่ถูกต้อง

ตัวอย่างการใช้งาน การวิเคราะห์ภาพ GMM สามารถใช้เพื่อแยกวัตถุออกจากพื้น หลังในภาพ GMM สามารถสร้างโมเดลของพื้นหลังและโมเดลของวัตถุ จากนั้น GMM สามารถใช้เพื่อ จำแนกจุดภาพแต่ละจุดว่าเป็นส่วนหนึ่งของพื้นหลังหรือส่วนหนึ่งของวัตถุ

2.1.3 การลบพื้นหลังแบบปรับได้ (Adaptive Background Subtraction)

หลักการในการลบพื้นหลัง Background Subtraction Method (BSM) ได้รับการ ออกแบบมาเพื่อตรวจจับวัตถุโดยการแยกวัตถุออก ระหว่างการเปรียบเทียบแบบไม่มีเฟรมวัตถุ อัลกอริทึมจะวิเคราะห์เนื้อหาวิดีโออินพุตเพื่อตรวจจับวัตถุเบื้องต้น แยกวัตถุเหล่านั้น และ เปรียบเทียบกับเฟรมที่ไม่มีวัตถุใดเลย ด้วยวิธีนี้ วิธีการจะค้นหาความแตกต่างหลังการเปรียบเทียบ ระหว่างค่าของ 2 เฟรม และสร้างเมทริกซ์ระยะทางขึ้นมา เฟรมที่มีวัตถุเรียกว่าค่าเกณฑ์ซึ่งเท่ากับ จำนวนวัตถุที่ตรวจพบ มันถูกกำหนดโดยการวิเคราะห์เนื้อหาวิดีโอหลายส่วนแรก เมื่อค่าความ แตกต่างระหว่างสองเฟรมเกินค่าเกณฑ์ อัลกอริทึม BSM จะทำเครื่องหมายว่าเป็นวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ จากรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หลักการในการลบพื้นหลัง

เราใช้ Adaptive Background Subtraction กับวัตถุขนาดเล็ก อย่างสร้อยคอทองคำ โดยการหาค่าความแตกต่างระหว่างเฟรม เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกับแบบจำลองผสมแบบเกาส์เซียน ซึ่งแต่ละพิกเซลในเฟรมจะถูกจัดกลุ่มต่างๆ จะได้รับการจัดลำดับตามความเป็นไปได้ที่คลัสเตอร์จะจำลองพื้นหลัง และได้รับการปรับให้เข้ากับความแปรผันของพื้นหลัง และแสง พิกเซลขาเข้าจะถูกจับคู่กับกลุ่มคลัสเตอร์ที่เกี่ยวข้อง และจัดประเภทตามว่าคลัสเตอร์ที่ตรงกันนั้นถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของพื้นหลังหรือไม่

เทคนิคการประมวลผลภาพที่ใช้แยกวัตถุเคลื่อนที่ (foreground) ออกจากภาพพื้นหลัง (background) โดยอัตโนมัติ เทคนิคนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานในวิดีโอที่มีฉากหลังเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ABS ทำงานโดยสร้างโมเดลพื้นหลังสำหรับแต่ละพิกเซลในภาพ โมเดลนี้มักจะสร้างขึ้นจากค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐานของพิกเซลในเฟรมก่อนหน้า เมื่อมีเฟรมใหม่เข้ามา เทคนิค ABS จะเปรียบเทียบค่าพิกเซลในเฟรมใหม่กับค่าโมเดลพื้นหลัง หากค่าพิกเซลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าพิกเซลนั้นเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุเคลื่อนที่

ข้อดีของเทคนิค ABS คือ สามารถปรับให้เข้ากับฉากหลังที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ABS สามารถสร้างโมเดลพื้นหลังใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง which makes it well-suited for use in videos with dynamic backgrounds มีความทนทานต่อแสงสว่างและเงา ABS สามารถแยกวัตถุเคลื่อนที่ออกจากภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะมีแสงสว่างและเงาเปลี่ยนแปลง และ มีประสิทธิภาพ ABS สามารถประมวลผลวิดีโอได้อย่างรวดเร็ว

ข้อเสียของเทคนิค ABS คือ อาจไวต่อวัตถุเคลื่อนที่ที่ซ้ำ ABS อาจไม่สามารถแยกวัตถุเคลื่อนที่ที่ซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการใช้งาน ABS การติดตามวัตถุ ABS สามารถใช้ติดตามวัตถุเคลื่อนที่ในวิดีโอ เช่น รถยนต์ คนเดินถนน หรือสัตว์ป่า, การวิเคราะห์การจราจร ABS สามารถใช้วิเคราะห์การจราจร เช่น จำนวนรถยนต์บนถนน หรือความเร็วของรถ และการรักษาความปลอดภัย ABS สามารถใช้เพื่อตรวจจับการบุกรุก หรือติดตามผู้ต้องสงสัย

2.1.4 การใช้งาน Adaptive Background Subtraction (ABS) กับวัตถุขนาดเล็ก

สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับและติดตามได้ดังนี้ ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจจับวัตถุโดยการแยกวัตถุออก ระหว่างการเปรียบเทียบแบบไม่มีเฟรมวัตถุ อัลกอริทึมจะวิเคราะห์เนื้อหาวิดีโออินพุตเพื่อตรวจจับวัตถุเบื้องต้น แยกวัตถุเหล่านั้น และเปรียบเทียบกับเฟรมที่ไม่มีวัตถุใดเลย ด้วยวิธีนี้ วิธีการจะค้นหาความแตกต่างหลังการเปรียบเทียบระหว่างค่าของ 2 เฟรม และสร้างเมทริกซ์ระยะทางขึ้นมา เฟรมที่มีวัตถุเรียกว่าค่าเกณฑ์ซึ่งเท่ากับจำนวนวัตถุที่ตรวจพบ มันถูกกำหนดโดยการวิเคราะห์เนื้อหาวิดีโอหลายส่วนแรก เมื่อค่าความแตกต่างระหว่างสองเฟรมเกินค่าเกณฑ์ อัลกอริทึม BSM จะทำเครื่องหมายว่าเป็นวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ จากรูปที่ 2.6 ปรับ

ค่าพารามิเตอร์ตามลักษณะของวัตถุ ปรับค่าพารามิเตอร์ของ ABS ให้เหมาะสมกับลักษณะของวัตถุที่คุณต้องการตรวจจับและติดตาม เช่น ปรับค่า sensitivity เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้ดีขึ้นโดยไม่เกิดข้อผิดพลาด การใช้วิธีการทางภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise) การใช้วิธีการทางภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการอาจช่วยให้ ABS ทำงานได้แม่นยำมากขึ้น เช่น การใช้วิธีการแบล็กแอนด์ไวท์ (Blacking and Whitening) เพื่อเพิ่มความคมชัดของภาพ การตรวจจับเพื่อเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม เน้นการเลือกพื้นที่ที่ไม่มีการเคลื่อนไหว หรือมีการเคลื่อนไหวน้อยในภาพ เพื่อให้ ABS สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ การนำ ABS มาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น การประมวลผลภาพ (Image Processing) หรือการใช้ Machine Learning เพื่อปรับปรุงความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับและติดตามวัตถุ การทดสอบและปรับปรุงระบบ ทดลอง และปรับปรุงระบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น โดยใช้ชุดข้อมูลที่หลากหลาย และการปรับค่าพารามิเตอร์อย่างถูกต้อง การใช้งาน ABS ร่วมกับวัตถุขนาดเล็กอาจเป็นการท้าทายในการตรวจจับและติดตาม แต่การปรับแต่งและใช้เทคนิคที่เหมาะสม สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ความรวดเร็วและความแม่นยำ ในการตรวจจับและติดตามวัตถุสามารถมีการพัฒนาขึ้นไปอีกในอนาคต

2.1.5 การใช้ค่า Threshold กับ Adaptive Background Subtraction

ค่า Threshold มีบทบาทสำคัญใน Adaptive Background Subtraction (ABS) โดยใช้ควบคุมการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง ค่า Threshold ที่เหมาะสมจะช่วยให้ ABS แยกวัตถุได้อย่างแม่นยำ โดยไม่รวมเอาพื้นหลังที่ไม่ต้องการเข้ามาด้วย

วิธีการเลือกค่า Threshold ทำได้ดังนี้

2.1.5.1 วิธีการลองผิดลองถูก ปรับค่า Threshold ที่น้อยจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ

2.1.5.2 วิธีการ Otsu เป็นวิธีการอัตโนมัติในการเลือกค่า Threshold โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของภาพ

2.1.5.3 วิธีการกราฟิก แสดงภาพผลลัพธ์ของ ABS กับค่า Threshold ต่างๆ ผู้ใช้สามารถเลือกค่า Threshold ที่เหมาะสม

ข้อควรระวัง คือ ค่า Threshold ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับวัตถุ พื้นหลัง และสภาพแสงในภาพ การปรับค่า Threshold มากเกินไป อาจทำให้ ABS แยกวัตถุได้ไม่แม่นยำ

2.1.6 วัตถุที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (Non-rigid)

วัตถุหรือวัตถุส่วนใดที่มีความยืดหยุ่นหรือสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามเวลาหรือเงื่อนไขที่กำหนด ในบริบทของการประมวลผลภาพหรือวิจัยทางภาพ "non-rigid" อ้างถึงวัตถุที่ไม่คงที่ในรูปร่างหรือโครงสร้างของมัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเคลื่อนไหว, การกดดัน, หรือการรวมกันของวัตถุหลาย ๆ ส่วนที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงในขอบเขตทางภายนอก เช่น การเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุโดยกระทบจากแรงกดหรือการยึดของวัตถุนั้นเอง จากตัวอย่างตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วัตถุที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (non-rigid)

ในการประมวลผลภาพ, การจัดการกับวัตถุที่ไม่เป็นแบบแข็ง (non-rigid objects) มักจะเป็นที่ศึกษาอย่างละเอียดเนื่องจากมีความซับซ้อนในการตรวจจับและการวิเคราะห์ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่องในรูปร่างของวัตถุ การที่วัตถุเป็น non-rigid ทำให้กระบวนการตรวจจับ, การติดตาม, และการจำแนกชนิดของวัตถุที่มีความซับซ้อนขึ้น ทำให้เทคนิคที่ใช้ในการประมวลผลภาพต้องมีความยืดหยุ่น และสามารถทำงานได้กับการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่องของวัตถุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประมวลผลภาพของวัตถุที่ไม่เป็นแบบแข็งหรือ non-rigid object image processing เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีเพื่อวิเคราะห์และจัดการกับภาพที่มีวัตถุที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามเวลา ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำนายเนื่องจากวัตถุเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อน เช่น มนุษย์ที่เคลื่อนไหวหรือวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วง การจัดการกับวัตถุที่ไม่เป็นแบบแข็งมีความสำคัญในการแก้ไขปัญหาในหลากหลายด้าน เช่น การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์, การตรวจจับความปลอดภัยในระบบวงจรปิด (CCTV), และการจัดการกับหุ่นยนต์ที่ต้องเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

วัตถุที่ไม่เป็นแบบแข็งมักจะเปลี่ยนรูปร่างได้ตามเวลา ต่างจาก "Rigid Object" หรือ "วัตถุแข็ง" ที่รูปร่างเปลี่ยนแปลงได้น้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย โดยวัตถุที่ไม่เป็นแบบแข็งอาจเป็น ใบหน้ามนุษย์, ผ้า, ธง, หรือสายเคเบิล เหล่านี้สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อมัน เช่น แรงกด, แรงบิด, หรือแรงอื่น ๆ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

X. Feng et al. [1] กล่าวถึงการพัฒนาอัลกอริทึมและการใช้ฮาร์ดแวร์ล่าสุดในการประมวลผลภาพคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยมองจากมุมมองของการทำงานกับภารกิจหลายๆ อย่างดังนี้ การประมวลผลภาพโดยใช้ Deep Learning และ CNNs เช่น ResNet และ DenseNet เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกประเภทภาพ ระบบ SqueezeNet มีประสิทธิภาพและประหยัดทรัพยากร การจำแนกป้ายท้ายวิดีโอด้วย Deep Learning มีประโยชน์ในการจำแนกป้ายท้ายวิดีโอการตรวจจับวัตถุ ใช้วิธีสองขั้นตอนเช่น R-CNN และวิธีเดียวเช่น YOLO เพื่อปรับสมดุลระหว่างความเร็วและความแม่นยำ การแบ่งส่วนเทกซ์ (Segmentation) การรวมวิธีการดั้งเดิมกับ Deep Learning เพื่อความแม่นยำในระดับพิกเซล เช่น FCN และ encoder-decoder frameworks การใช้ฮาร์ดแวร์ การใช้ GPU และ FPGA ช่วยในการพัฒนา DNN เพื่อความแม่นยำและประสิทธิภาพ การใช้ TPU และ Intel NNP เพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผลและประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน การใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นจุดเด่น เพื่อปรับปรุงความแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ ในการทำงานของ DNN อย่างมาก

L. Zhou et al. [2] ได้กล่าวถึง การสร้างสัญลักษณ์ของส่วนประกอบของฉากสำหรับการดำเนินการโรบอต: การใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น (CV) เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างสัญลักษณ์ของส่วนประกอบของฉากสำหรับการดำเนินการโรบอต การตรวจจับลักษณะพิเศษ (Feature detection) การทำงานเช่นการตรวจจับจุด, ขอบ, และเส้นเป็นพื้นฐานของอัลกอริทึม CV ต่างๆ , CNNs เสริมประสิทธิภาพในการตรวจจับลักษณะพิเศษ การรับรู้ (Perception) การรับรู้ที่ครอบคลุมการระบุตัวอย่าง, การระบุชนิด, และการระบุหมวดหมู่ทั่วไป, รวมถึงการระบุการกระทำในวิดีโอ CNNs มีบทบาทสำคัญในงานรับรู้ การแบ่งส่วนเทกซ์ (Segmentation) มุ่งหวังที่จะติดป้ายพิกเซลเข้ากลุ่มต่างๆ โดยขึ้นอยู่กับวัตถุภายในพวกเขา, บ่อยครั้งใช้ฟังก์ชันสูญเสียเช่น dice loss หรือ IoU, CNNs ปรับปรุงประสิทธิภาพในการแบ่งส่วนเทกซ์ การสร้างโมเดลสามมิติ (3D model generation) ต่อเนื่องการพัฒนาโดยใช้ Deep Learning, โดยเฉพาะ CNNs, เพื่อพัฒนาโมเดลสามมิติที่มีประสิทธิภาพสูง มีแนวโน้มที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

E. Patel et al. [7] ได้กล่าวถึง การเปรียบเทียบระหว่าง K-Means และ Gaussian Mixture Model (GMM) ในการจัดกลุ่มของภาระงานบน Cloud ความสำคัญของการลดข้อมูล การ

ลดข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญในการประมวลผลเพื่อให้แต่ละคุณลักษณะมีส่วนร่วมในการประมาณโมเดลอย่างเท่าเทียมกัน ความท้าทายในการจัดกลุ่มด้วย K-Means การกำหนดจำนวนของกลุ่มที่เหมาะสม และการเลือกจุดกึ่งกลางเริ่มต้นที่เหมาะสมเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันความไม่สมดุลของกลุ่มและการคำนวณซ้ำ ความท้าทายในการจัดกลุ่มด้วย Gaussian Mixture Model (GMM) ความยากลำบากอยู่ที่การกำหนดจำนวนส่วนที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการปรับแต่งมากเกินไปหรืออัตราการเรียนรู้ที่ไม่เพียงพอ ผลการทดลอง GMM มีการจัดกลุ่มที่ละเอียดมากกว่า K-Means แม้ว่าจะมีเวลาคำนวณมากกว่า แต่ข้อมูลที่ได้มากขึ้น สรุปและแนวทางการพัฒนา การศึกษานี้มีผลต่อการพยากรณ์และการจัดการข้อมูลในระบบ Cloud สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเมื่อวางแผนพื้นที่โมเดลเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการและรายละเอียดของข้อมูลในเวลาเดียวกัน

M. A. B. Siddique et al. [8] ได้กล่าวถึง งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิคการแบ่งส่วนภาพดิจิทัล (Digital Image Segmentation) โดยใช้การหาค่าเกณฑ์ Otsu's Thresholding ในสภาพแวดล้อมของ Matlab โดยเทคนิค Otsu's Thresholding เป็นวิธีการแยกภาพเป็นสองส่วนหลัก (foreground และ background) โดยการหาค่าเกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดในการแยกแยะค่าความเข้ม (intensity) ของพิกเซลในภาพ การแบ่งส่วนภาพดิจิทัล (Digital Image Segmentation) เป็นกระบวนการที่สำคัญในการวิเคราะห์ภาพและประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน เช่น การแพทย์ การเฝ้าระวัง และการรู้จำวัตถุ ซึ่งวิธีการของ Otsu's Thresholding เป็นเทคนิคการแบ่งส่วนภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความเรียบง่ายและประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพแบบ grayscale โดยการหาค่าเกณฑ์ที่ทำให้ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (intra-class variance) น้อยที่สุด งานวิจัยนี้ใช้ MATLAB เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประมวลผลภาพดิจิทัลและการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้การพัฒนาและการทดสอบอัลกอริทึมการแบ่งส่วนภาพทำได้ง่ายขึ้น ปัจจัยที่ทำให้งานสำเร็จ คือ การเลือกเทคนิคการแบ่งส่วนที่เหมาะสม Otsu's Thresholding เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการแยกแยะค่าความเข้มของพิกเซลในภาพ ทำให้สามารถแยกส่วนที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ Matlab มีฟังก์ชันที่สนับสนุนการประมวลผลภาพที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพ ทำให้การพัฒนาและการทดสอบอัลกอริทึมทำได้ง่ายและรวดเร็ว การหาค่าเกณฑ์ที่เหมาะสมในการแบ่งส่วนภาพต้องการการปรับพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับภาพแต่ละประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบและปรับพารามิเตอร์อย่างละเอียดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด การมีความรู้และความเข้าใจในทฤษฎีพื้นฐานของการแบ่งส่วนภาพและ Otsu's Thresholding ช่วยให้นักวิจัยสามารถปรับใช้และพัฒนาอัลกอริทึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

M. Gogebakan [10] ได้กล่าวถึง MMSCM เป็นวิธีการจัดกลุ่มที่ใช้โมเดลเป็นพื้นฐาน การพิจารณา MMSCM เป็นวิธีการใหม่ที่ใช้โมเดลเป็นพื้นฐานในการจัดกลุ่ม โดยเน้นการกำหนดจำนวนกลุ่มในชุดข้อมูล การใช้เทคนิคขั้นสูง เช่น โมเดลผสมกลุ่มแบบเกาส์เซียนแบบเดียวกันและวิธีการ

คำนวณอย่างอ่อนโยนของโมเดลผสม การเปรียบเทียบ ทำการเปรียบเทียบกับวิธีที่มีอยู่แสดงให้เห็นว่า MMSCM มีประสิทธิภาพเหนือกว่าในการกำหนดจำนวนกลุ่มและความแม่นยำในการจำแนกประเภท วิธีการลดมิติใหม่ มีการนำเสนอวิธีการลดมิติใหม่ที่เพิ่มความสำเร็จในการจัดกลุ่มและการจำแนกประเภท สรุปโดยรวม MMSCM แทนความก้าวหน้าที่สำคัญในเทคนิคการจัดกลุ่ม ให้เครื่องมือการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ

Y. Zhang et al. [11] ได้กล่าวถึง การจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) เป็นเทคนิคที่ได้รับการศึกษากันอย่างแพร่หลายในชุมชนการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน และถูกนำมาใช้ในหลายๆ การประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง แม้ว่าจะมีการเสนออัลกอริทึมการจัดกลุ่มที่ยอดเยียมหลายตัวในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา เช่น K-Means, Fuzzy C-Means, DBSCAN, และการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (hierarchical clustering) แต่ทั้งหมดนี้ไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่ซับซ้อนได้ดีเท่า Gaussian Mixture Model (GMM) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มข้อมูลที่ซับซ้อนแบบ multi-modal อย่างไรก็ตาม อัลกอริทึม GMM ที่มีอยู่มักถือว่าข้อมูลทั้งหมดสามารถสังเกตได้ ซึ่งในทางปฏิบัติอาจมีข้อมูลบางส่วนขาดหายไป จึงได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ที่รวมกระบวนการเติมข้อมูลที่ขาดหายและการจัดกลุ่มด้วย GMM เข้าด้วยกันในกระบวนการเรียนรู้เดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีข้อมูลบางส่วนขาดหาย โดยกระบวนการเติมข้อมูลที่ขาดจะทำงานร่วมกับการจัดกลุ่มอย่างสลับกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ผ่านการทดลองกับชุดข้อมูลมาตรฐาน UCI แปรชุด พบว่าอัลกอริทึมใหม่นี้มีประสิทธิภาพเหนือกว่าอัลกอริทึมแบบสองขั้นตอนที่มีอยู่ และสามารถรักษาประสิทธิภาพได้ดีแม้ในกรณีที่มีข้อมูลขาดหายมาก

P. Zhang et al. [12] การวิจัยนี้เน้นการแก้ไขปัญหาในการติดตามวัตถุที่ไม่เป็นแขนงตามโดยใช้เทคโนโลยีเชิงลึก เนื่องจากการติดตามวัตถุที่มีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงเป็นภาระที่ท้าทาย โดยเฉพาะเมื่อมีการเคลื่อนไหวอย่างอ่อนไหวหรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง การใช้แผนที่ความสำคัญของพื้นที่และเวลาที่สร้างขึ้นจากการเรียนรู้เชิงลึกช่วยแก้ปัญหานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นรวมถึงการใช้เทคโนโลยีเชิงลึกในการสร้างแผนที่ความสำคัญของพื้นที่และเวลาเพื่อใช้ในกระบวนการติดตามวัตถุ โดยทำการจำแนกแผนที่ความสำคัญเหล่านี้เป็นสองมิติเพื่อปรับการติดตามได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังใช้แผนที่ความสำคัญแบบพิเศษที่ช่วยในการตัดสินใจในการติดตามวัตถุ วิธีการที่นำเสนอมา เน้นการวิเคราะห์แบบ Multi-Scale และการสร้างแผนที่ความสำคัญแบบ Spatial Temporal เพื่อติดตามวัตถุในภาพเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีการทดลองและการประเมินผลเพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพของวิธีการที่พัฒนาขึ้นในสถานการณ์จริง ผลการทดลองและการวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นได้แสดงให้เห็นถึงความมั่นคงและความแม่นยำในการติดตามวัตถุที่ไม่เป็นแขนงตามในเงื่อนไขการใช้งานที่แตกต่างกัน

S. Kumar [13] ได้กล่าวถึงเทคนิคที่มีปัญหาในการใช้ข้อมูลก่อนเป็นหลัก เรื่องหลักของงานวิจัยนี้คือการสร้างโมเดลของวัตถุที่ไม่เป็นแขนงตรงมาจากภาพที่เคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาหลักที่เจอใน NRSfM คือความซับซ้อนของโมเดลที่ต้องสร้างขึ้นและความยากในการจำแนกรูปร่างของวัตถุที่เคลื่อนไหวอย่างอิสระ ซึ่งการใช้ Prior Factorization Method มักจะมีปัญหาในการใช้ข้อมูลก่อนเป็นหลักทำให้ไม่สามารถจำแนกวัตถุที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบลึก (deep neural network) เพื่อสร้างโมเดลของวัตถุที่ไม่เป็นแขนงตรงมาจากภาพ วิธีการนี้ช่วยลดความซับซ้อนและประสิทธิภาพของการจำแนกวัตถุในการทดลอง ผู้วิจัยได้ทดลองกับชุดข้อมูลที่หลากหลายและสภาพการแสงที่แตกต่างกัน เพื่อพิสูจน์ความสามารถในการตัดสินใจและการจำแนกของวิธีการที่นำเสนอ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและประสิทธิภาพของวิธีการในการสร้างโมเดลของวัตถุที่ไม่เป็นแขนงตรงมาจากภาพที่เคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้

C. Stauffer and W. E. L. Grimson [15] ได้กล่าวว่าการติดตามวัตถุในภาพเคลื่อนไหว การแยกแยะวัตถุจากพื้นหลังที่เปลี่ยนแปลงเป็นปัญหาหลัก เช่น การเปลี่ยนแปลงแสง การเคลื่อนไหวของวัตถุ หรือการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อม วิธีการใช้แบบจำลองผสมพื้นหลังที่ปรับได้ เพื่อใช้ในการติดตามวัตถุ โดยมีความสามารถในการปรับการเรียนรู้ได้ตามการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อม โดยใช้การรวมเอาข้อมูลจากหลายภาพ เพื่อสร้างแบบจำลองของพื้นหลัง โดยมีการปรับค่าเฉลี่ยและความเป็นอิสระในการเรียนรู้เพื่อปรับการเรียนรู้ให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมได้อย่างอัตโนมัติ ทำการทดลองกับชุดข้อมูลหลากหลายเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการ และผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำและประสิทธิภาพที่ดีในการติดตามวัตถุในเวลาเป็นเรียลไทม์ วิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการติดตามวัตถุในเวลาเป็นเรียลไทม์ และสามารถใช้งานได้กับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในการประยุกต์ใช้งานในสถานการณ์จริง

P. Xiang et al. [16] ได้กล่าวถึง วิธีการตรวจจับความผิดปกติแบบดั้งเดิมมักมีปัญหาในการใช้คุณลักษณะของ HSI และสิ่งรบกวน เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพจำกัด ส่วนสำคัญ การลดขนาดมิติเลือก OCF strips เพื่อลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล HVAM สกัดคุณลักษณะสำคัญโดยไม่ต้องฝึกอบรมเพื่อเสริมความมีประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดปกติ การลบพื้นหลัง TVCF แยกพื้นที่ที่ผิดปกติในขณะลดสิ่งรบกวน การปรับน้ำหนักโดยอัตโนมัติ การใช้น้ำหนักโดยใช้ระยะห่างทางสเปกตรัลลดการรบกวนของพื้นหลัง การเปรียบเทียบการทดลอง การแสดงความสามารถโดยมีศักยภาพในการปรับปรุงเทคนิคการตรวจจับความผิดปกติใน HSI เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ทันสมัย ชุดข้อมูลเสมือนและจริงที่แสดงประสิทธิภาพของวิธีการในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบ เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดปกติและลดสิ่งรบกวนของวิธีการทางเลือก การประเมินประสิทธิภาพ เส้นกราฟ ROC และค่า AUC ทั้งหมดอยู่เหนือเกณฑ์ สรุ

วิธีการที่เสนอ เป็นการตรวจจับความผิดปกติใน HSI โดยการรวมการจำลองการรับรู้ที่สนใจ การลบพื้นหลัง และการปรับน้ำหนัก ผลลัพธ์การทดลองยืนยันความมีประสิทธิภาพของมันในชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นศักยภาพในการใช้ในหลายสาขา

Y. Zhang et al. [17] ได้กล่าวถึง ความสำคัญของการแยกวัตถุพื้นหลังในฉากการจราจรในเมือง การแยกวัตถุพื้นหลังมีความสำคัญอย่างมากในการจราจรในเมืองโดยเฉพาะในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงแสงสว่าง การระบุวัตถุพื้นหลัง อธิบายวิธีการเช่น HOG และการลบพื้นหลังโดยเน้นการทำหายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแสงสว่าง การจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของแสงสว่าง วิธีการแนะนำเช่น GMM และเครือข่ายประสาทเชิงลึกพร้อมกับคุณลักษณะที่ปรับได้เช่น LBP และ ALMT โครงสร้างของ ALMTFM อธิบายคุณลักษณะ ALMT และเทคนิคการจับความเห็นตัวอย่างสำหรับการจำแนกพื้นหลัง การตรวจจับวัตถุพื้นหลัง และการอัปเดต การประเมินทดลอง เป็นการแสดงความมีประสิทธิภาพของ ALMTFM ผ่านการทดลองบนวิดีโอจราจรในเมืองจริงและชุดข้อมูล CDnet2014 สรุปและการพัฒนาในอนาคต ALMTFM จัดการกับการเปลี่ยนแปลงของแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจจับยานพาหนะ อุปสรรคในการกำหนดพารามิเตอร์และการจัดการกับวัตถุที่ไม่เคลื่อนไหวหรือเคลื่อนไหวช้ายังคงอยู่ งานวิจัยในอนาคตจะเน้นการแก้ปัญหาเหล่านี้เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในสถานการณ์จริง



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น ได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประเภท non-rigid จึงนำความรู้ที่ได้ มาดำเนินการตามขั้นตอนการทำงานดังนี้

- 3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย
 - 3.2 การศึกษาสภาพแวดล้อมร้านขายทองคำ
 - 3.3 ออกแบบกระบวนการทางเทคนิคการตัดค่าแบบผสมผสาน
 - 3.4 การประเมินประสิทธิภาพการวิเคราะห์ความคิดเห็น
- โดยแผนการดำเนินงานวิจัยมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน

1. ผู้วิจัยหาหัวข้อสำหรับงานวิจัยจากความสนใจ ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทฤษฎีเนื่องจากสร้อยคอทองคำ มีคุณสมบัติมันแวววาว ทำให้เกิดการสะท้อนแสงได้ง่าย และสร้อยคอทองคำสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ไม่จำกัด (non-rigid) จึงหาแนวทางในการทำงานวิจัย การเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย
2. ขั้นตอนในการดำเนินการ เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาคุณสมบัติของทองคำ และลักษณะของสร้อยคอทองคำ (non-rigid) ทำการเตรียมอุปกรณ์ และเขียนโปรแกรม MATLAB โดยใช้ Gaussian Mixture Model (GMM) ร่วมกับ Adaptive Background Subtraction
3. ขั้นตอนการสรุป เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำงานวิจัยการสรุปผลงานวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำตามกรณีศึกษาต่าง ๆ การดำเนินงานวิจัยเป็นไปตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย

ผู้วิจัยทำการศึกษาปัญหาของงานวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีประมวลผลภาพ (Image processing) คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) และสรีรยคของคำ โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีด้านนี้ จากการศึกษาพบว่า งานวิจัยนี้มีปัจจัยที่เป็นปัญหาอยู่ 2 ประเด็น คือ สรีรยคของคำเป็นวัตถุขนาดเล็กที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ และมีคุณสมบัติของทองคำ พื้นผิวมันแวววาว สะท้อนแสงได้ง่าย การสะท้อนแสงและการกระเจิง ทำให้การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) เห็นเป็นภาพที่ไม่สมบูรณ์

3.2 ศึกษาสภาพแวดล้อมของร้านขายทองคำ

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ในการดำเนินการวิจัย

3.2.1 ซอฟต์แวร์ (Software)

วิธีการโปรแกรม MATLAB เวอร์ชัน 2020a เป็นเครื่องมือหลักที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจจับและติดตามสรีรยคทองคำ โปรแกรม MATLAB มีเครื่องมือและฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายสำหรับการประมวลผลภาพ เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์วิดีโอ

3.2.2 การฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1) คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Dell Ultrabook: CPU Intel Core i5 Gen6), 6300U@ เพื่อ 2.4 GHz (มีแกนประมวลผล 2 แกน), GPU Intel HD Graphics 520, RAM 8 GB, CPU และ RAM นี้เพียงพอสำหรับการรันโปรแกรม MATLAB และทดลองกับชุดข้อมูลขนาดเล็กถึงขนาดกลาง

การ์ดจอ Intel HD Graphics 520 อาจไม่เหมาะกับงานประมวลผลภาพขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน แต่เพียงพอสำหรับการทดลองเบื้องต้น หากงานวิจัยต้องการประมวลผลภาพขนาดใหญ่หรือมีความซับซ้อน อาจจะต้องพิจารณาใช้คอมพิวเตอร์มี GPU ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

2) กล้องความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ใช้สำหรับเก็บภาพวิดีโอภายในร้านทอง

3) กล้องจำลองตู้ขายสร้อยคอทองคำ ใช้เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่จำลองการขายสร้อยคอทองในร้านจริง รายละเอียดของกล้องจำลองมีดังนี้ 1. กล้องขนาด: กว้าง 36 ซม. ยาว 44 ซม. สูง 29 ซม. บุด้วยผ้ากำมะหยี่สีแดงทั้ง 5 ด้านด้านบน ด้านข้างซ้าย-ขวา ด้านล่าง และด้านหลัง 2. กล้องมีแผ่นไม้อัดขนาด 42 ซม. x 42 ซม. บุด้วยผ้ากำมะหยี่สีแดง 3. หลอดไฟ: LED 150 W ยาว 52 ซม. จำนวน 2 หลอด 4. หลอดไฟ LED 80 W ยาว 52 ซม. จำนวน 2 หลอด 5. แผ่นสะท้อนแสง: ขนาด 17 ซม. x 39 ซม. จำนวน 1 แผ่น

4) สร้อยคอทองคำ: สร้อยคอทองคำ 4 เส้น ใช้ในการทดสอบระบบ ได้แก่ ลายคอตกิต, ลายตะไบเกลียว, ลายตะไบขั้นตุ่ม และลายผ่าห้วย

3.3 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบลำดับการทำงานเป็น 3 ขั้นตอนหลัก

3.3.1 การถ่ายวิดีโอ

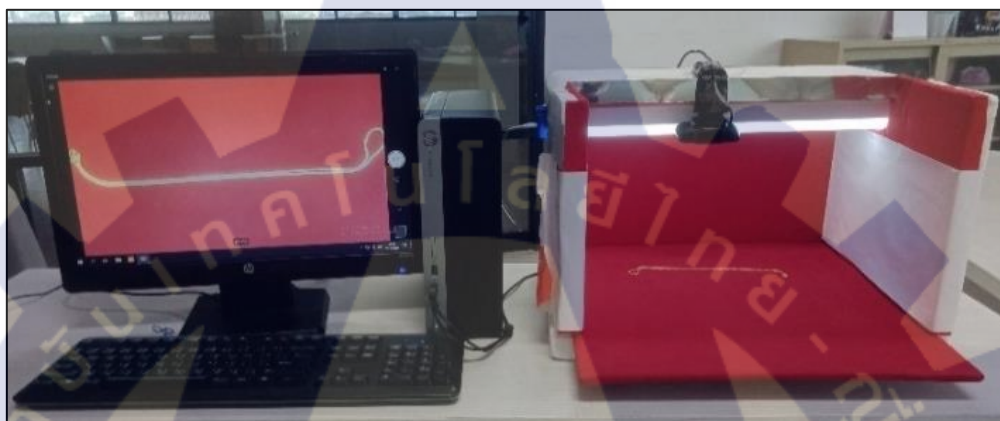
การถ่ายวิดีโอสร้อยคอทองคำ ใช้วิธี Stop motion ค่อย ๆ ขยับสร้อยคอทองทีละนิด เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนไหวของสร้อยคอทองตามธรรมชาติ โดยกำหนดเพียงรูปแบบเริ่มต้นเป็นสัญลักษณ์ของรูปแบบเพื่อแยกข้อมูล แต่ไม่ได้กำหนดทิศทางการเคลื่อนไหว เป็นเพียงการขยับสร้อยให้เคลื่อนที่แบบไม่เจาะจงรูปแบบให้เป็นธรรมชาติมากที่สุด ตัวอย่างอุปกรณ์ดูจากรูปที่ 3.2 และกระบวนการทำงานของระบบ โดยเริ่มจากการกำหนดพื้นที่ทำงาน

อัตราเฟรมต่อวินาที (frames per second, fps) เป็นหน่วยที่ใช้วัดจำนวนเฟรม (frames) ที่แสดงในหนึ่งวินาทีของวิดีโอ ซึ่งมักใช้เพื่อบอกถึงความสมจริงและการสั่นไหวอย่างเป็นธรรมชาติของภาพที่เคลื่อนไหวในวิดีโอ วิดีโอที่มี fps ต่ำอาจมีภาพที่ดูไม่สมจริงหรือมีความคมชัดของภาพลดลง วิดีโอที่มี fps สูงมักจะมีภาพที่ดูสมจริงและคมชัด ซึ่งเหมาะสำหรับการแสดงภาพที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว อัตรา frame rate ที่เหมาะสมของวิดีโอ อยู่ระหว่าง 24 fps ถึง 30 fps คำนวณอัตราเฟรมต่อวินาที ตามสมการที่ 3.1

สูตรการคำนวณอัตราเฟรมเป็นเวลาต่อวินาที (frame rate per second)

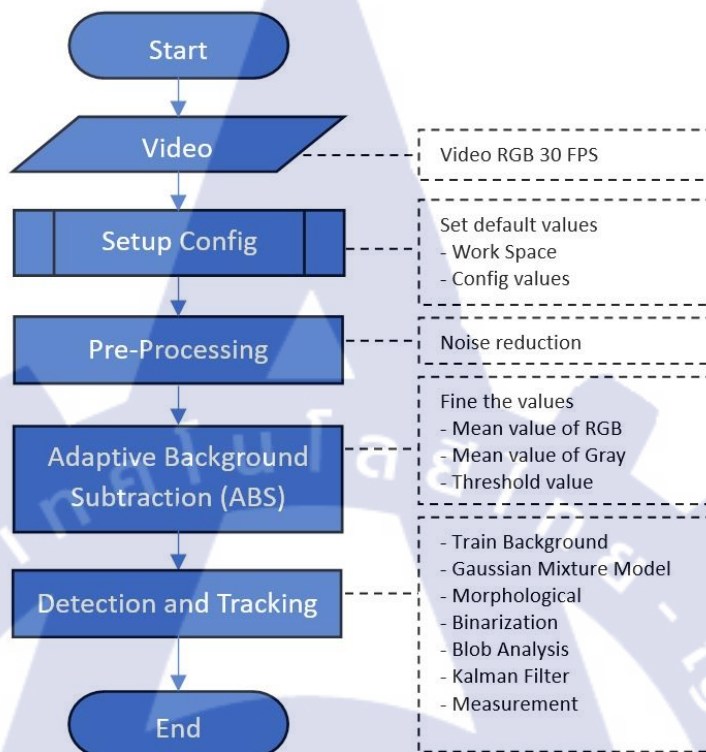
$$\text{อัตราเฟรมต่อวินาที (FPS)} = \text{จำนวนเฟรม} / \text{ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการถ่าย} \quad (3.1)$$

จำนวนเฟรม (Number of frames) คือ จำนวนเฟรมทั้งหมดที่ถูกสร้างขึ้นในวิดีโอ
ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการถ่าย (Total duration) คือ ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างวิดีโอ



รูปที่ 3.2 การถ่ายวิดีโอแบบ Stop motion

3.3.2 ออกแบบระบบ และดำเนินการทดลอง

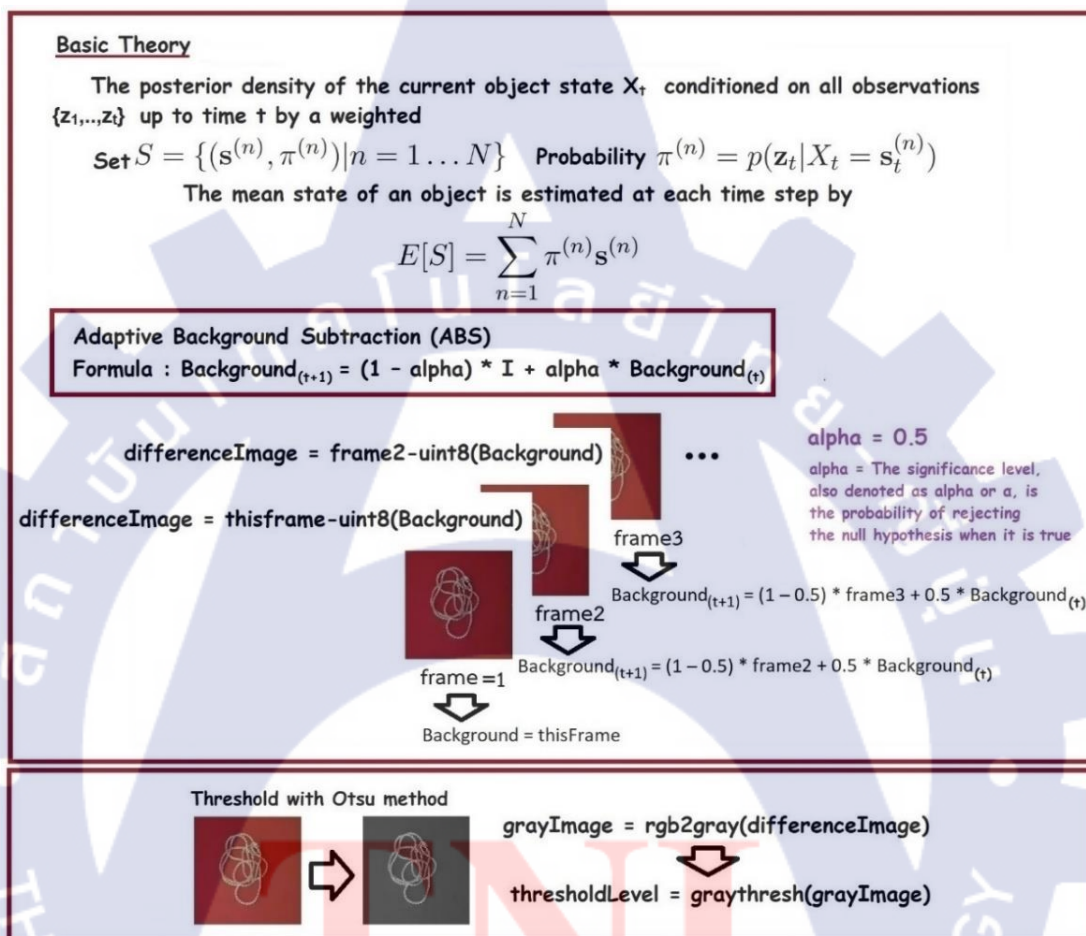


รูปที่ 3.3 Flowchart อธิบายขั้นตอนภาพรวมการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 ภาพรวมการทำงานของระบบ อธิบายขั้นตอนในการทำงานของระบบ โดยรวม ตามรูปที่ 3.3

- 1) ถ่ายวิดีโอ (Create Video) ทำการถ่ายวิดีโอแบบ Stop motion ค่อย ๆ ขยับสกรีนคอปของคำเลียนแบบการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ โดยใช้ Framerate 30 FPS
- 2) การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น (Pre-Processing) ทำการโหลดวิดีโอที่ต้องการติดตามสกรีนคอปของคำ และลดสัญญาณรบกวนจากวิดีโอ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ
- 3) การแยกพื้นหลังแบบปรับได้ (Adaptive Background Subtraction) ทำการหาค่าความแตกต่างระหว่างเฟรมวิดีโอ เพื่อแยกสกรีนคอปของคำออกจากพื้นหลัง
- 4) การตรวจจับและติดตาม (Detection and Tracking) ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจจับ และติดตามสกรีนคอปของคำในแต่ละเฟรมของวิดีโอ

โดยทำการหาค่าเกณฑ์ (Global Threshold) ความแตกต่างที่เหมาะสมระหว่างเฟรมกับสรั้อยคทองคำจากขั้นตอน ABS เพื่อแยกวัตถุออกจากพื้นหลังโดยใช้เกณฑ์ค่าความแตกต่างทำการติดตามสรั้อยคทองคำในแต่ละเฟรมของวิดีโอ และวิเคราะห์ผลลัพธ์การติดตามโดยการหาตำแหน่ง



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการคำนวณพื้นหลังแบบปรับเปลี่ยนได้

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณพื้นหลังแบบปรับเปลี่ยนได้ (ABS) ตัวอย่างจากรูปที่ 3.4 การทำงานในส่วนของ Adaptive Background Subtraction โดยทำการตรวจจับวัตถุสามารถทำได้ โดยการสร้างการแสดงฉากที่เรียกว่าแบบจำลองพื้นหลัง จากนั้นค้นหาความเบี่ยงเบนจากแบบจำลองสำหรับแต่ละเฟรมที่เข้ามา การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในขอบเขตภาพจากแบบจำลองพื้นหลัง หมายถึงวัตถุที่เคลื่อนไหวพิกเซลที่ประกอบเป็นพื้นที่ที่กำหนดที่อยู่ระหว่างการเปลี่ยนแปลง จะถูกทำเครื่องหมายเพื่อการประมวลผลเพิ่มเติม โดยปกติแล้วอัลกอริทึมส่วนประกอบที่เชื่อมต่อจะถูกนำไปใช้

เพื่อรับพื้นที่ที่เชื่อมต่อซึ่งสอดคล้องกับวัตถุ กระบวนการนี้เรียกว่าการลบพื้นหลัง ความน่าจะเป็นสำหรับการประมาณค่าสถานะแบบไดนามิก โดยจะประมาณความหนาแน่นด้านหลังของสถานะสัณยคหองคำ X_t ซึ่งมีเงื่อนไขในการสังเกตทั้งหมด $\{z_1, \dots, z_t\}$ จนถึงเฟรม t ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก ตามสมการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก

หมายเหตุ : Uint8 (Unsigned Integer) คือ เลขจำนวนเต็มแบบไม่มีเครื่องหมาย ถ้ากำหนดให้คอมพิวเตอร์ใช้ 8 bits ในการแทนข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็ม จะสามารถแทนค่าข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มได้ในช่วงค่าตั้งแต่ 0 to 255

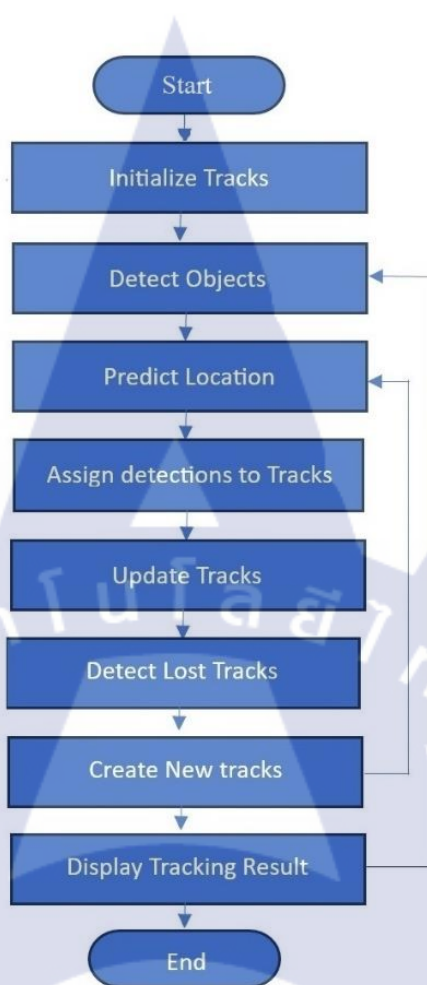
$$S = \{(s^{(n)}, \pi^{(n)}) | n = 1 \dots N\} \quad (3.2)$$

S แสดงถึงสถานะสมมุติหนึ่งของวัตถุ โดยมีความน่าจะเป็นในการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ต่อเนื่องที่สอดคล้องกัน ตามสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมของพจน์ทั้งหมด

$$\pi, \text{ where } \sum_{n=1}^N \pi^{(n)} = 1 \quad (3.3)$$

สถานะเฉลี่ยของวัตถุ จะถูกประมาณในแต่ละช่วงเวลาทีละขั้น ตามสมการความคาดหวังของผลรวม (Expectation of a Sum equation)

$$E[S] = \sum_{n=1}^N \pi^{(n)} s^{(n)}. \quad (3.4)$$



รูปที่ 3.5 Flowchart อธิบายขั้นตอนในการตรวจจับและติดตามสรั้อยคอทองคำ

ขั้นตอนที่ 3 ภาพรวมขั้นตอนการทำงานในการตรวจจับ และติดตามสรั้อยคอทองคำ ตามลำดับอย่างละเอียด ตามรูปที่ 3.5

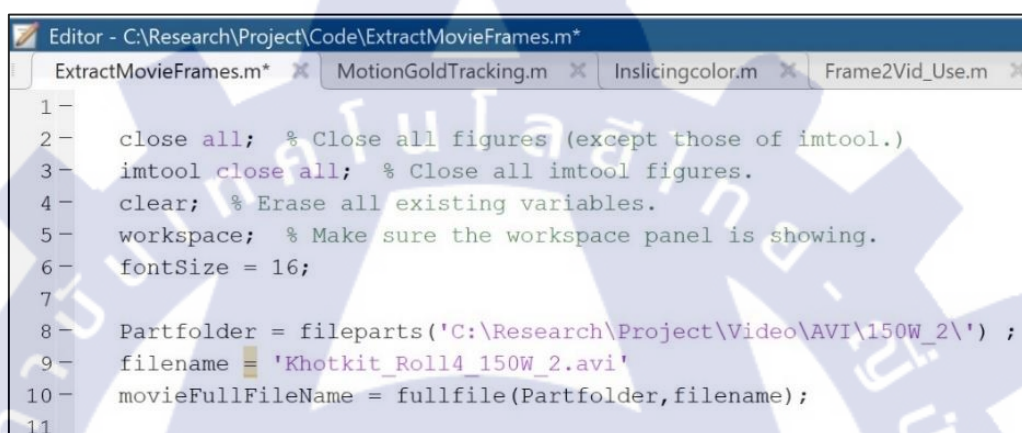
1) การตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ในแต่ละเฟรม ทำการลบพื้นหลังด้วยแบบจำลองผสมแบบเกาส์ (GMM) ลดสัญญาณรบกวนด้วยการใช้ Morphological และทำการตรวจจับวัตถุด้วย Blob Analysis

2) การเชื่อมโยงการตรวจจับกับวัตถุเดียวกัน ทำการประเมินการเคลื่อนที่ของแต่ละเทร็กด้วยตัวกรอง Kalman ใช้ทั้งการประมาณการการเคลื่อนไหวและความน่าจะเป็นของการเชื่อมโยง และกำหนดความน่าจะเป็นของการเชื่อมโยงการตรวจจับแต่ละรายการกับเทร็ก

3) การบำรุงรักษาแพร์ก กำหนดการตรวจจับให้กับแพร์กที่มีอยู่ โดยการอัปเดตแพร์กที่มีอยู่ด้วยการตรวจจับวัตถุที่เกี่ยวข้อง เริ่มต้นแพร์กใหม่สำหรับการตรวจจับที่ไม่ได้กำหนดลบแพร์กที่ไม่ได้ใช้งาน (ไม่มีการตรวจจับที่เกี่ยวข้องเป็นระยะเวลาหนึ่ง)

3.3.3 กระบวนการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.6 แสดงการทำงาน โดยเริ่มจากการกำหนดสภาพแวดล้อมโดยรวมของโปรแกรม เช่น การพื้นที่ทำงาน และค่าตั้งต้นที่จำเป็นต่อกระบวนการประมวลผลโปรแกรม



```

Editor - C:\Research\Project\Code\ExtractMovieFrames.m*
ExtractMovieFrames.m* x MotionGoldTracking.m x Inslicingcolor.m x Frame2Vid_Use.m x
1 -
2 - close all; % Close all figures (except those of imtool.)
3 - imtool close all; % Close all imtool figures.
4 - clear; % Erase all existing variables.
5 - workspace; % Make sure the workspace panel is showing.
6 - fontSize = 16;
7 -
8 - Partfolder = fileparts('C:\Research\Project\Video\AVI\150W_2\') ;
9 - filename = 'Khotkit_Roll4 150W_2.avi'
10 - movieFullFileName = fullfile(Partfolder,filename);
11 -

```

รูปที่ 3.6 กำหนดพื้นที่และค่าตั้งต้นของระบบ

จากรูปแบบของสรั้อยคทองคำที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้ (non-rigid) จะเห็นว่า เป็นไปไม่ได้เลยที่เราจะสร้าง Dataset เพื่อนำมาเปรียบเทียบ เพราะสรั้อยคทองคำแต่ละเส้นจะมีความยาวไม่เท่ากัน ลวดลายที่แตกต่างกัน เมื่อสรั้อยคทองคำเคลื่อนที่ทำให้เกิดการบิดตัว หรือลายทับซ้อนกัน เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นที่ส่วนใดของสรั้อยคทองคำก็ได้ จากที่กล่าวมาทั้งหมด เป็นไปได้น้อยมากที่เราจะสร้าง Dataset ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดว่าการทำ Adaptive Background ในการลบพื้นหลังที่มีการปรับเปลี่ยนได้ โดยใช้เกณฑ์การต่ำสุดของ เปรียบเทียบของค่าพิกเซล ที่มีการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของเฟรมวิดีโอ สูตรการคำนวณค่า Adaptive Background Subtraction โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{Background}_{(t+1)} = (1 - \alpha) * I + \alpha * \text{Background}_{(t)} \quad (3.5)$$

จากสูตรที่กล่าวมานี้ จะได้ค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเฟรมที่เล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงนี้คาดว่าจะป็นสรัอยคองค้ำ จากขั้นตอนนีเราจะได้ค่า Threshold ซึ่งเราเลือกใช้เป็นค่า Global Threshold ซึ่งเป็นวิธีการของ Otsu's โดยใช้เกณฑ์ต่ำสุดการแยกภาพด้วยค่าความเข้มของภาพ ตามรูปที่ 3.7 ซึ่งเหมาะสมกว่า Local Threshold ที่เกิดจากการคำนวณพื้นที่บริเวณรอบโดย ซึ่งน่าจะเป็นพื้นที่ของ Background เป็นส่วนใหญ่ จึงเป็นค่าที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้ผลลัพธ์ไม่แม่นยำ

```

135 % the differencing
136 alpha = 0.5;
137 if frame == 1
138     Background = thisFrame;
139 else
140     % Change the background slightly on each frame.
141     % Formula : Background(t+1)=(1-alpha)*I+alpha*Background
142     Background = (1-alpha)* thisFrame + alpha * Background;
143 end
144 % Adapting background.
145 subplot(2, 2, 3);
146 imshow(Background);
147 title('Adaptive Background');
148 axis('on', 'image'); % Show aspect ratio.
149 % Calc a difference frame and background.
150 diffImg = thisFrame - uint8(Background);
151 % Threshold with Otsu method.

```

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างโปรแกรมในส่วนการคำนวณ Adaptive Background Subtraction

การฟังก์ชัน MATLAB แสดงการทำงาน ตามลำดับดังนี้

1) ขั้นตอนเริ่มต้น $\alpha = 0.5$ (พารามิเตอร์คงที่สำหรับการทดสอบความสำคัญครั้งจะระหว่างเฟรมปัจจุบันและพื้นหลัง, t = เฟรม, I = ความเข้มของภาพปัจจุบัน, α (Alpha) = ปัจจัยน้ำหนักระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งควบคุมการอัปเดตพื้นหลังโดยขึ้นอยู่กับภาพปัจจุบัน)

2) สำหรับเฟรมแรก ($n=1$) Background = thisFrame

3) สำหรับเฟรมต่อมา ($n>1$)

$$\text{Background}(t+1) = (1-\alpha) \times \text{thisFrame} + \alpha \times \text{Background}(t)$$

4) คำนวณความแตกต่างระหว่างเฟรมปัจจุบันและพื้นหลัง

$$\text{differenceImage} = \text{thisFrame} - \text{Background}$$

5) นำเสนอวิธีการตัดสินใจขั้นเขต, เช่น วิธีของ Otsu, เพื่อแยกวัตถุที่เคลื่อนไหว

ค่าความสว่างของ RGB = $0.3 R + 0.59 G + 0.11 B$

`grayImage = rgb2gray(differencelImage)`

`thresholdLevel = graythresh(grayImage)`

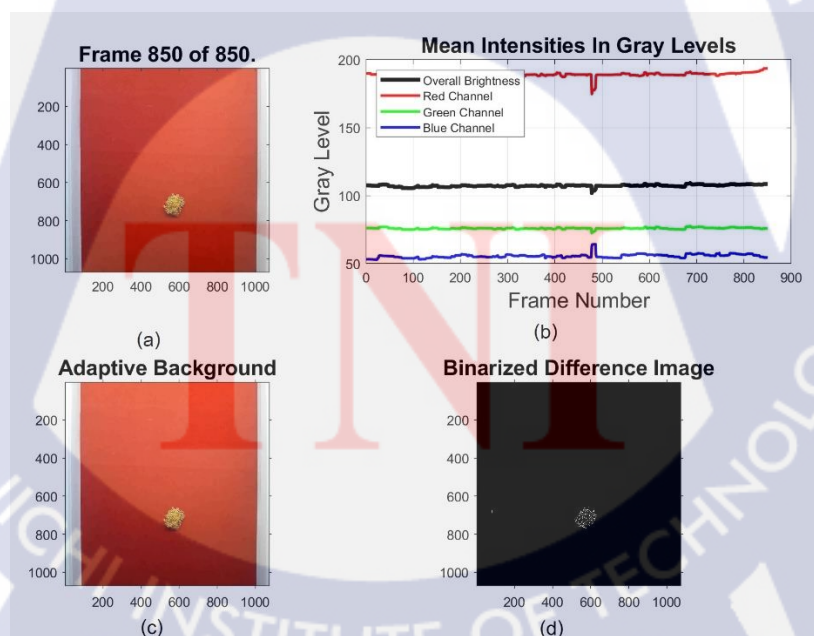
ขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 จะทำซ้ำสำหรับแต่ละเฟรมจนถึงสิ้นสุดของชุดวิดีโอ

จากสูตรที่กล่าวมานี้ จะได้ค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเฟรมทีละน้อย ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของสรั้อยคอตงคำ จากขั้นตอนนี้เราจะได้ค่า Threshold ซึ่งเราเลือกใช้เป็นค่า Global Threshold ซึ่งเป็นวิธีการของ Otsu's โดยใช้เกณฑ์ต่ำสุดในการแยกภาพด้วยค่าความเข้มของระดับสีเทา

ตัวอย่างการคำนวณ ความเข้มของระดับสีเทา โดยใช้ค่า Threshold = 0.018 ที่ได้จากการทำ ABS

$$\begin{aligned}\text{ความเข้มของสีเทา} &= 255 \times 0.018 \\ &= 4.59 \text{ หรือ } 5\end{aligned}$$

ถ้าจุดพิกเซลใดมีค่าความเข้มสีเทาน้อยกว่าค่า Threshold นั้นจะมีค่าเป็น 0 ในภาพ Binary และจุดพิกเซลใดที่มีค่าความเข้มสีเทามากกว่าค่า Threshold นั้น จะมีค่าเป็น 1 ในภาพ Binary



รูปที่ 3.8 แสดงกราฟค่าเฉลี่ยของ Adaptive background Subtraction

ในขั้นตอนนี้เราจะใช้ Gaussian mixture model ในการตรวจจับสร้อยคอทองคำที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ โดยอาศัยค่า Global Threshold ที่ได้จากขั้นตอนของ Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 3.10 นำมาเป็นค่า Minimum Background ในส่วนนี้เราจะทำการ Training Background จำนวน 25 เฟรม เพื่อแยกความแตกต่างระหว่าง Background และสร้อยคอทองคำ แสดงการตรวจจับโดยใช้ Bounding Box คลุมพื้นที่ส่วนของวัตถุที่ตรวจจับได้ ใช้ตัวกรองคาลมานในการติดตามการเคลื่อนไหวของสร้อยคอทองคำ โดยอนุมานว่า สร้อยคอทองคำที่เคลื่อนที่ไปในระยะทางและเวลาที่ใกล้เคียงกัน เป็นสร้อยคอทองคำชิ้นเดียวกัน ถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จะเห็นว่าในการทดลองนี้เราเพิ่มความซับซ้อนโดยการไม่เติมเต็มส่วนที่เป็นรู เพื่อให้ยังคงเห็นรูปร่างของสร้อยคอทองคำเป็นเส้นทับซ้อน และแสดงให้เห็นว่าสร้อยคอทองคำนี้เป็นเส้นเดียวกับสร้อยคอทองคำต้นวิดีโอจากหมายเลขกำกับที่ระบุเลข 1 ที่มุมซ้ายของภาพตลอดวิดีโอ ส่วนอัลกอริทึม GMM ทำการเติม Fill hole เพื่อเพิ่มอัตราความสำเร็จ ให้กับผลการทดลอง



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM ร่วมกับ ABS

จากรูปที่ 3.11 -3.12 จะแสดงให้เห็นถึงการติดตามสรั้อยคทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM เพียงอย่างเดียวไม่สามารถติดตามได้ครบทุกเฟรม ในขณะที่การติดตามด้วยอัลกอริทึม GMM ร่วมกับ Adaptive Background Subtraction สามารถติดตามได้สำเร็จครบทุกเฟรมในวิดีโอ ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปอย่างสิ้นเชิง

3.4 วิธีการประเมินผลลัพธ์

งานวิจัยนี้ใช้สรั้อยคทองคำเป็นเป้าหมายในการทดลอง มีการจำกัดจำนวน รูปแบบ และ น้ำหนักของสรั้อยคทองคำโดยใช้ MATLAB ในการประมวลผล ผลการทดลองวัดจากจำนวนเฟรมที่ ติดตามอย่างถูกต้องและเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จเชิงปริมาณ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผสมเกาส์เซียน (GMM) โดยการเพิ่มการลบพื้นหลังแบบปรับตัว (ABS) เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ระบุ วัตถุประสงค์เป้าหมายและไม่มีการวิจัยที่คล้ายกันให้เปรียบเทียบหรืออ้างอิงได้ ดังนั้นความแม่นยำของจำนวน เฟรมที่ติดตามอย่างถูกต้องของแบบดั้งเดิมจึงถูกเปรียบเทียบกับ Gaussian Mixed Model (GMM) แบบจำลองส่วนผสมแบบเกาส์เซียน (GMM) ได้รับการปรับปรุงด้วยการลบพื้นหลังแบบปรับตัว (ABS)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ของการประมวลผลภาพ (Image Processing) คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) สร้อยคทองคำที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (non-rigid) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นความรู้ ในการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Gaussian Mixture Model (GMM) และ Adaptive Background Subtraction ได้นำผลการทดลองบางส่วนมาวิเคราะห์ และแสดงเป็นตารางผลลัพธ์การวิจัย แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ทดลองภายใต้แสงไฟจำนวนมาก

4.1.2 ทดลองภายใต้แสงในอาคาร

4.1.3 ทดลองภายใต้แสงในอาคาร โดยใช้สร้อยคทองคำ 2 เส้น

4.2. ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพการติดตาม

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ทดลองภายใต้แสงไฟจำนวนมาก

ในเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการติดตามของอัลกอริทึม Gaussian Mixture Model (GMM) และ Gaussian Mixture Model with Adaptive Background Subtraction (GMM+ABS) ได้ทำการทดลองภายใต้สภาวะแสงสว่างจ้า ดังนี้

การทดลองที่ 1 ติดตั้งหลอดไฟ LED 80 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

การทดลองที่ 2 ติดตั้งหลอดไฟ LED 150 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

ทั้งสองการทดลองใช้สร้อยคทองคำลายเดียวกัน โดยตั้งเป้าหมายการติดตามเพียงบางส่วนของสร้อยคทองคำไว้ที่ 10%

อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคทองคำได้เพียงเล็กน้อย ในทั้งสองการทดลอง

อัลกอริทึม GMM ติดตามสร้อยคทองคำได้เฉพาะในการทดลองที่ 1 เท่านั้น และติดตามได้เพียง 63 จาก 792 เฟรม (คิดเป็น 7.95%)

สรุปผลการทดลอง ตามผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 1 อัลกอริทึม GMM+ABS แสดงประสิทธิภาพในการติดตามที่ดีกว่าอัลกอริทึม GMM อย่างชัดเจน

แสงสว่างจำนวนมาก ทำให้ติดตามสร้อยคอทองคำได้ยาก หรืออาจจะติดตามไม่ได้ เพราะเกิดการสะท้อนแสง ผิวที่มันวาวมีโอกาสสะท้อนแสงเป็นสีอื่น หรือสีขาว ทำให้ภาพไม่สมบูรณ์

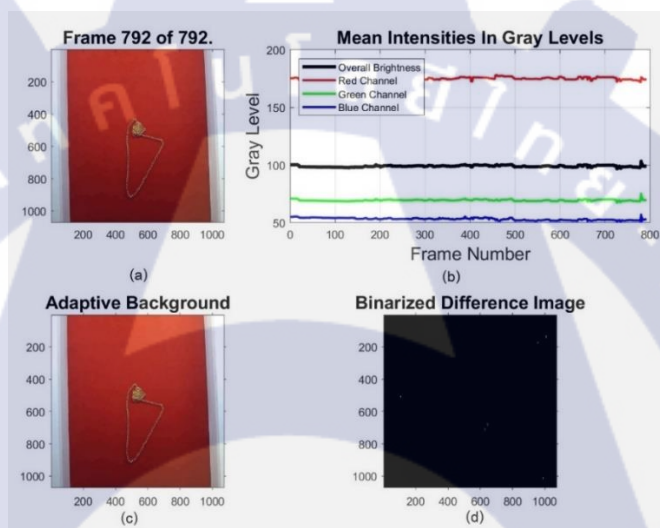
การทดลองที่ 1 ติดตั้งหลอดไฟ LED 80 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) ตามรูปตัวอย่างที่ 4.1

การทดลองที่ 1 วิดีโอมีความยาว 26 วินาที

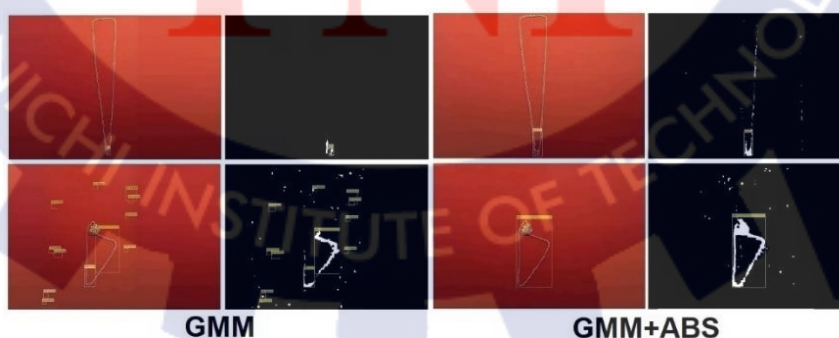
อัตราเฟรม (FPS) = 792 frame/26 sec

= 30.46 fps



รูปที่ 4.1 ผลการทดลอง ABS LED ขนาด 80 วัตต์ 2 หลอด

ส่วนที่ 2 เป็นผลการทดลองส่วน Detection and Tracking



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองตารางที่ 1 LED ขนาด 80 วัตต์ 2 หลอด

จากรูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำลายคอตกิต ภายใต้สภาวะแสงสว่าง 160 วัตต์ ระหว่างอัลกอริทึม GMM และ อัลกอริทึม GMM+ABS ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึม GMM+ABS มีประสิทธิภาพในการติดตามสร้อยคอทองคำลายคอตกิต ได้ 149 เฟรม คิดเป็น 18.81% สูงกว่าค่าคาดหวัง 10%

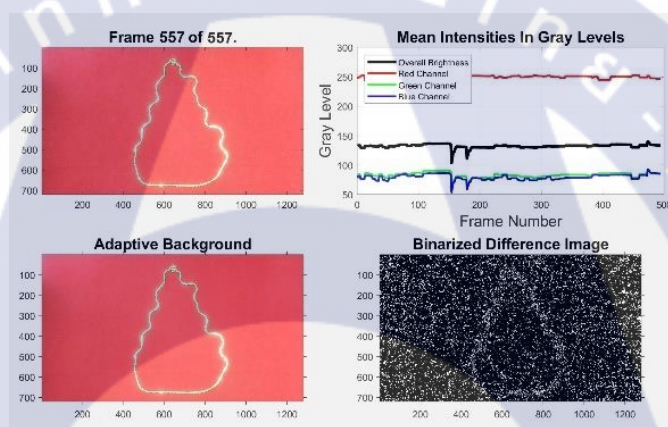
การทดลองที่ 2 ติดตั้งหลอดไฟ LED 150 วัตต์ จำนวน 2 หลอด

ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) ตามรูปตัวอย่างที่ 4.3

การทดลองที่ 2 วิดีโอมีความยาว = 18 วินาที

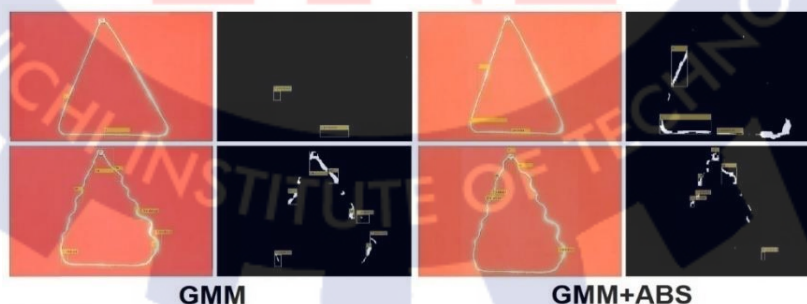
อัตราเฟรม (FPS) = $557 \text{ frame}/18 \text{ sec}$

= 30.94 fps



รูปที่ 4.3 ผลการทดลอง ABS LED ขนาด 150 วัตต์ 2 หลอด

ส่วนที่ 2 เป็นผลการทดลองส่วน Detection and Tracking



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองตารางที่ 1 LED ขนาด 150 วัตต์ 2 หลอด

จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการติดตามสร้อยคอทองคำลายคอตกิต ภายใต้สภาวะแสงสว่าง 300 วัตต์ ระหว่างอัลกอริทึม GMM และ อัลกอริทึม GMM+ABS ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึม GMM ไม่สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ แสดงผลการทดลอง ในตารางที่ 1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองภายใต้แสงไฟจำนวนมาก

ลายสร้อยคอทองคำ	ติดตามเฟรมได้ถูกต้อง (%)			
	วัตต์	จำนวนเฟรมทั้งหมด	GMM	GMM + ABS
ลายคอตกิต (ม้วน)	160	792	63(7.95%)	149(18.81%)
ลายคอตกิต (สามเหลี่ยม)	300	557	(0%)	330(59.24%)

แสดงการตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำ (Non-rigid) ในกล่องทดลองที่ติดตั้งหลอดไฟเปอร์เซ็นต์ของกรอบที่ติดตามอย่างถูกต้องจนกว่าจะเกิดความล้มเหลว

ต่อมาได้ทำการทดลองชุดที่สอง ใช้อัลกอริทึม GMM+ABS ซึ่งเป็นการนำเอาวิธีการแยกพื้นหลังแบบปรับได้ (ABS) มาผสมกับอัลกอริทึม GMM ผลการทดลองพบว่า สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ 100% ทุกครั้ง

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง จากตารางที่ 2 ผลการติดตามอัลกอริทึม GMM+ABS แสดงประสิทธิภาพในการติดตามที่ดีกว่าอัลกอริทึม GMM อย่างชัดเจน

4.1.2 ทดลองภายใต้แสงในอาคาร

ในเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการติดตามของอัลกอริทึม Gaussian Mixture Model (GMM) และ Gaussian Mixture Model with Adaptive Background Subtraction (GMM+ABS) ได้ทำการทดลองภายใต้แสงในอาคาร ดังนี้

การทดลองที่ 1 ลายคอตกิต (ทับซ้อน)

การทดลองที่ 2 ลายคอตกิต (ม้วน)

การทดลองที่ 3 ลายตะโบเกลียว (สามเหลี่ยม)

การทดลองที่ 4 ลายตะโบขั้นตม (สามเหลี่ยม)

การทดลองที่ 5 ลายผ้าหวาย (วงกลม)

การทดลองทั้ง 5 การทดลอง อยู่ในสภาวะภายใต้แสงในอาคารแบบเดียวกัน โดยมี การตั้งเป้าหมายการติดตามครอบคลุมพื้นที่ไม่น้อยกว่า 50% ของสร้อยคอทองคำ

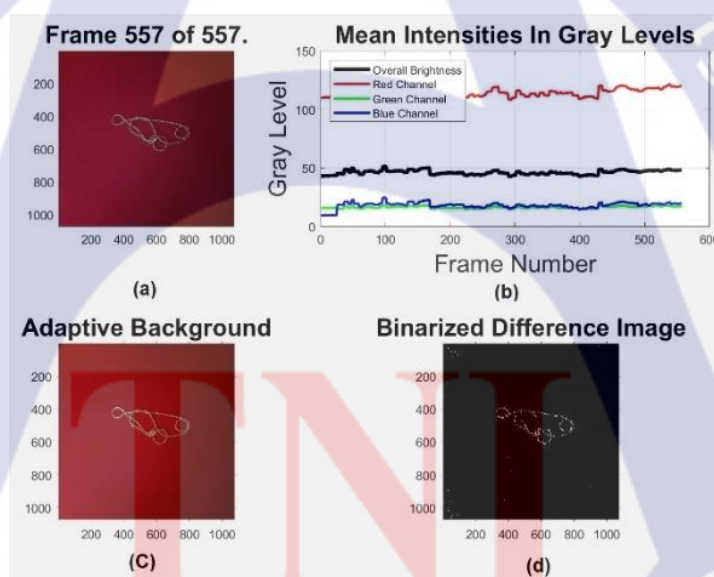
สรุปผลการทดลอง ตามผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 2 อัลกอริทึม GMM+ABS แสดงประสิทธิภาพในการติดตามที่ดีกว่าอัลกอริทึม GMM อย่างชัดเจน โดยอัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ 100% ทุกการทดลอง

เนื่องจากการทดลองอยู่ในสภาวะภายใต้แสงในอาคาร การรบกวนของแสง จึงน้อยกว่าการทดลองที่ติดหลอดไฟจำนวนมาก ลวดลาย และรูปร่างของสร้อยคอทองคำจึงมีผลกับการติดตามอย่างมาก การเคลื่อนที่ของข้อต่อ ของกลุ่มการทดลองนี้แม้จะหนาบางต่างกัน แต่การเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อกัน ทำให้สามารถติดตามได้ถูกต้อง

การทดลองที่ 1 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร ลายคอตกิต รูปแบบทับซ้อน

ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากที่ 4.5 ลายคอตกิต แบบทับซ้อน วิดีโอมีความยาว 20 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 557 \text{ frame}/20 \text{ sec} \\ &= 27.85 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.5 ผลการทดลอง ABS ลายคอตกิต รูปแบบทับซ้อน

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองส่วน Detection and Tracking

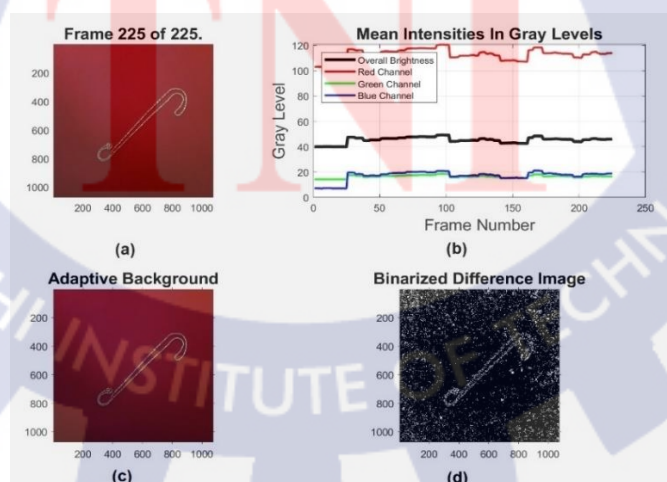


รูปที่ 4.6 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายคอตกิต รูปแบบทับซ้อน

จากรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำ ลายคอตกิต รูปแบบทับซ้อน ระหว่างอัลกอริทึม GMM และ อัลกอริทึม GMM+ABS พบว่า อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ 100% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 2

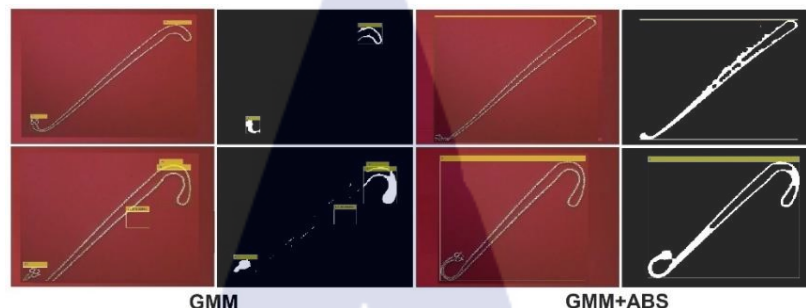
การทดลองที่ 2 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร ลายคอตกิต รูปแบบม้วน ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 4.7 ลายคอตกิต แบบทับซ้อน วิดีโอมีความยาว 7 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 225 \text{ frame}/7 \text{ sec} \\ &= 27.85 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.7 ผลการทดลอง ABS ลายคอตกิต รูปแบบม้วน

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองส่วน Detection and Tracking

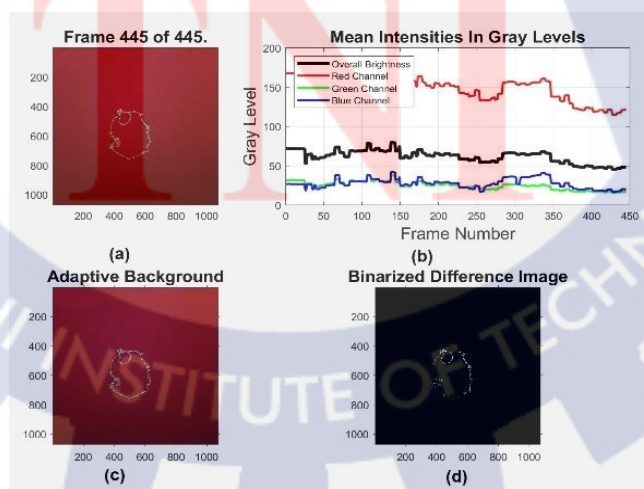


รูปที่ 4.8 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายคอตกิต รูปแบบม้วน

จากรูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอตกิต รูปแบบม้วน ระหว่างอัลกอริทึม GMM และอัลกอริทึม GMM+ABS พบว่าอัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอตกิตได้ 100% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 2

การทดลองที่ 3 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร ลายตะไเก่เขียว (สามเหลี่ยม)
ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 4.9 ลายคอตกิต แบบทับซ้อน วิดีโอมีความยาว 15 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 446 \text{ frame}/15 \text{ sec} \\ &= 29.73 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.9 ผลการทดลอง ABS ลายตะไเก่เขียว รูปแบบสามเหลี่ยม

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองส่วน Detection and Tracking



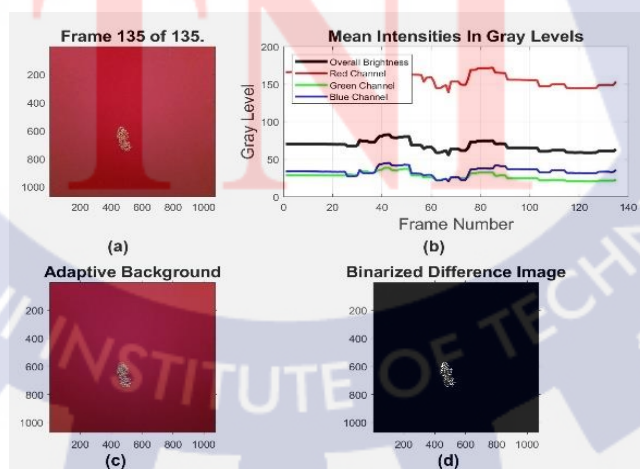
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายตะไบเกลียว รูปแบบสามเหลี่ยม

จากรูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำ ลายตะไบเกลียว รูปแบบสามเหลี่ยม ระหว่างอัลกอริทึม GMM และ อัลกอริทึม GMM+ABS พบว่า อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ 100% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 2

การทดลองที่ 4 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร ลายตะไบขั้นดุ่ม(สามเหลี่ยม)

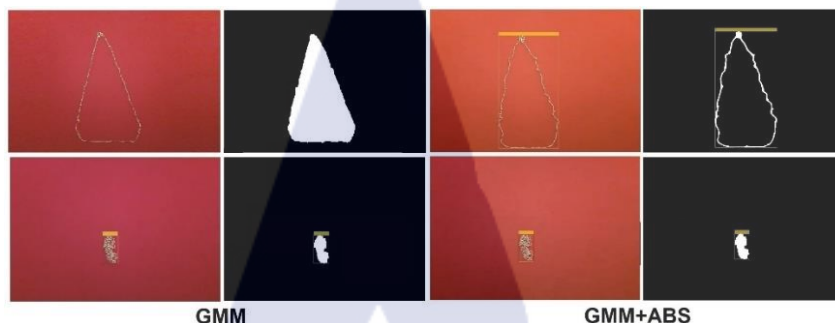
ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 4.11 ลายตะไบขั้นดุ่ม แบบสามเหลี่ยม วิดีโอมีความยาว 5 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 135 \text{ frame}/5 \text{ sec} \\ &= 27 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.11 ผลการทดลอง ABS ลายตะไบขั้นดุ่ม รูปแบบสามเหลี่ยม

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองส่วน Detection and Tracking



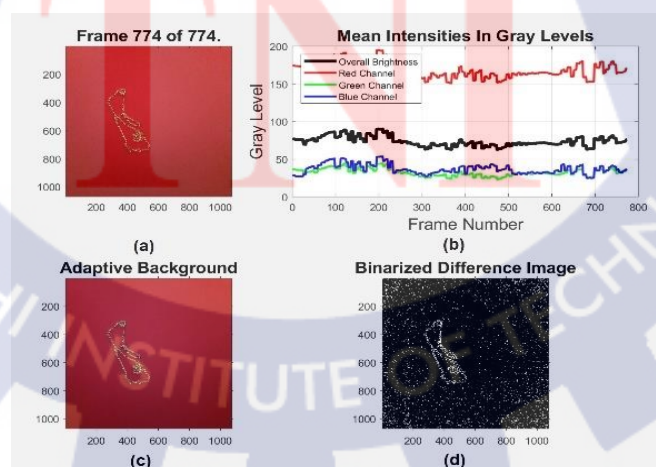
รูปที่ 4.12 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายตะไบชิ้นตู่ รูปแบบสามเหลี่ยม

จากรูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำ ลายตะไบชิ้นตู่ รูปแบบสามเหลี่ยม ระหว่างอัลกอริทึม GMM และ อัลกอริทึม GMM+ABS พบว่า อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ 100% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 2

การทดลองที่ 5 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร ลายผ้าหาวาย (แบบวงกลม)

ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 4.13 วิดีโอมีความยาว 27 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 774 \text{ frame}/27 \text{ sec} \\ &= 28.66 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.13 ผลการทดลอง ABS ลายผ้าหาวาย แบบวงกลม

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองส่วน Detection and Tracking



รูปที่ 4.14 ผลการทดลองตารางที่ 2 ลายหวาย รูปแบบวงกลม

จากรูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำ ลายหวาย รูปแบบวงกลม ระหว่างอัลกอริทึม GMM และ อัลกอริทึม GMM+ABS พบว่า อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ 100% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร

ลายสร้อยคอทองคำ	ติดตามเฟรมได้ถูกต้อง (%)		
	จำนวนเฟรมทั้งหมด	GMM	GMM + ABS
ลายคอตกิต (ทับซ้อน)	557	149(26.75%)	557(100%)
ลายคอตกิต (ม้วน)	225	58(25.77%)	225(100%)
ลายตะไบเกลียว (สามเหลี่ยม)	446	53(11.88%)	446(100%)
ลายตะไบขั้นตุ่ม (สามเหลี่ยม)	135	135(100%)	135(100%)
ลายหวาย (วงกลม)	774	486(62.79%)	774(100%)

4.1.3 ทดลองภายใต้แสงในอาคาร โดยใช้สร้อยคอทองคำ 2 เส้น

การทดลองนี้ ประเมินประสิทธิภาพการติดตามสร้อยคอทองคำ ภายใต้สภาวะแสงแบบภายในอาคาร โดยใช้สร้อยคอทองคำ 3 เส้น ลวดลายต่าง ๆ คือ ลายหวาย (Rattan) ลายคอตกิต (Khotkit) และลายตะไบขั้นตุ่ม (RBlistner)

การทดลองที่ 1 ติดตามสรั้อยคทองคำ 2 เส้นพร้อมกัน โดยใช้สรั้อยคทองคำ ลายผ่าหวายและลายคอตกิต

การทดลองที่ 2 ติดตามสรั้อยคทองคำ 2 เส้นพร้อมกัน โดยใช้สรั้อยคทองคำ ลายคอตกิตและลายตะไบขึ้นตุ่ม

เกณฑ์ประสิทธิภาพการติดตาม คือ ต้องสามารถติดตามส่วนใดส่วนหนึ่งของสรั้อยคทองคำได้อย่างน้อย 50% ขึ้นไป

ในการทดลองทั้งสองชุด ใช้ทั้งอัลกอริทึมติดตามแบบ GMM (Gaussian Mixture Model) และ GMM+ABS (Gaussian Mixture Model with Adaptive Background Subtraction)

อัลกอริทึม GMM+ABS ประสบความสำเร็จสูง สามารถติดตามสรั้อยคทองคำได้มากกว่า 95% และอัตราการติดตามสรั้อยคทองคำได้น้อยที่สุด 261 เฟรม จากทั้งหมด 270 เฟรม คิดเป็น 96.66%

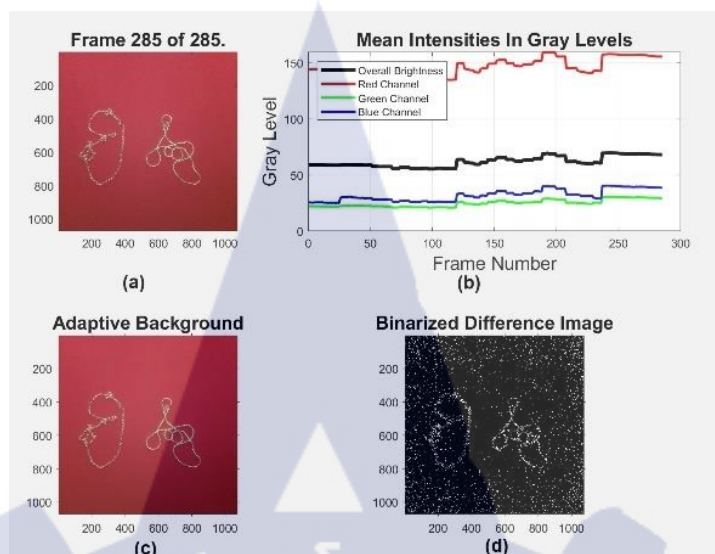
อัลกอริทึม GMM สามารถติดตามสรั้อยคทองคำได้ต่ำกว่า 50% ตลอดการทดลองทั้งสองชุด และอัตราการติดตามสรั้อยคทองคำได้น้อยที่สุด 106 เฟรม จากทั้งหมด 270 เฟรม คิดเป็น 39.25%

ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึม GMM+ABS แสดงประสิทธิภาพการติดตามที่ดีกว่าอัลกอริทึม GMM อย่างชัดเจน ตามผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 3

การทดลองที่ 1 ติดตามสรั้อยคทองคำ 2 เส้นพร้อมกัน โดยใช้สรั้อยคทองคำลายผ่าหวายและลายคอตกิต

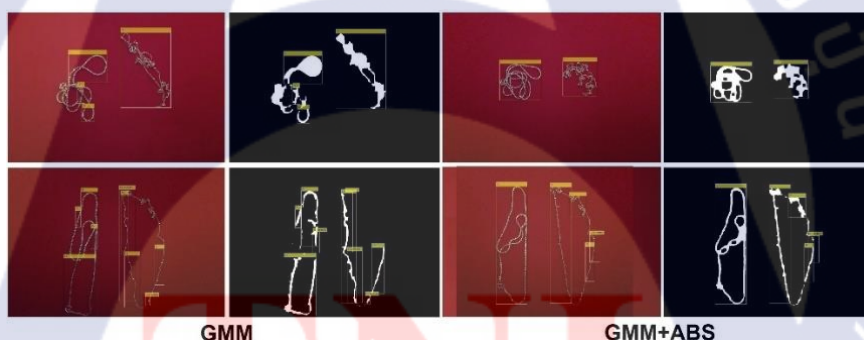
ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 4.15 ลายผ่าหวาย และลายคอตกิต วิดีโอมีความยาว 9 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 286 \text{ frame}/9 \text{ sec} \\ &= 31.77 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.15 ผลการทดลอง ABS ลายผ้าหาว และลายคอตกิต

ส่วนที่ 2 การทดลองส่วน Detection and Tracking



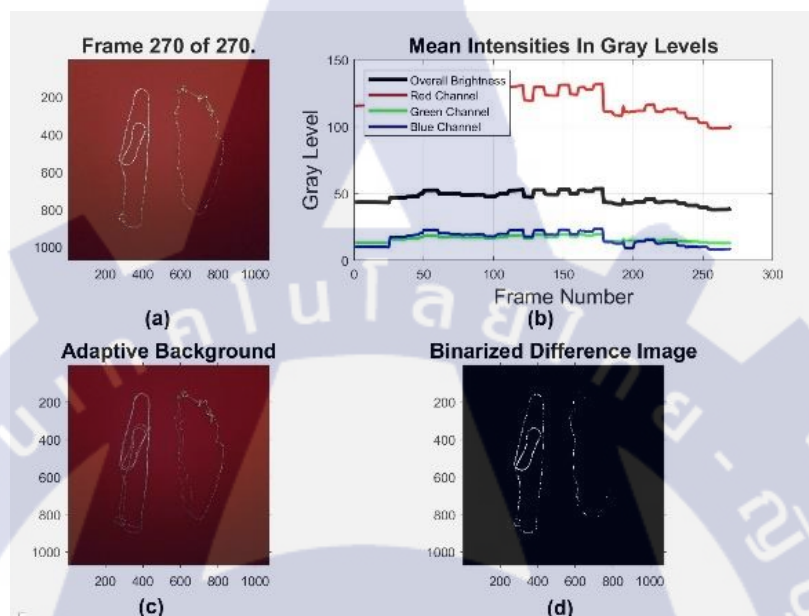
รูป 4.16 ผลการทดลองตารางที่ 3 ลายผ้าหาว และลายคอตกิต

รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบอัลกอริทึม GMM และอัลกอริทึม GMM+ABS โดยใช้สรั้อยคอตงคำ 2 เส้น ลายผ้าหาว และลายคอตกิต จากตารางที่ 3 อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามได้ครบทุกเฟรม คิดเป็น 100% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3

การทดลองที่ 2 ติดตามสรั้อยคอตงคำ 2 เส้นพร้อมกัน โดยใช้สรั้อยคอตงคำ ลายคอตกิตและลายตะโปขึ้นตุ่ม

ส่วนที่ 1 เป็นผลการทดลองส่วน Adaptive Background Subtraction (ABS) จากรูปที่ 4.17 ลายคอตกิต และลายตะไบเกลียว วิดีโอมีความยาว 9 วินาที

$$\begin{aligned}\text{อัตราเฟรม (FPS)} &= 270 \text{ frame}/9 \text{ sec} \\ &= 30 \text{ fps}\end{aligned}$$



รูปที่ 4.17 ผลการทดลอง ABS ลายคอตกิต และลายตะไบเกลียว

รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบอัลกอริทึม GMM และอัลกอริทึม GMM+ABS โดยใช้สร้อยคอทองคำ 2 เส้น ลายคอตกิต และลายตะไบเกลียว จากตารางที่ 3 อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามได้ถึง 96.66% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3 การนับเฟรมที่ติดตามได้ถูกต้องจะสิ้นสุดลงเมื่อ สร้อยคอทองคำเส้นใดเส้นหนึ่งไม่สามารถติดตามได้ หรือมีอัตราการครอบครองพื้นที่น้อยกว่า 50% ของพื้นที่

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองภายใต้แสงในอาคาร โดยใช้สร้อยคอทองคำ 2 เส้น

ลายสร้อยคอทองคำ	ติดตามเฟรมได้ถูกต้อง (%)		
	จำนวนเฟรมทั้งหมด	GMM	GMM + ABS
ลายผ้าหยาบ และลายคอตกิต	286	127(44.40%)	286(100%)
ลายคอตกิต และลายตะไบเกลียว	270	106(39.25%)	261(96.66%)

4.2 ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพการติดตาม

จากตารางผลการทดลองทั้ง 3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม GMM ก่อนและหลังการนำการลบพื้นหลังแบบปรับได้ (ABS) มาใช้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้อัลกอริทึม GMM ร่วมกับ ABS ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน นอกจากนี้จะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าเกณฑ์ (Threshold) ที่ได้จากการคำนวณ ABS เหมาะสำหรับการตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำที่ต้องการ แม้รูปร่างจะมีการเปลี่ยนแปลง ความแม่นยำในการติดตามยังคงอยู่ที่ระดับ 95% ขึ้นไป

ผลลัพธ์ตามประเด็นสำคัญ

1. อัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้ ดีกว่า GMM ในสถานะแสงไฟสว่างจ้า และแสงในอาคาร
2. อัลกอริทึม GMM+ABS ติดตามสร้อยคอทองคำได้ แม่นยำ แม้จะมีการเปลี่ยนรูปร่าง
3. อัลกอริทึม GMM มีประสิทธิภาพ ต่ำกว่า อัลกอริทึม GMM+ABS

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องการตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น ซึ่งการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ตามบทที่ 1 ได้นำเสนอข้อสรุปตามลำดับดังนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย
- 5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการสรุปผลของงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลตามวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในบทที่ 1 ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์รูปแบบสร้อยคอทองคำมีความท้าทายเฉพาะเจาะจงในการตรวจจับเนื่องจากลวดลายที่ซับซ้อนและขนาดเล็ก การตรวจจับสร้อยคอทองคำโดยตรงทำได้ยาก จึงใช้วิธีการหาค่าความแตกต่างระหว่างเฟรม ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในแต่ละเฟรม ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นสร้อยคอทองคำ

สร้อยคอทองคำที่เป็นตัวอย่างการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 รูปแบบ ลายคอตกิต มีข้อต่อเล็กและหนา เมื่อทับซ้อนกันจะมีลักษณะโค้งงอเป็นวง มีความยืดหยุ่นน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 ไม่สามารถกองรวมกันเป็นก้อนได้

กลุ่มที่ 2 รูปแบบ ลายตะไบขั้นตุ่ม, ลายตะไบเกลียว และ ลายผ่าหวาย มีข้อต่อเล็กและบาง มีความยืดหยุ่นสูง และเมื่อทับซ้อนกันพวกเขาจะเป็นกองหรือกลุ่มไว้ด้วยกัน

โดยสรุปอัลกอริทึม GMM+ABS สามารถติดตามสร้อยคอทองคำทั้ง 2 กลุ่มได้อย่างแม่นยำ ผลลัพธ์ของตาราง แสดงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม GMM+ABS และระว่าสูงสุดถึง 86.07% ของเฟรมสามารถติดตามได้อย่างถูกต้อง

ปัจจัยที่ช่วยส่งผลให้สามารถตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำได้ถูกต้อง ถูกเตรียมการอย่างดีทุกขั้นตอน การถ่ายวิดีโอ การกำจัดแสงรบกวน การลบพื้นหลัง และการใช้ Global Threshold ที่มีค่าต่ำ จะช่วยลดความไวต่อการสะท้อนแสง สำหรับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่งผลให้ระบบมีความแม่นยำและเชื่อถือได้มากขึ้น

ตารางที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์ของเฟรมที่ติดตามได้สำเร็จโดยการใช้อัลกอริทึม GMM+ABS

การทดลอง	จำนวนเฟรมที่ติดตามได้ถูกต้อง(%)	
	GMM	GMM+ABS
ติดหลอดไฟ LED 80 วัตต์ 2 หลอด	7.95%	18.81%
ติดหลอดไฟ LED 150 วัตต์ 2 หลอด	0%	7.95%
ทดลองภายใต้แสงในอาคาร ใช้สร้อยคอทองคำ 1 เส้น	45.43%	96.66%
ทดลองภายใต้แสงในอาคาร ใช้สร้อยคอทองคำ 2 เส้น	41.82%	98.33%

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับทองประเภทอื่น ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังนี้

1. ประเภททองปลอม ได้แก่ ทองนาโน และทองไมครอน ผลการทดลองออกมาไม่แตกต่างกัน เพราะทองนาโน และทองไมครอน จะมีแกนกลางเป็นวัตถุอื่น แต่ภายนอกเป็นทองจริง ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกันคือ มีความเงาแวววาว ทำให้เกิดการสะท้อนแสงได้ง่าย

2. ประเภทโลหะเคลือบสีทอง อย่างพวงกุญแจทอง ผลการทดลองให้ผลลัพธ์แตกต่างกัน คือ สามารถติดตามได้ดีกว่า เพราะพื้นผิวโลหะเกิดรอยขีดข่วน ทำให้คุณสมบัติมันแวววาวหายไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานวิจัย

5.3.1 ปัญหาจากตัวสร้อยคอทองคำ

- (1) สร้อยคอทองคำมีคุณสมบัติเงาแวววาว ทำให้เกิดการสะท้อนแสงได้ง่าย
- (2) สร้อยคอทองคำประกอบไปด้วยข้อต่อขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งมีลวดลายจำนวนมาก นำมาต่อกันเป็นตัวสร้อย รูปทรงต่าง ๆ ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อความสวยงาม รูปแบบจึงไม่ตายตัว ในสร้อยคอทองคำ 1 เส้น อาจประกอบไปด้วยข้อต่อที่มีขนาดไม่เท่ากัน ความหนาบางไม่เท่ากันทำให้ความยืดหยุ่นแต่ละช่วงต่างกัน
- (3) ความยืดหยุ่นจากข้อต่อ ทำให้สร้อยคอทองคำสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้อย่างอิสระ

5.3.2 ปัญหาด้านเทคนิค

- (1) มีการสะท้อนแสง และการเกิดเงา เป็นจำนวนมากเมื่อมีการเคลื่อนไหว ทำให้มีแนวโน้มที่สีจะผิดเพี้ยนไปจากสีทอง
- (2) การสะท้อนแสงและการเกิดเงา เป็นสัญญาณรบกวน ทำให้ตรวจจับ และติดตามได้ยาก

(3) ด้วยการทำงานที่เร็วของระบบคอมพิวเตอร์ ทำให้บางเฟรมมองไม่เห็น หรือเห็นเป็นเงา เมื่อสลับจอทองคำถูกแกว่ง

(4) ไม่สามารถสร้าง Dataset เพื่อเทียบเคียงลักษณะได้ จากการเปลี่ยนรูปร่างที่คาดเดาไม่ได้

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

งานในอนาคต มีงานที่มีศักยภาพ เช่น วิธีการกำจัดแสง และเทคนิคการปรับสีพื้นหลัง ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับสลับจอทองคำได้อย่างมีนัยสำคัญ เราสามารถใช้เวอร์ชันล่าสุดของ MATLAB ซึ่งรวมถึงชุดเครื่องมือเรียนรู้เชิงลึกที่ช่วยให้สามารถพัฒนาโมเดล AI เฉิงพิเศษเช่น CNN และ RNN ได้ สำหรับงานประมวลผลภาพและการวิเคราะห์แสง เราสามารถใช้ Python, C++, และ Java ได้ การเลือกใช้ภาษาโปรแกรมที่นิยมเช่น MATLAB, Python, C++ หรือ Java ขึ้นอยู่กับความต้องการของงานวิจัยและความชำนาญของผู้ใช้ การพิจารณาปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ ในการกำหนดวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกำจัดแสง

งานวิจัยที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับวัตถุที่พื้นหลังเป็นสีเดียว สามารถประยุกต์ใช้เรื่องการแบ่งส่วนสี เป็นเทคนิคในการประมวลผลภาพ ซึ่งช่วยให้เราแยกวัตถุบางอย่าง ออกจากสิ่งรอบตัวได้ นอกจากนี้ยังทำงานโดยการกรองผ่านสเปกตรัมสี เพียงบางแถบเท่านั้น โดยจะลบสีอื่นๆ ที่อยู่นอกเหนือจากนั้นออกไป และแทนค่าสีที่ต้องการ เป็นแนวความคิดอย่างหนึ่งที่น่าจะนำมาเป็นตัวอย่างในการประยุกต์ใช้กับงานนี้ได้เช่นกัน สามารถหาความรู้ได้จากเรื่อง Using HSV Color Space in MATLAB

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] X. Feng et al., "Computer vision algorithms and hardware implementations: A survey," *ScienceDirect*, vol. 69, pp. 309-320, November 2019.
- [2] L. Zhou et al., "Computer vision techniques in manufacturing," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 53, no. 1, pp. 105-117, January 2023, doi: 10.1109/TSMC.2022.3166397.
- [3] C. Chambers et al., "Computer vision to automatically assess infant neuromotor risk," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 28, no. 11, pp. 3236-3247, November 2020.
- [4] Y. Bi et al., "A Survey on evolutionary computation for computer vision and image analysis: Past, present, and future trends," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 27, no. 1, pp. 5-25, January 2023, doi: 10.1109/TEVC.2022.3220747.
- [5] H. Guo et al., "Neural 3D scene reconstruction with the manhattan-world assumption," in *2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, New Orleans, LA, USA, June 18-24, 2022, pp. 1-8, doi: 10.1109/CVPR52688.2022.00543.
- [6] Y. Li et al., "Clustering analysis in the wireless propagation channel with a variational gaussian mixture model," *IEEE Transactions on Big Data*, vol. 6, no. 2, pp. 223-232, June 2020, doi: 10.1109/TBDATA.2018.2840696.
- [7] E. Patel and D. S. Kushwaha, "Clustering cloud workloads: K-means vs gaussian mixture model," in *Procedia Computer Science*, vol. 171, pp. 158-167, January 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.04.017.
- [8] M. A. B. Siddique et al., "Digital image segmentation in matlab: A brief study on otsu's image thresholding," in *2018 International Conference on Innovation in Engineering and Technology (ICIET)*, Dhaka, Bangladesh, December 27-28, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/CIET.2018.8660942.
- [9] F. Riaz et al., "Gaussian mixture model based probabilistic modeling of images for medical image segmentation," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 16846-16856, January 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2967676.

- [10] M. Gogebakan, "A novel approach for gaussian mixture model clustering based on Soft Computing Method," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 159987-160003, November 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3130066.
- [11] Y. Zhang et al., "Gaussian mixture model clustering with incomplete data," *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, vol. 17, no. 1s, pp. 1-14, March 2021, doi: 10.1145/3408318.
- [12] P. Zhang et al., "Non-rigid object tracking via deep multi-scale spatial-temporal discriminative saliency maps," *Pattern Recognition*, vol. 100, pp. 107130, April 2020, doi: 10.1016/j.patcog.2019.107130.
- [13] S. Kumar, "Non-rigid structure from motion: Prior-free factorization method revisited," *2020 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, Snowmass, Co, USA, May 14, 2020, pp. 51-60, doi: 10.1109/WACV 45572.2020.9093514.
- [14] L. Torresani et al., "Tracking and modeling non-rigid objects with rank constraints," in *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, CVPR 2001, Kauai, HI, USA, March 1-5, 2020, pp. IV-493-IV-500, doi: 10.1109/CVPR.2001.990515.
- [15] C. Stauffer and W. E. L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," in *Proceedings 1999 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (Cat. No PR00149), Fort Collins, CO, USA, June 23-25, 1999, pp. I-246-I-252, doi: 10.1109/CVPR.1999.784637.
- [16] P. Xiang et al., "Visual attention and background subtraction with adaptive weight for hyperspectral anomaly detection," *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 14, no. 1, pp. 2270-2283, January 2021, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3043402.
- [17] Y. Zhang et al., "Background subtraction using an adaptive local median texture feature in illumination changes urban traffic scenes," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 130367-130378, July 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3009104.
- [18] A. M.-D. Kodjo and J. Yang, "Real-time moving object tracking in video," in *2012 International Conference on Optoelectronics and Microelectronics (ICoOM)*, Changchun, China, August 23-25, 2012, pp. 334-338, doi: 10.1109/ICoOM. 2012.6316342.

- [19] Q. Wang et al., “Fast online object tracking and segmentation: A unifying approach,” in *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, June, 15-20, 2019, pp. 1419-1428, doi: 10.1109/CVPR.2019.00142.
- [20] M. Zhou, “Feature extraction of human motion video based on virtual reality technology,” *IEEE Access*, Long Beach, CA, USA, vol. 8, pp. 155563-155575, August 2020, doi:10.1109/ACCESS.2020.3019233.





ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

โค้ดโปรแกรมเมตแล็บ เวอร์ชัน 2020a (MATLAB 2020a)



โค้ดการวิเคราะห์วิดีโอ และแสดงผล

```
% นับจำนวนเฟรมวิดีโอ
```

```
videoObject = VideoReader(movieFullFileName)
numberOfFrames = videoObject.NumberOfFrames;
vidHeight = videoObject.Height;
vidWidth = videoObject.Width;
numberOfFramesWritten = 0;
```

```
% แสดงผลวิดีโอ
```

```
hFig = figure('Name', 'Video Analyst', 'No. Frame', 'Off');
```

```
%(gcf create current number
```

```
hFig.WindowState = 'maximized'; % New way of maximizing.
```

```
% คำนวณค่า Mean ตามช่องสัญญาณ
```

```
meanGrayLevels = zeros(numberOfFrames, 1);
meanRedLevels = zeros(numberOfFrames, 1);
meanGreenLevels = zeros(numberOfFrames, 1);
meanBlueLevels = zeros(numberOfFrames, 1);
```

```
for frame = 1 : numberOfFrames
```

```
    % แยกเฟรมวิดีโอ
```

```
    thisFrame = read(videoObject, frame);
```

```
    % แสดงผลค่า Mean เป็นกราฟตามช่องสัญญาณ
```

```
    hImage = subplot(2, 2, 1);
```

```
    image(thisFrame);
```

```
    caption = sprintf('Frame %d of %d.', frame, numberOfFrames);
```

```
    title(caption, 'FontSize', fontSize);
```

```
    axis('on', 'image');
```

```
    drawnow;
```

```
    % Write the image array to the output file
```

```
    if writeToDisk
```



```

% Construct an output image file name.
outputBaseFileName = sprintf('Frame %4.4d.png', frame);
outputFullFileName = fullfile(outputFolder, outputBaseFileName);
frameWithText = getframe(gca);
imwrite(frameWithText.cdata, outputFullFileName, 'png');
end

% คำนวณค่าเฉลี่ยระดับสีเทา
grayImage = rgb2gray(thisFrame);
meanGrayLevels(frame) = mean(grayImage(:));

% คำนวณค่าเฉลี่ยระดับสี R, G และ B
meanRedLevels(frame) = mean(mean(thisFrame(:, :, 1)));
meanGreenLevels(frame) = mean(mean(thisFrame(:, :, 2)));
meanBlueLevels(frame) = mean(mean(thisFrame(:, :, 3)));

% Plot ค่าเฉลี่ยระดับสีเทา
hPlot = subplot(2, 2, 2);
hold off;
plot(meanGrayLevels, 'k-', 'LineWidth', 3);
hold on;
plot(meanRedLevels, 'r-', 'LineWidth', 2);
plot(meanGreenLevels, 'g-', 'LineWidth', 2);
plot(meanBlueLevels, 'b-', 'LineWidth', 2);
grid on;
if frame == 1
    xlabel('Frame Number');
    ylabel('Gray Level');
    [rows, columns, numberOfColorChannels] = size(thisFrame);
end

```

โค้ด Method Adaptive Background Subtraction (ABS)

```
% do the differencing
alpha = 0.5;
if frame == 1
    Background = thisFrame;
else
    % Change background slightly at each frame
    % Background(t+1)=(1-alpha)*I+alpha*Background
    Background = (1-alpha)* thisFrame + alpha * Background;
end
% Display the changing/adapting background.
subplot(2, 2, 3);
imshow(Background);
title('Adaptive Background', 'FontSize', fontSize);
axis('on', 'image'); % Show tick marks and get aspect ratio correct.
% Calculate a difference between this frame and the background.
differenceImage = thisFrame - uint8(Background);
% Threshold with Otsu method.
grayImage = rgb2gray(differenceImage); % Convert to gray level
thresholdLevel = graythresh(grayImage); % Get threshold.

binaryImage = im2bw( grayImage, thresholdLevel); % Do the binarization
% Plot the binary image.
subplot(2, 2, 4);
imshow(binaryImage);
title('Binarized Difference Image', 'FontSize', fontSize);
axis('on', 'image'); % Show tick marks and get aspect ratio correct.
```

โค้ด Method Gaussian Mixture Model (GMM)

```
% แทนที่ตัวแปรขั้นต่ำพื้นหลังอัตราส่วนด้วยค่า Global Threshold ขั้นต่ำ จาก Adaptive  
Background Subtraction  
% ตรวจจับและติดตามสรั้อยคทองคำในวิดีโอโดยใช้ฟังก์ชันเครื่องตรวจจับเบื้องต้นโดยอิงตาม  
Gaussian Mixture Model (GMM)  
  
obj.detector = vision.ForegroundDetector('NumGaussians', 3, ...  
    'NumTrainingFrames',25, 'MinimumBackgroundRatio', AdapB);  
  
obj.blobAnalyser = vision.BlobAnalysis('BoundingBoxOutputPort', true, ...  
    'AreaOutputPort', true, 'CentroidOutputPort', true, ...  
    'MinimumBlobArea', 400);
```

ภาคผนวก ข.

เอกสารการนำเสนอภาพนิ่งสอบป้องกันวิทยานิพนธ์



เอกสารการนำเสนอภาพนิ่งสอบป้องกันวิทยานิพนธ์

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี
ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

Detection and
tracking of jewelry in
a gold shop using
computer vision
techniques

Araya
Thanakirkphon
2163110048

Sapransit
Mruetusatorn, Ph.D
Thesis advisor

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรีในร้านทองด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 1 บทนำ

- 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
- 1.2 ประเด็นและปัญหาการวิจัย
- 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 1.4 ขอบเขตของการวิจัย
- 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

- 3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย
- 3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง
- 3.3 วิธีประเมินผลลัพธ์

บทที่ 4 ผลการวิจัย

- 4.1 ผลการทดลอง
- 4.2 สรุปผลลัพธ์การวิจัย

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

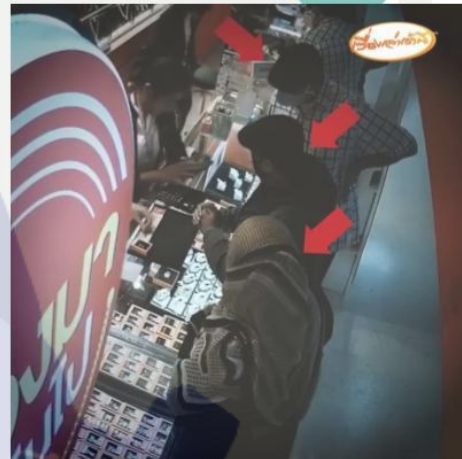
- 5.1 สรุปผลการวิจัย และปัญหาที่พบ
- 5.2 ข้อเสนอแนะ

การตรวจจับและติดตามจีวเตรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

3

บทที่ 1 บทนำ (1/4)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา



ที่มา : <https://shorturl.asia/W4y5x>

การตรวจจับและติดตามจีวเตรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

4

บทที่ 1 บทนำ (2/4)

1.2 ประเด็นและปัญหาการวิจัย

- 1.2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสร้อยคอทองคำอย่างอิสระ
- 1.2.2 สร้อยคอทองคำมีขนาดเล็ก ทำให้การเคลื่อนไหวในอัตราปกติสามารถส่งผลให้ ข้อมูลในบางเฟรมของวิดีโอหายไป
- 1.2.3 สร้อยคอทองคำมีคุณสมบัติ ผิวมันวาว และสะท้อนแสง ยากต่อการตรวจจับ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับและติดตาม วัตถุแบบรูปทรงไม่คงตัว เช่น สร้อยคอทองคำ

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

5

บทที่ 1 บทนำ (3/4)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 วัตถุที่เป็นเป้าหมายคือ สร้อยคอทองคำ
- 1.4.2 ถาดวางสร้อยคอทองคำด้วยผ้ากำมะหยี่สีแดง
- 1.4.3 ถ่ายวิดีโอ ด้วยวิธี Stop Motion
- 1.4.3 ใช้เครื่องมือในการประมวลผลคือ MATLAB

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถติดตามสร้อยคอทองคำ ที่เป็นวัตถุประเภท non-rigid ได้
- 1.5.2 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ กับวัตถุอื่นที่มีลักษณะผิวมันวาวได้

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

6

บทที่ 1 บทนำ (4/4)

ทองรูปพรรณ และทองแท่ง



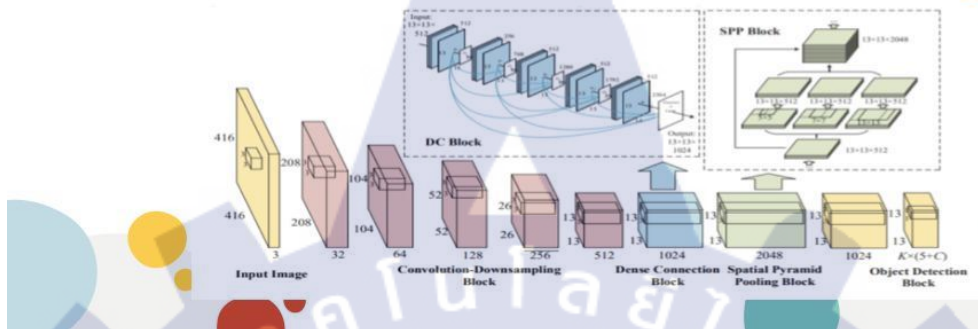
การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (1/9)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer Vision) [2],[4] การตรวจจับอินสแตนซ์ของวัตถุเชิงความหมายบางประเภท เช่น มนุษย์ อาคาร หรือรถยนต์ การตรวจจับใบหน้า (Face detection) และการเฝ้าระวังผ่านวิดีโอ



การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

8

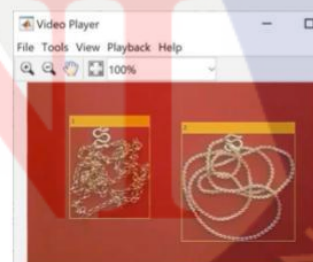
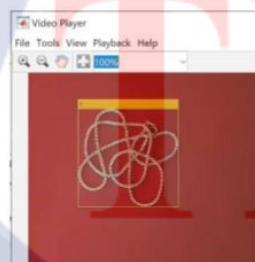
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2/9)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การติดตามวัตถุผ่านวิดีโอด้วยคอมพิวเตอร์วิชั่น

การติดตามแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การติดตามวัตถุเดี่ยว (SOT)
2. การติดตามวัตถุหลายรายการ (MOT)[16]



การตรวจจับและติดตามจีวเผลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

9

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (3/9)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Gaussian mixture model (GMM)

- เป็นหมวดหมู่ของแบบจำลองความน่าจะเป็น[6]-[8] จากการผสมแบบกระจายแบบเกาส์
- พารามิเตอร์มาจากการประมาณค่าสูงสุดหลังหรือก่อนหน้าซึ่งผ่านการฝึกอบรม



การตรวจจับและติดตามจีวเผลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

10

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (4/9)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Image Segmentation แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. Region based segmentation แยกจากตำแหน่งของ พิกเซลและความเหมือนกันถ้าพิกเซลที่อยู่ติดกันจะถูกจัดให้เข้ากลุ่มเดียวกัน
2. Edge-Based Image Segmentation การแบ่งส่วนตามขอบรูปภาพ แสดงถึงตำแหน่งของภาพที่ไม่ต่อเนื่องในระดับสีเทา สีพื้นผิว ฯลฯ

[21],[22]

[10],[18]

การตรวจจับและติดตามจีวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

11

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (5/9)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

- นำมาประยุกต์ใช้กับงานงานรักษาความปลอดภัย
- การนับจำนวนวัตถุ
- จำแนก และตรวจจับวัตถุที่อยู่ในรูป[14],[23] การตรวจจับ มาร์กจุด มาร์กพื้นที่ โดยหลักการนี้ สามารถทำได้หลายวิธี การทำมาร์กพื้นที่ที่นิยมได้แก่ วาดกล่องรอบวัตถุ (Bounding Box)[21] หรือ ถมสีให้ทุก Pixel ของวัตถุนั้น

การตรวจจับและติดตามจีวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (6/9)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Non Rigid) [22]



ทองคงรูปร่าง (Rigid)



ที่มา <https://chinhuaheng.com/store/>

การตรวจจับและติดตามจีวเผลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

13

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (7/9)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้องานวิจัย	วิธีการ	ผลการทดลอง
[6] Clustering Analysis in the Wireless Propagation Channel with a Variational Gaussian Mixture Model	GMM K-MEAN	- GMM มีประสิทธิภาพมากกว่า K-means - การทำคลัสเตอร์แบบ GMM มีความสามารถในการค้นพบการแจกแจงและรูปแบบที่สูงกว่า ความสัมพันธ์ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ซึ่งจำเป็นสำหรับการจัดกลุ่มหลายช่องสัญญาณ
[7] Clustering, Cloud Workloads: K-Means vs Gaussian Mixture Model	GMM K-MEAN	K-Means เป็นวิธีการจัดกลุ่มที่ง่ายและรวดเร็ว แต่ไม่สามารถจับความแตกต่างปริมาณงานจริงบนคลาวด์ได้ GMM สามารถค้นพบรูปแบบที่ซับซ้อนและจัดกลุ่มได้ตรงกับชุดข้อมูลจริง

การตรวจจับและติดตามจีวเผลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

14

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (8/9)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้องานวิจัย	วิธีการ	ผลการทดลอง
[9] An improved Gaussian Mixture Method based Background Subtraction Model for Moving Object Detection in Outdoor Scene	GMM เพื่ออัปเดตพิกเซลของโมเดลพื้นหลัง	สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งกับ GMM และวิธีอื่น
[10] Gaussian Mixture Model Based Probabilistic Modeling of Images for Medical Image Segmentation	GMM ทำการแบ่งส่วนรูปภาพแบบไม่อิงตามการแจกแจงความน่าจะเป็นของวัตถุและพื้นหลัง	ใช้แบ่งส่วนกับงานทางการแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

การตรวจจับและติดตามจีวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

15

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (9/9)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้องานวิจัย	วิธีการ	ผลการทดลอง
[22] Non-Rigid Structure from Motion: Prior-Free Factorization Method Revisited	อ้างเหตุผลทางทฤษฎีการประมาณการเคลื่อนไหวประเภทไม่คงรูป เพิ่มประสิทธิภาพ อัลกอริทึมแยกองค์ประกอบ	ทำให้เข้าใจการวิจัยใน Non-Rigid Structure from Motion (NRSFM) โดยการใช้สมมติฐานที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสมเกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปร่าง เช่น มันเปลี่ยนรูปร่างได้อย่างราบรื่นบนพื้นผิว และขยายพื้นที่ในระดับต่ำ
[23] Tracking and modeling non-rigid objects with rank constraints	ทำการติดตามและสร้างวัตถุที่เปลี่ยนรูปแบบ 3 มิติ ที่อยู่ระหว่างการหมุน และการเสียรูป	สามารถประมาณค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้การผสมผสานเชิงเส้นของรูปร่างพื้นฐาน 3 มิติ ทำให้เกิดขอบเขตกับอันดับของเมทริกซ์การติดตาม

การตรวจจับและติดตามจีวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

16

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (1/10)

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย

แผนงานในการดำเนินการทำงานวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

1. ผู้วิจัยหาหัวข้อสำหรับงานวิจัย ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การเตรียมอุปกรณ์ และเขียนโปรแกรม MATLAB โดยใช้ Gaussian Mixture Model (GMM) ร่วมกับ Adaptive Background
3. ขั้นตอนสรุป ในขั้นตอนนี้จะทำการสรุปผลการทดลอง ตามกรณีศึกษาต่าง ๆ ทั้งหมด การดำเนินงานวิจัยเป็นไปตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ตามรูปที่ 3.1

ปัญหาที่พบ

- สร้อยคอทองคำเป็นวัตถุขนาดเล็กที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ มีคุณสมบัติผิวมันวาว และสะท้อนแสง
- Computer Vision เห็นเป็นภาพที่ไม่สมบูรณ์

17

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (2/10)

รูปภาพที่ 3.1 อธิบายภาพรวมขั้นตอนการทำงาน



18

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

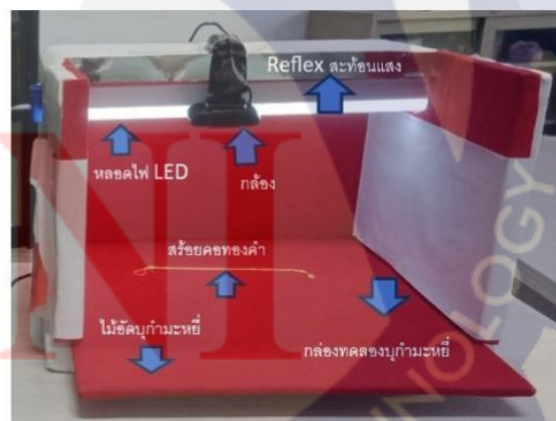
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (3/10)

3.2 ศึกษาสภาพแวดล้อมของร้านขายทอง

3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้
- โปรแกรม MATLAB version 2020a

รูปภาพที่ 3.2 กล้องการทดลอง และอุปกรณ์ ที่เกี่ยวข้อง



การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (4/10)

3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบลำดับการทำงานเป็น 2 ขั้นตอนหลัก

1. การถ่ายวิดีโอสร้อยคอทองคำ ด้วยวิธี Stop motion

วิธีการ Stop motion คือ การขยับสร้อยคอทองคำให้เคลื่อนที่เล็กน้อย ถ่ายวิดีโอ และหยุดภาพ เพื่อขยับต่อ วนซ้ำจน สร้อยคอทองคำ เปลี่ยนรูปร่าง ไม่ให้มือ เข้าไปอยู่ในวิดีโอ เพราะ ไม่ได้ใช้ Dataset



รูปภาพที่ 3.3 การถ่ายวิดีโอสร้อยคอทองคำ

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

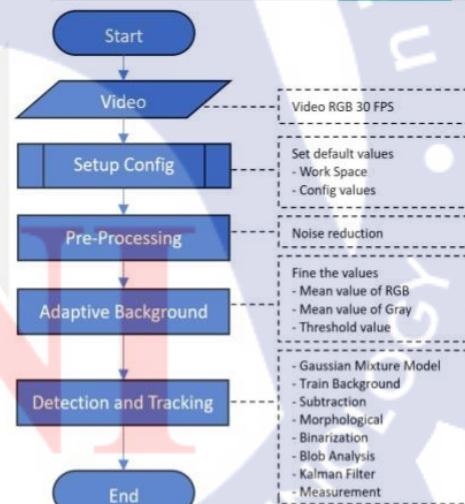
20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (5/10)

3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

2. กระบวนการทำงานของโปรแกรม

รูปภาพที่ 3.4 Flowchart อธิบายขั้นตอนภาพรวมการทำงาน



การตรวจจับและติดตามจิวเวอรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

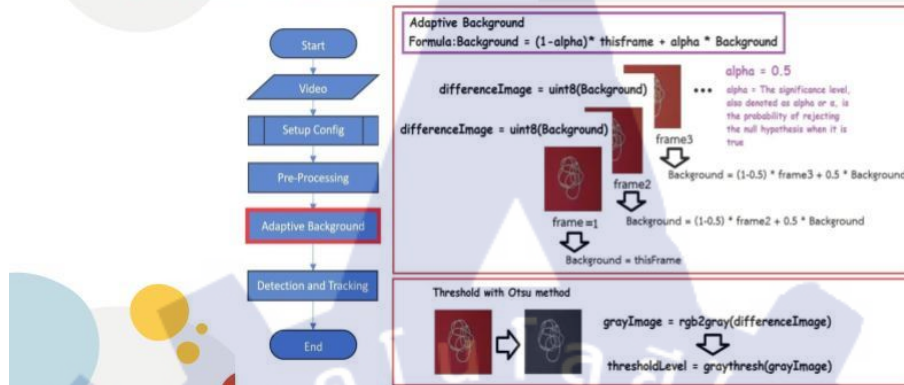
21

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (6/10)

3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

2. กระบวนการทำงานของโปรแกรม [25],[26]

รูปภาพที่ 3.5 Flowchart อธิบายขั้นตอนการทำงานของ Adaptive Background



การตรวจจับและติดตามจิวเวอรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (7/10)

3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

2. กระบวนการทำงานของโปรแกรม

รูปภาพที่ 3.6 Flowchart ขั้นตอนการทำงานในการตรวจจับและติดตามสร้อยคอทองคำ



3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

รูปภาพที่ 3.9 ตัวอย่างโปรแกรมในส่วนการคำนวณ Adaptive Threshold

รูปภาพที่ 3.10 ค่าที่ได้จากการประมวลผล Adaptive background

[illegible]

24

3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

```

1- close all; % Close all figures (except those of imtool.)
2-
3- imtool close all; % Close all imtool figures.
4- clear; % Erase all existing variables.
5- workspace; % Make sure the workspace panel is showing.
6-
7- fontSize = 16;
8-
9- Partfolder = fileparts('C:\Research\Project\Video\AVI\150W_2\');
10- filename = 'Khotkit_Roll4_150W_2.avi'
11-
12- movieFullFileName = fullfile(Partfolder,filename);
13-
14-
15-
16-
17-
18-
19-
20-
21-
22-
23-
24-
25-
26-
27-
28-
29-
30-
31-
32-
33-
34-
35-
36-
37-
38-
39-
40-
41-
42-
43-
44-
45-
46-
47-
48-
49-
50-
51-
52-
53-
54-
55-
56-
57-
58-
59-
60-
61-
62-
63-
64-
65-
66-
67-
68-
69-
70- obj.detector = vision.ForegroundDetector('NumGaussians', 3, ...
71- 'NumTrainingFrames',25, 'MinimumBackgroundRatio', AdapB);
72-
73-
74-
75-
76-
77-
78-
79-
80-
81-
82-
83-
84-
85-
86-
87-
88-
89-
90-
91-
92-
93-
94-
95-
96-
97-
98-
99-
100-

```

รูปภาพที่ 3.7 กำหนดพื้นที่และค่าตั้งต้นของระบบ

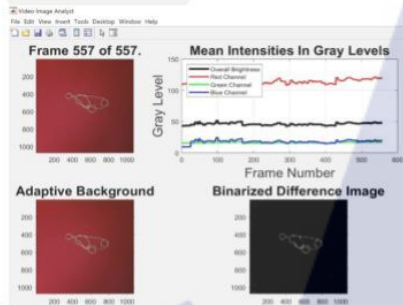
รูปภาพที่ 3.8 คำานวน GMM+Adaptive Background

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

25

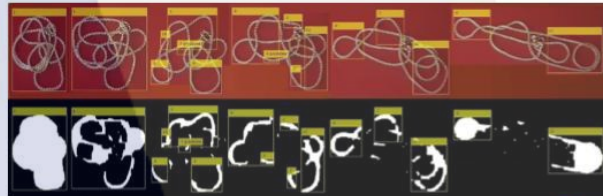
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (10/10)

3.2 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

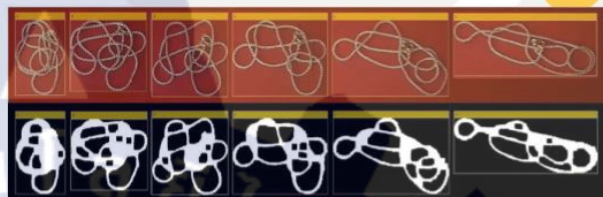


รูปภาพที่ 3.11 ตัวอย่าง กราฟ Adaptive Background

รูปภาพที่ 3.12 ตัวอย่างการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM



รูปภาพที่ 3.13 ตัวอย่างการติดตามสร้อยคอทองคำด้วยอัลกอริทึม GMM ร่วมกับ Adaptive Background



การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

26

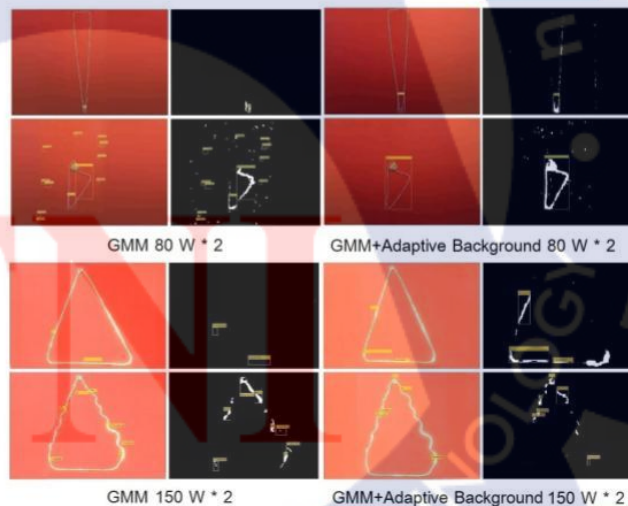
บทที่ 4 ผลการวิจัย (1/8)

4.1 ผลการทดลอง

ประเมินประสิทธิภาพการติดตาม
โดยใช้เฟรมสุดท้ายที่ติดตามได้ถูกต้องของวิธี
Adaptive Background เพื่อเปรียบเทียบกับ
โดยใช้เฟรมเดียวกัน

รูปภาพที่ 4.1 รูปตัวอย่างผลการทดลองในกล้องทดลองที่ติดตั้ง
หลอดไฟ 80 w * 2 หลอด

รูปภาพที่ 4.2 รูปตัวอย่างผลการทดลองในกล้องทดลองที่ติดตั้ง
หลอดไฟ 150 w * 2 หลอด



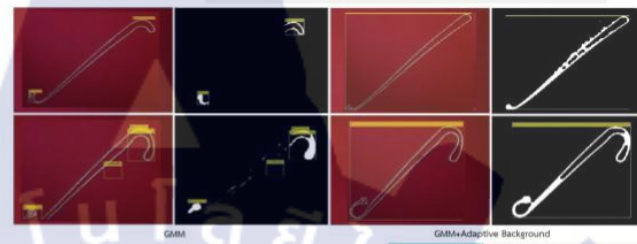
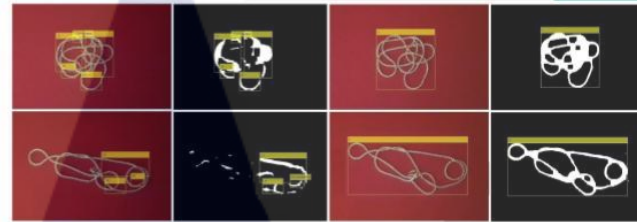
27

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 4 ผลการวิจัย (2/8)

4.1 ผลการทดลอง

รูปภาพที่ 4.3-4.4 รูปผลการทดลองในกล้องทดลอง
โดยใช้แสงภายในอาคาร



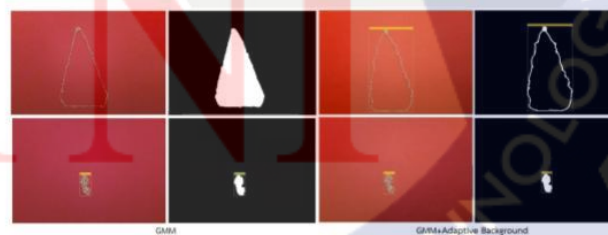
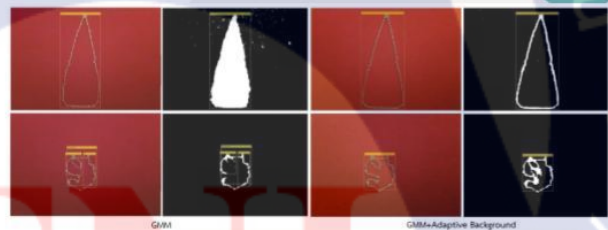
28

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 4 ผลการวิจัย (3/8)

4.3 รูปผลการทดลอง

รูปภาพที่ 4.5-4.6 รูปผลการทดลองในกล้องทดลอง
โดยใช้แสงภายในอาคาร



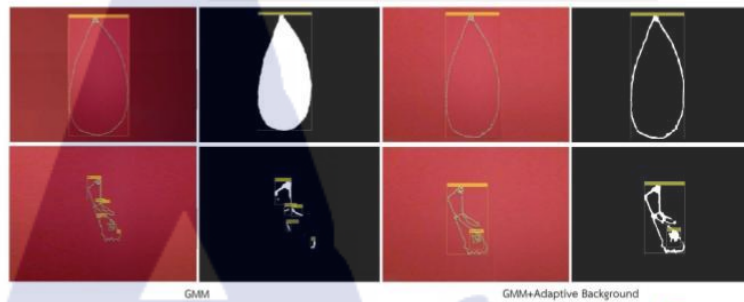
29

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 4 ผลการวิจัย (4/8)

4.3 รูปผลการทดลอง

รูปภาพที่ 4.7 รูปผลการทดลองในกล่องทดลองโดยใช้แสงภายในอาคาร



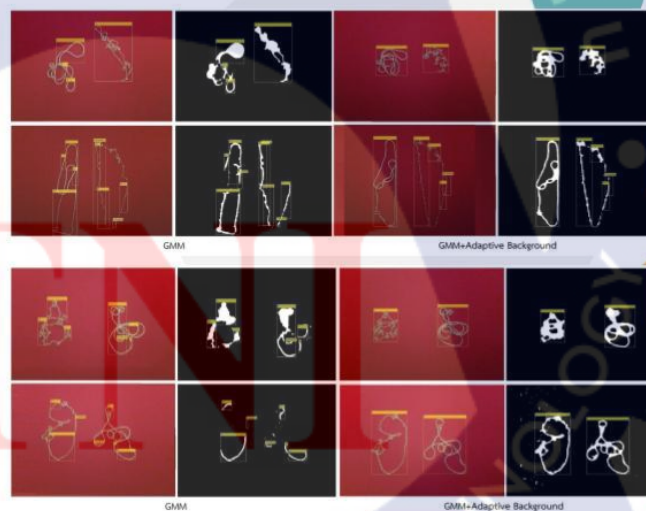
30

การตรวจจับและติดตามจิวเวลรี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 4 ผลการวิจัย (5/8)

4.3 รูปผลการทดลอง

รูปภาพที่ 4.8-4.9 รูปผลการทดลองในกล่องทดลองโดยใช้แสงภายในอาคาร และใช้สไลด์จอทองคำ 2 เส้น



31

การตรวจจับและติดตามจีวเตรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 4 ผลการวิจัย (6/8)

4.2 ตารางแสดงผลพ้งานวิจัย

4.2.1 ตารางผลการทดลอง ในกล้องที่ติดหลอดไฟ

ลายสร้อยคอทองคำ	เปอร์เซ็นต์ของเฟรมที่ติดตามได้ถูกต้อง			
	วัตถุ	จำนวนเฟรม	GMM	GMM + Adaptive Background
ลายคอตกิต รูปแบบ: รูปสามเหลี่ยม	300	494	0(0%)	330(66.80%)
ลายคอตกิต รูปแบบ: ม้วน	160	792	63(7.95%)	149(18.81%)

32

การตรวจจับและติดตามจีวเตรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

บทที่ 4 ผลการวิจัย (7/8)

4.2 ตารางแสดงผลพ้งานวิจัย

4.2.2 ตารางผลการทดลอง โดยใช้แสงภายในอาคาร

ลายสร้อยคอทองคำ	เปอร์เซ็นต์ของเฟรมที่ติดตามได้ถูกต้อง		
	จำนวนเฟรม	GMM	GMM + Adaptive Background
ลายคอตกิต รูปแบบ: สร้อยทับซ้อนกัน	557	149(26.75%)	557(100%)
ลายคอตกิต รูปแบบ: ม้วน	225	58(25.77%)	225(100%)
ลายตะไบขันตุม รูปแบบ: สามเหลี่ยม	135	135(100%)	135(100%)
ลายตะไบเกลียว รูปแบบ: วงกลม	445	53(11.88%)	445(100%)
ลายหวาย รูปแบบ: วงกลม	774	486(62.79%)	774(100%)

การตรวจจับและติดตามจีเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

33

บทที่ 4 ผลการวิจัย (8/8)

4.2 ตารางแสดงผลฟังก์ชันวิจัย

4.2.3 ตารางผลการทดลอง โดยใช้แสงภายในอาคาร และใช้สร้อยคอทองคำ 2 เส้น

ลายสร้อยคอทองคำ	เปอร์เซ็นต์ของเฟรมที่ติดตามได้ถูกต้อง		
	จำนวนเฟรม	GMM	GMM + Adaptive Background
ลายหวาย และลายคอตกิต	286	127(44.40%)	286(100%)
ลายคอตกิต และลายตะโบขึ้นตุ้ม	270	106(39.25%)	261(96.66%)

การตรวจจับและติดตามจีเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

34

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ (1/2)

5.1 สรุปผลการวิจัย และปัญหาที่พบ

- สร้อยคอทองคำเป็นวัตถุที่มีเอกลักษณ์สูง ลายของสร้อยคอทองคำ ที่มีจำนวนมาก
- ค่าที่ทำให้ผลการตรวจจับที่มีความเป็นไปได้สูง เป็นค่า Threshold ที่ค่อนข้างต่ำ
- สร้อยคอทองคำมีขนาดเล็ก การตรวจจับที่สร้อยคอทองคำโดยตรงจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก แต่หากทำที่พื้นหลังจะมีความเป็นไปได้มากกว่าที่จะเห็นความแตกต่างนั้น และนำมาสู่ความสำเร็จในการแก้ไขปัญหา สามารถติดตามสร้อยคอทองคำได้มากกว่า 90%

แต่อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหานี้ในงานวิจัยนี้ คิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะสร้อยคอทองคำที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของการทดลองนี้เท่านั้น จึงไม่

อาจนำไปอ้างอิง กับงานวิจัยอื่น ๆ ได้

การตรวจจับและติดตามจีวเอร์รี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

35

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ (2/2)

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการสังเกตที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว จะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้ดียิ่งขึ้นได้ ผู้วิจัยขอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยการใช้วิธี color slicing กับพื้นหลัง เนื่องจากพื้นถาดกำมะหยี่ที่รองสร้อยคอทองคำเป็นสีเดียว จึงมีแนวโน้มที่จะทำให้การตรวจจับมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

การตรวจจับและติดตามจีวเอร์รี่ ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

36

เอกสารอ้างอิง

- [1] Xin Feng et al., Computer vision algorithms and hardware implementations: A survey, 2019, DOI: 10.1016/j.vlsi.2019.07.005
- [2] L. Zhou, L. Zhang, N. Konz, Computer Vision Techniques in Manufacturing, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics: Systems, vol. 53, Issue: 1, 2023, pp: 105 – 117, DOI: 10.1109/TSMC.2022.3166397
- [3] C. Claire, S. Nidhi and S. Rachit et al., Computer Vision to Automatically Assess Infant Neuromotor Risk, IEEE Transactions on neural system and rehabilitation engineering, vol. 28, no.11, 2020, DOI: 10.1145/3054926
- [4] G. Haoyu, P. Sidag and L. Haotong et al., Neural 3D Scene Reconstruction with the Manhattan-world Assumption, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022, Electronic ISBN:978-1-6654-6946-3, ISSN: 2575-7075, DOI: 10.1109/CVPR52688.2022.00543
- [5] B. Ying, X. Bing and M. Pablo, et al., A Survey on Evolutionary Computation for Computer Vision and Image Analysis: Past, Present, and Future Trends, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2023, vol.27, Issue: 1, pp.5–25, DOI:10.1109/TEVC.2022.3220747
- [6] L. Yupeng, Z. Jianhua and M. Zhanyu, Clustering Analysis in the Wireless Propagation Channel with a Variational Gaussian Mixture Model, EEE TRANSACTIONS ON BIG DATA, vol. 6, NO. 2, 2020, pp. 223 – 232, doi:10.1109/TBDATA.2018.2840696

การตรวจจับและติดตามจีวเตรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

37

เอกสารอ้างอิง

- [7] E. Patel, D. Kushwaha and et al., Clustering, Cloud Workloads: K-Means vs Gaussian Mixture Model, Procedia Computer Science, vol. 171, 2020, pp.158- 167.
- [8] M. Gogebakan, A Novel Approach for Gaussian Mixture Model Clustering Based on Soft Computing Method, 2021, DOI:10.1109/ACCESS.2021.3130066
- [9] A. Rezoana, K. Mohammad, Digital Image Segmentation in Matlab: A Brief Study on OTSU's Image Thresholding, 2018 International Conference on Innovation in Engineering and Technology (ICIET), 2019, DOI: 10.1109/CIET.2018.8660942
- [10] R. Farhan, R. Saad and Muhammad et al., Gaussian Mixture Model Based Probabilistic Modeling of Images for Medical Image Segmentation, 2020, DOI:10.1109/ACCESS.2020.2967676
- [11] A. Supriya, N. Prachi, An improved Gaussian Mixture Method based Background Subtraction Model for Moving Object Detection in Outdoor Scene, 2021 Fourth International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 2021, DOI: 10.1109/ICECCT52121.2021.9616883
- [12] Y. Zhang, L. Miaomiao and W. Shiwei, Gaussian Mixture Model Clustering with Incomplete Data, ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications, 2021, DOI:10.1145/3408318

การตรวจจับและติดตามจีวเตรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

38

เอกสารอ้างอิง

- [13] Gang Hua et al., Introduction to the special section on real-world face recognition, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.33, Issue:10, pp.1921-1924, 2011, DOI:10.1109/TPAMI.2011.182
- [14] Y. Chen et al., Video-based face recognition via joint sparse representation, IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG), 2013, DOI: 10.1109/FG.2013.6553787
- [15] H. Jiang, E. Learned-Miller, Face Detection with the Faster R-CNN, IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2017), 2017, DOI: 10.1109/FG.2017.82
- [16] P. Ranipa and K. Naina, Real Time Moving Object Tracking in Video Processing, International Journal of Engineering Research and General Science, vol.3, Issue: 1, 2015, ISSN 2091-2730
- [17] L. Eunsung et al., Contrast Enhancement Using Dominant Brightness Level Analysis and Adaptive Intensity Transformation for Remote Sensing Images, IEEE Geoscience and remote sensing letters, vol.10, no.1, Issue: 1, 2013
- [18] L. Yangbin Lin et al., Facet Segmentation based Line Segment Extraction for Large Scale Point Clouds, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 55, Issue: 9, pp. 4839-4854, 2017, DOI:10.1109/TGRS.2016.2639025

การตรวจจับและติดตามจีเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

39

เอกสารอ้างอิง

- [19] B. Linchao, W. Baoyuan and L. Wei, CNN in MRF: Video Object Segmentation via Inference in a CNN-Based Higher-Order Spatiotemporal MRF, 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018, DOI:10.1109/CVPR.2018.00626
- [20] Qiang Wang et al., Fast Online Object Tracking and Segmentation: A Unifying Approach, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2020, DOI:10.1109/CVPR.2019.00142
- [21] Z. Pingping et al., non-rigid object tracking via deep multi-scale spatial temporal discriminative saliency maps, IEEE Transactions on image Processing, 2018
- [22] S. Kumar, Non-Rigid Structure from Motion: Prior-Free Factorization Method Revisited, 2020 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 2020, pp: 51-60, DOI: 10.1109/WACV45572.2020.9093514
- [23] L. Torresani, D.B. Yang and E.J. Alexander et al., Tracking and modeling non-rigid objects with rank constraints, Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2001, 2003, ISBN:0-7695-1272-0, DOI: 10.1109/CVPR.2001.990515
- [24] Mimi Zhou, Feature Extraction of Human Motion Video Based on Virtual Reality Technology, IEEE Access, vol.8, pp: 155563 – 155575, 2020, ISSN: 2169-3536, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3019233

การตรวจจับและติดตามจีเวลรี ในร้านทองด้วย เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชั่น

40

เอกสารอ้างอิง

- [25] P. Alipour, A. Shahbahrani, An adaptive background subtraction approach based on frame differences in video surveillance, 2022 International Conference on Machine Vision and Image Processing (MVIP), 2022, DOI: 10.1109/MVIP53647.2022.9738762
- [26] Y. Zhang, W. Zheng and Kaijun Leng et al., Background Subtraction Using an Adaptive Local Median Texture Feature in Illumination Changes Urban Traffic Scenes, IEEE Access, vol.8, pp.130367 – 130378, 2020, ISSN: 2169-3536, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3009104
- [27] <https://th.wikipedia.org/wiki/ทองคำ>

ภาคผนวก ค.
เอกสารการเผยแพร่ผลงานวิจัยงาน ICBIR2024



Detection and Tracking Shape-Shifting Gold Necklaces Using Computer Vision Techniques

Araya Thanakritkphon
Faculty of Information Technology
Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand
th.araya_st@tni.ac.th

Sapransit Mruetusatorn
Faculty of Information Technology
Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand

*Corresponding author email : sapransit@tni.ac.th

Abstract—Due to the current method of theft in gold shops, criminals were stealing gold necklaces or gold jewelry. They were concealing it, which employees did not know that gold had disappeared from the gold shop. The shopkeeper found it difficult to track directly from the object and physical gold necklaces were small for easy stacking.

This research focuses on a study and analysis of the detection and tracking of deformable gold necklaces. Therefore, it was observed in many follow-up experiments. After that, the researcher presented the detection and tracking of deformable gold necklaces had been using image processing techniques. The researcher will improve the gold necklace tracking performance with the traditional Gaussian mixture model (GMM) enhanced with the adaptive background subtraction (ABS) functionality. We compared the traditional GMM method and the optimized GMM with an adaptive background subtraction (ABS) image. The results of the experiment were shown in the method to compare efficiency before and after improving efficiency. It was found that 86.07% of the frames could be tracked properly.

Keywords—Computer vision, object detection and tracking, Image processing, GMM, shapeshift

I. INTRODUCTION

The economy is in decline, and the possibility of crime is increasing. According to various media reports, there has been an increase in robberies and theft at gold shops. The incidents involve violence and the concealed theft of expensive gold necklaces which are easy to sell. It seems that the hidden theft is very interesting. Because a gold necklace is a key to a successful theft by changing its shape (non-rigid) into various shapes such as long lines, flat sheets, rounds, etc., a gold necklace that is thin and small but has enough weight to swing at speed, can go in the desired direction. If you combine the abilities of the gold necklace, hiding a gold necklace out of sight is easy. This is the inspiration for detecting and tracking the motion of gold necklaces.

In this paper, we present the detection and tracking of the motion of a gold necklace that could change its shape freely using computer vision techniques[1]-[3]. The experiment of tracking was raised from the shiny properties of gold. Characteristics of gold necklaces are crafted by casting or weaving patterns into joints. These joints are then assembled to form a flexible gold necklace that can change its shape. When the gold necklace moves, these joints twist, causing reflections of light on the joints and surfaces of the joints. The light reflections of the gold necklace differ from ordinary objects. Due to the uneven surface, light reflects both on the surface and the joints, resulting in the possibility of the gold necklace's color changing to hues other than gold. The researchers cannot use colors resulting from the reflection of

light from a gold necklace. In general, Gaussian mixture models typically assume that light reflection from an object follows Lambertian reflectance, meaning it is uniformly scattered and does not consider light reflected or shadows. This assumption may not hold true for objects with shiny surfaces, such as a gold necklace, which are the focus of this experiment. This deviation could affect the accuracy of the model. The use of adaptive background subtraction, which can be adjusted, helps improve the success rate of object detection and tracking. Therefore, the scope of the experiment is defined by assuming that the object is a gold necklace. The experiment is designed with computer vision techniques[4],[5]. Gaussian Mixed Model (GMM) was combined with an Adaptive Background Subtraction (ABS) by separating frames to calculate the precise average of small background changes and extracting the background from the gold necklace.

II. RELATED WORKS

A. Computer vision (CV)

Computer vision is a field of artificial intelligence (AI) and computer science that focuses on enabling computers to interpret and understand visual information from the real world. It involves developing algorithms and techniques[1] that allow machines to extract meaningful insights from images or videos, similar to how humans perceive and interpret visual data. Computer vision applications[2],[4] range from image recognition[3], object detection, and facial recognition to medical image analysis, autonomous vehicles, and augmented reality. The ultimate goal of computer vision is to empower machines with the ability to see and comprehend the visual world, enabling them to perform tasks that require visual understanding and interpretation.

B. Gaussian mixture models (GMM)

The Gaussian Mixture Model (GMM) is a probabilistic model[9] that represents the distribution of data points as a combination of multiple Gaussian distributions, each characterized by its mean and variance. It assumes that the data is generated from a mixture of several Gaussian distributions with unknown parameters. GMMs are often used for tasks such as clustering[6],[7] where they can identify underlying groups in the data[10],[11], or for density estimation, where they can model the probability density function of the data.

C. Adaptive Background Subtraction

Adaptive Background Subtraction is a computer vision technique[1],[2] used for detecting moving objects within a video stream by modeling and updating the background scene over time. Unlike traditional background subtraction methods[16],[17] where the background is assumed to be

static, adaptive background subtraction adapts to changes in the scene, such as lighting variations, camera motion, or gradual changes in the environment.

The technique involves continuously updating the background model based on the incoming video frames, allowing it to dynamically adjust to changes in the scene. This adaptation helps to maintain an accurate representation of the background despite variations, thereby improving the accuracy of object detection.

Adaptive Background Subtraction is a widely used technique in various applications such as surveillance and object tracking[15], where it is crucial to detect moving objects. It detects moving objects (such as a gold necklace) using only a single static camera. It employs the Gaussian Mixture Model (GMM) statistical background model to update the background model pixels by utilizing the difference in pixels between two consecutive frames [12], which separates objects such as gold necklaces this will be summarized in Table I. Literature review summary.

TABLE I. LITERATURE REVIEW SUMMARY

Topic	Method
Computer vision algorithms and hardware implementations: A survey[1].	Discuss the overall progress of algorithms and the latest hardware utilization in computer vision. This includes the significant impacts of deep learning in various tasks such as image classification, utilizing deep learning and CNNs like ResNet and DenseNet to enhance categorization accuracy. The SqueezeNet model is also highlighted for its resource-efficient performance improvement. Deep learning is also beneficial in video tagging. Object detection is addressed through two-step methods like R-CNN and single-step methods like YOLO, balancing speed and accuracy. Image segmentation, for scene understanding, integrates traditional methods with deep learning for pixel-level accuracy, utilizing techniques like FCN and encoder-decoder frameworks. Hardware utilization, including GPUs and FPGAs, enhances DNN development for improved accuracy and efficiency. Additionally, leveraging TPUs and Intel NNP improves rendering and energy efficiency, emphasizing the use of highly efficient hardware.
Computer Vision Techniques in Manufacturing[2].	emphasize the importance of computer vision (CV) techniques in generating symbolic representations of scene components for subsequent robotic operations. Key aspects regarding the efficacy of CV techniques include: Feature detection: Tasks like point, edge, and line detection form the basis of various CV algorithms. CNNs enhance feature detection efficiency, Perception: Encompassing instance recognition, class recognition, and general category recognition, including action recognition in videos. CNNs play a crucial role in perception tasks, Segmentation: Aiming to label pixels into various groups based on the objects within them, often using loss functions such as dice loss or IoU. CNNs improve segmentation efficiency. 3D model generation: Continuously improved using deep learning, particularly CNNs, to develop high-efficiency 3D models with a trend towards further performance enhancement in the future.
Clustering, Cloud Workloads: K-Means	The comparison between K-Means and Gaussian Mixture Model (GMM) in clustering

Topic	Method
vs Gaussian Mixture Model[7].	Cloud workloads is crucial for understanding and planning in Cloud systems. Here's a summary: 1. Importance of Data Reduction: Data reduction is critical in processing to ensure each feature contributes equally to model estimation. 2. Challenges in K-Means Clustering: Determining the appropriate number of clusters and selecting suitable initial centroids are essential components to prevent cluster imbalance and slow computation. 3. Challenges in Gaussian Mixture Model (GMM) Clustering: The difficulty lies in determining the appropriate number of components to prevent overfitting or inadequate learning rates. 4. Experimental Results: GMM provides more detailed clustering compared to K-Means, albeit with higher computation time. However, the obtained data is more comprehensive. 5. Conclusion and Development Directions: This study impacts prediction and data management in Cloud systems. It's crucial to consider when planning model spaces to suit the requirements and details of the data simultaneously.
A Novel Approach for Gaussian Mixture Model Clustering Based on Soft Computing Method[10].	Discussed MMSCM as a new model-based clustering method, focusing on determining cluster numbers in datasets. It employs advanced techniques such as univariate Gaussian mixture models and mixture model soft computing methods. Comparisons with existing methods demonstrate MMSCM's superior performance in both cluster number determination and classification accuracy. Additionally, a new dimension reduction method is presented, further enhancing clustering and classification success. Overall, MMSCM represents a significant advancement in clustering techniques, providing efficient and accurate data analysis tools.
Visual Attention and Background Subtraction With Adaptive Weight for Hyperspectral Anomaly Detection [16].	Present a novel anomaly detection method in hyperspectral images (HSI), combining image recognition simulation and background subtraction with adaptive weighting. Traditional Challenges: Traditional AD methods often struggle with leveraging HSI features and noise, leading to limited efficiency. Main Components: Dimensionality reduction: Selecting OCF strips to reduce redundancy and increase processing efficiency. HVAM: Extracting important features without training to enhance anomaly detection efficiency. Background subtraction: TVCF separates abnormal areas while reducing noise. Adaptive weighting: Weighting using spectral distance reduces background interference. Trial Comparison: Demonstrating efficacy with potential to advance AD techniques in HSI compared to state-of-the-art methods. Important Parts: Datasets: Virtual and real datasets demonstrate method performance in different situations. Comparison: Outperforming alternative methods in detecting anomalies and reducing background interference. Efficacy Evaluation: Complete ROC curves and AUC values all above thresholds. Parameter Adjustment: Optimizing parameters for strong performance and increased efficiency. Noise Reduction: Proven robustness against noise, maintaining satisfactory performance in noisy environments. Conclusions: The proposed

Topic	Method
	method is a significant step forward in anomaly detection in HSI by combining visual attention simulation, background removal, and weight adjustment. Experimental results confirm its effectiveness across different datasets, showing potential for use in various fields. Future Research: Tuning parameters for specific situations to improve diversity and efficiency.
Background Subtraction Using an Adaptive Local Median Texture Feature in Illumination Changes Urban Traffic Scenes[17].	Highlighted the crucial need for separating foreground from background in urban traffic scenes, especially in the face of illumination changes. They introduced the Adaptive Local Median Texture Feature Background (ALMTFM) model. Foreground Recognition: Discussed methods like HOG and background subtraction, emphasizing challenges posed by illumination changes. Handling Illumination Changes: Proposed solutions like GMM and deep neural networks, along with adaptive features such as LBP and ALMT. ALMTFM Structure: Explained ALMT features and sample consensus technique for background modeling, foreground detection, and updating. Experimental Evaluation: Demonstrated ALMTFM's effectiveness through experiments on real urban traffic videos and the CDnet2014 dataset. Conclusion and Future Development: ALMTFM effectively deals with illumination changes for vehicle detection. Challenges in parameter determination and handling motionless or slow-moving objects remain. Future work aims to address these issues for improved performance in real-world scenarios

III. METHOD

In this paper, we propose the detection and motion tracking of an infinitely deformable gold necklace with computer vision techniques. Fig.1 show the overview of the operations and Fig. 2 show a system diagram.

A. Analysis of research problems.

From the study, we found the following problems. A gold necklace is a small object that can change shape. It has shiny properties i.e. light reflection and scattering makes computer vision considering as an incomplete picture.

The researcher has conducted additional research studies. The following are used in the research.

- The hardware using in the experiment with MATLAB 2020a CPU Intel Core i5(6th Gen) 6300U@2.4 GHz. GPU Intel HD Graphics 520 RAM 8 GB Core Qty Dual-Core.
- Create an experiment box as a part of a gold shop.
- Using MATLAB program for detection and tracking, the Gaussian mixture model (GMM) together with adaptive background subtraction (ABS). From the experiment, detection and tracking results were satisfactory.
- Studying the environment of gold shops, the method of selling gold necklaces by employees, and gold necklaces as shown in Fig. 1.



Fig. 1. Operations Overview

B. Design and conduct experiments.

Fig. 2 shows the in the following procedure. First, create a video using the stop motion technique. Second, configure the environment used in the program's operation. Third, remove anomalies such as noise from the video. Next, calculate the threshold value for frame difference using adaptive background subtraction function as shown in Fig. 3. Last step, perform detection and tracking of the gold necklace in Fig. 4.

In the adaptive background subtraction process, we define the area of interest to train the background without the gold necklace for 25 frames. We use the difference between frames to distinguish object pixels with a threshold value. The result is binary from the object value calculation, updating the background in the frame to $t+1$ with alpha set to 0.5. Then, the global threshold value is brought into the Gaussian Mixture Model (GMM) process.

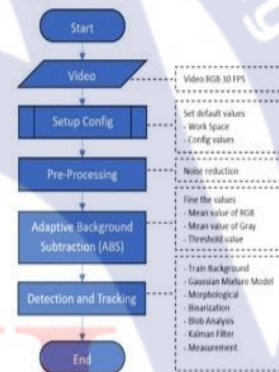


Fig. 2. Overall process.

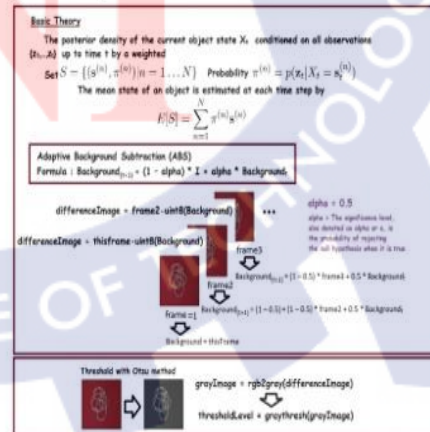


Fig. 3. Adaptive Background Subtraction (ABS)

C. Detection and Tracking



Fig. 4. Flowchart explains the steps for detecting and tracking gold necklaces.

The Gold necklaces is non-rigid which cannot create a data set for comparison because each gold necklace may be seen as different object. When the gold necklace moves it will twist or overlap. These events can occur on any part of the gold necklace, so we have an idea of performing adaptive background subtraction (ABS) to remove the background that can be adjusted. It uses the lowest threshold to compare pixel values that change according to video frame characteristics.

Calculate adaptive background subtraction (ABS) using the following formula:

$$\text{Background}(t+1) = (1 - \alpha) * I + \alpha * \text{Background}(t) \quad (1)$$

MATLAB Function step by step

1. Initialization: $\alpha = 0.5$ (a constant parameter for balancing the importance between the current frame and the background), t = frame number, I = current image intensity, α = weight factor between 0 and 1 that controls the background update based on the current image.
2. For the first frame ($n=1$): $\text{Background} = \text{thisFrame}$
3. For subsequent frames ($n \geq 1$):
 $\text{Background}(t+1) = (1 - \alpha) * \text{thisFrame} + \alpha * \text{Background}(t)$
4. Compute the difference between the current frame and the background: $\text{differenceImage} = \text{thisFrame} - \text{Background}$
5. Apply a thresholding method, such as Otsu's method, to segment the moving objects:

$$\text{RGB Luminance value} = 0.3 R + 0.59 G + 0.11 B.$$

$$\text{grayImage} = \text{rgb2gray}(\text{differenceImage})$$

$$\text{thresholdLevel} = \text{graythresh}(\text{grayImage})$$

Steps 3 to 5 are repeated for each frame until the end of the video sequence.

The formula generates a value that fluctuates slightly in each frame, possibly indicating the presence of a gold necklace. This value is then utilized to derive a threshold, selected as the Global Threshold via Otsu's method. Otsu's method divides the image based on intensity values, which proves more suitable compared to a Local Threshold derived from surrounding area calculations. Using a Local Threshold may predominantly capture background elements, leading to inaccurate outcomes.

To calculate the threshold value in Fig.3, follow these steps: 1. Convert color image to grayscale.

2. Calculate threshold value.

Once you have the thresholdLevel, you can use it to convert the grayscale image into a binary image, where pixel values above the threshold are set to white (255) and below the threshold are set to black (0).

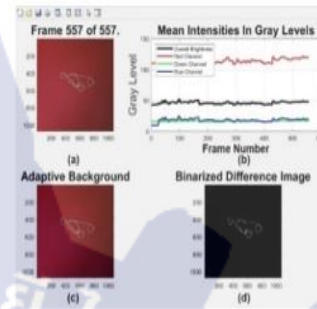


Fig. 5. The adaptive background subtraction (ABS) average graph

Fig. 5 (a) shows the original video used for calculating the graphs. Fig. 5 (b) displays the graph of Mean Intensities In Gray Levels, showing the signal channels of Brightness RGB. Fig. 5 (c) illustrates the graph of Adaptive Background, showcasing the difference in video frames achieved by adjusting the background adaptively. Finally, Fig. 5 (d) presents the graph of Binarized Difference Image, which calculates the obtained values.

mean	1072	1072	1072	1072	0	0	0	double
std	0.0118	0.0118	0.0118	0.0118	0	0	0	double
min	0.0118	0.0118	0.0118	0.0118	0	0	0	double
max	1072	1072	1072	1072	0	0	0	double

Fig. 6. Calculating Threshold values in Fig.3.

videos are in RGB format, with each frame having a width and height of 1,072 pixels. This results in over 1 million pixels per frame. The high resolution ensures that the images captured in the video are precise and vibrant in color.

In Figure 6, the experimental results show low metrics, which are suitable for effectively detecting small objects.

```

69 obj_detector = vision.ForegroundDetector('GaussianMixture', 3, ...
70 'NumTrainingFrames', 25, 'MinimumBackgroundRatio', 0.01);
71

```

Fig. 7. Example code for calculating Gaussian Mixture Model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) values.

In Fig. 7 this step, we use a Gaussian mixture model to detect deformable gold necklaces using the global threshold obtained from the adaptive background subtraction (ABS) step as the minimum background value. In this section, we train the background 25 frames to distinguish between background and gold necklace display detection using a Bounding Box covering the area of the detected object. We used a Kalman filter to track the motion of the gold necklace. It is assumed that the gold necklaces move at similar distances and times, which are the same gold necklace, even though the shape changes. In this experiment we will not fill the hole. To show the shape of the gold necklace, the lines continue to overlap and there is a gold necklace number tag attached to the Bounding Box in the upper left corner from the beginning

of the video. To know if it is the same object or not, if the object cannot be tracked, the object tag number will change. As shown in the experimental results in Figs. 8-9.



Fig. 8. Example of tracking a gold necklace using the GMM algorithm.

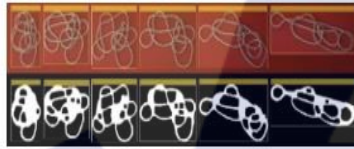


Fig. 9. Example of tracking a gold necklace using the GMM algorithm with adaptive background subtraction (ABS).

D. Methods for evaluating results.

This research used a gold necklace as the target object in the experiment. There is a limit on the number, pattern, and weight of gold necklaces using MATLAB for processing. Experimental results were measured by the number of correctly tracked frames and quantitative success percentage. Compare the performance of the Gaussian mixture model (GMM) by adding an adaptive background subtraction (ABS), because this is research that specifies the target object and there is no similar research to compare or can be referenced. Therefore, the accuracy the number of correctly tracked frames of traditional is compared with Gaussian mixture model (GMM). Gaussian mixture model (GMM) enhanced with adaptive background subtraction (ABS).

IV. RESEARCH RESULT AND EVALUATION

Some examples of experimental results are divided to three cases.

- Experiment with numerous light sources in Fig.10.
- Experiment under indoor lighting conditions, tracking a single gold necklace in Figs.11 - 15.
- Experiment under indoor lighting conditions, tracking two gold necklaces in Fig.16-17.

A. Experiment with numerous light sources.

Two experiments were performed under bright light conditions to test the tracking efficiency of two different methods: GMM and GMM+ABS. Experiment 1 installed 2 x 80-watt LED bulbs, while experiment 2 installed 2 x 150-watt LED bulbs. Both experiments used a gold necklace with the same pattern, and the goal was to detect a portion of the necklace with an expected success rate of just 10%. GMM+ABS was able to track minimally under both experiments, while GMM could only track under experiment 1 and achieved tracking in only 63 out of 792 frames (7.95%). As shown in Table II, the GMM+ABS method demonstrated better tracking efficiency than the GMM method.

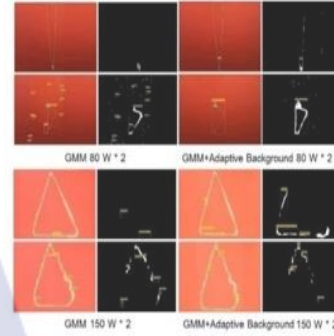


Fig. 10. Comparison of tracking using GMM and GMM with adaptive background subtraction (ABS) in Table II : Can't tracking the GMM method with illumination 300 watts.

TABLE II. DETECT AND TRACK GOLD NECKLACE (NON-RIGID) IN AN EXPERIMENTAL BOX WITH A LIGHT BULB: PERCENTAGE OF FRAMES TRACKED CORRECTLY UNTIL FAILURE.

Gold necklace pattern	Percentage of correctly tracked frames			
	Watt	Total frame	GMM	GMM + ABS
Khotkit (Roll)	160	792	63(7.95%)	149(18.81%)
Khotkit (Triangle)	300	557	(0%)	330(59.24%)

B. Experiment under indoor lighting conditions, tracking a single gold necklace.

Indoor lighting conditions were used to conduct experiments with four gold necklaces. The necklaces featured the patterns Khotkit, with two sub-patterns: overlap circle and roll, RSpiral, RBlister, and Rattan. The expected success rate was to detect at least 50% of the necklace portion.

The GMM method was used to track all five experiments. The results showed that the tracking was below 50% for three experiments, above 50% for one experiment, and achieved maximum tracking of 100% for one experiment. However, the GMM+ABS method was able to achieve 100% tracking for all experiments.

According to Table III, the GMM+ABS method demonstrated better tracking efficiency than the GMM method.

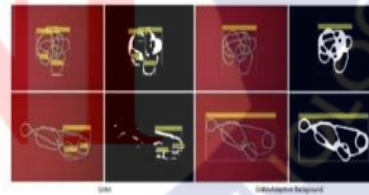


Fig. 11. Khotkit (Overlapcircle) : Comparison of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table III : GMM+ABS can track 100%.

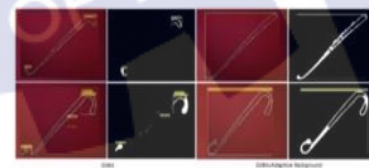


Fig. 12. Khotkit (Roll) : Comparison two Gold necklace of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table III: GMM+ABS can track 100%.

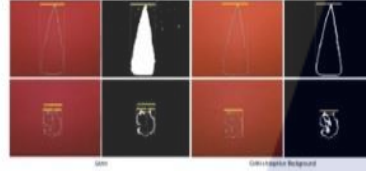


Fig. 13. RaspSpiral (Circle) : Comparison two Gold necklace of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table III: GMM+ABS can track 100%.



Fig. 14. RBlistner (Triangle): Comparison of two Gold necklaces of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table III: GMM+ABS can track 100%.

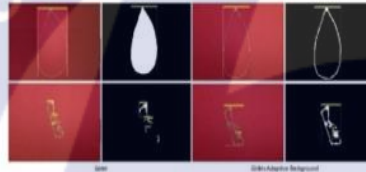


Fig. 15. Rattan (Circle): Comparison of two Gold necklaces of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table III: GMM+ABS can track 100%.

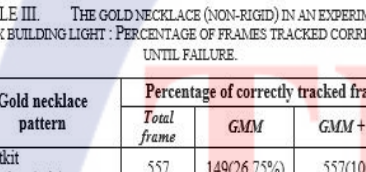


TABLE III. THE GOLD NECKLACE (NON-RIGID) IN AN EXPERIMENTAL BOX BUILDING LIGHT: PERCENTAGE OF FRAMES TRACKED CORRECTLY UNTIL FAILURE.

Gold necklace pattern	Percentage of correctly tracked frames		
	Total frame	GMM	GMM + ABS
Khotkit (Overlapcircle)	557	149(26.75%)	557(100%)
Khotkit (Roll)	225	58(25.77%)	225(100%)
RSpiral (Circle)	446	53(11.88%)	446(100%)
RBlistner (Triangle)	135	135(100%)	135(100%)
Rattan (Circle)	774	486(62.79%)	774(100%)

C. Experiment under indoor lighting conditions, tracking two gold necklaces.

During the experiments, indoor lighting conditions were maintained. Three gold necklaces with the patterns Rattan, Khotkit, and RBlistner were used. The first experiment involved tracking two objects simultaneously using two necklaces with patterns Rattan and Khotkit, while the second experiment used two necklaces with patterns Khotkit and RBlistner. The success rate of detecting at least a portion of the necklace was set at 50% or higher.

Both GMM and GMM+ABS tracking methods were used in the two experiments. The GMM+ABS method was highly successful with over 95% tracking efficiency while the GMM method had a tracking efficiency of below 50%. Across both experiments, the GMM+ABS method achieved a minimum tracking of 261 out of 270 frames (96.66%). On the other hand, the GMM method achieved a minimum tracking of 106 out of 270 frames (39.25%).

Overall, the GMM+ABS method demonstrated better tracking efficiency than the GMM method, as shown in Table IV.



Fig. 16. Rattan and Khotkit : Comparison of two Gold necklaces of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table IV: GMM+ABS can track up to 96.66%.

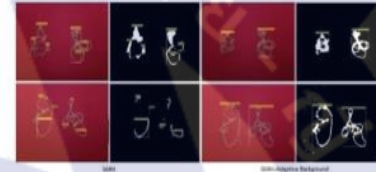


Fig. 17. Khotkit and RBlistner : Comparison of two Gold necklaces of tracking using Gaussian mixture model (GMM) and Gaussian mixture model (GMM) with adaptive background subtraction (ABS) in Table IV: GMM+ABS can tracking 100%.

TABLE IV. TWO GOLD NECKLACES (NON-RIGID) IN AN EXPERIMENTAL BOX WITH BUILDING LIGHT: PERCENTAGE OF FRAMES TRACKED CORRECTLY UNTIL FAILURE.

Gold necklace pattern	Percentage of correctly tracked frames		
	Total frame	GMM	GMM + ABS
Rattan and Khotkit	286	127(44.40%)	286(100%)
Khotkit and RBlistner	270	106(39.25%)	261(96.66%)

In the three tables displaying the research findings, there's a comparison of the GMM algorithm's performance before and after incorporating adaptive background subtraction (ABS). The experiments demonstrate that integrating ABS into the GMM algorithm enhances its performance. Moreover, under consistent conditions, it's evident that the threshold value derived from ABS is suitable for detection and tracking the targeted gold necklace. Even when the shape undergoes changes, the tracking accuracy remains above 95%.

The most affected factor in this research was light. For objects with shiny surfaces, the reflection of light causes objects to have a high chance of color distortion. Shadows, including shadows created by objects and shadows created by reflecting light back and forth in the case of a gold necklace that is the target object has a great impact on the gold necklace itself that are woven in various patterns or uses many small joints joined together for beauty each joint does not need to

have a certain shape or the same size. Curvature of the joint or these patterns cause different problems.

V. CONCLUSION

A gold necklace presents unique challenges for detection due to its intricate patterns and small size. Direct detection of a gold necklace is difficult, but it becomes more feasible when observed against the background, where slight differences in each frame may reveal its presence.

In experimental samples, the detectability of gold necklaces depends partly on their thickness and the reflection they produce when hung or arranged in a long line. However, when the shape changes, the necklaces can be divided into two groups based on their joint characteristics: Group 1: The Khotkit pattern has small, thick joints that bend when overlapped. Group 2: The RSpiral, RBlistet, and Rattan patterns have small, thin joints, highly flexibility, and when overlapped, they form piles or clusters. In summary, the GMM+ABS method can accurately track gold necklaces in both groups.

The results of Table V show the performance of the GMM+ABS method and indicate that up to 86.07% of the frames could be tracked properly.

TABLE V. THE PERCENTAGE OF SUCCESSFULLY TRACKED FRAMES USING THE GMM+ABS METHOD.

Experiment	Percentage of correctly tracked frames	
	Number of experiments	GMM + ABS
Under numerous light sources	2(39.02%)	8.67%
Under indoor lighting	7(99.52%)	77.40%
		86.07%

In the future, there are potential tasks such as light removal methods and background color adjustment techniques that can significantly enhance the effectiveness of detecting gold necklaces. We can utilize the latest version of MATLAB, which includes deep learning toolboxes enabling the development of specialized AI models like CNN and RNN. Additionally, for image processing and light analysis tasks, we can employ Python, C++, and Java. The choice of popular languages like MATLAB, Python, C++, or Java depends on the research requirements and the user's expertise. Considering these factors is crucial in determining the most suitable method for light removal.

REFERENCES

- [1] X. Feng et al., Computer vision algorithms and hardware implementations: A survey, 2019, doi: 10.1016/j.vlsi.2019.07.005
- [2] L. Zhou, L. Zhang, N. Konz, Computer Vision Techniques in Manufacturing, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics: Systems, vol. 53, Issue: 1, 2023, pp: 105 – 117, doi: 10.1109/TSMC.2022.3166397
- [3] C. Claire, S. Nidhi and S. Rachit et al., Computer Vision to Automatically Assess Infant Neuromotor Risk, IEEE Transactions on neural system and rehabilitation engineering, vol. 28, no.11, 2020, doi: 10.1145/3054926
- [4] G. Haoyu, P. Sidag and L. Haotong et al., Neural 3D Scene Reconstruction with the Manhattan-world Assumption, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2022, doi: 10.1109/CVPR52688.2022.00543
- [5] B. Ying, X. Bing and M. Pablo et al., A Survey on Evolutionary Computation for Computer Vision and Image Analysis: Past, Present, and Future Trends, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2023, vol.27, Issue: 1, pp:5–25, doi:10.1109/TEVC.2022.3220747
- [6] L. Yupeng, Z. Jianhua and M. Zhanyu, Clustering Analysis in the Wireless Propagation Channel with a Variational Gaussian Mixture Model, IEEE Transactions on big data, vol. 6, NO. 2, 2020, pp. 223 – 232, doi:10.1109/TBDATA.2018.2840696
- [7] E. Patel, D. Kushwaha and et al., Clustering, Cloud Workloads: K-Means vs Gaussian Mixture Model, Procedia Computer Science, vol. 171, 2020, pp:158-167.
- [8] A. Rezoana, K. Mohammad, Digital Image Segmentation in Matlab: A Brief Study on OTSU's Image Thresholding, 2018 International Conference on Innovation in Engineering and Technology (ICIET), 2019, doi: 10.1109/CIET.2018.8660942
- [9] R. Farhan, R. Saad and Muhammad et al., Gaussian Mixture Model Based Probabilistic Modeling of Images for Medical Image Segmentation, 2020, doi:10.1109/ACCESS.2020.2967676
- [10] M. Gogebakan, A Novel Approach for Gaussian Mixture Model Clustering Based on Soft Computing Method, 2021, doi:10.1109/ACCESS.2021.3130066
- [11] Y. Zhang, L. Miaomiao and W. Siwei, Gaussian Mixture Model Clustering with Incomplete Data, ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications, 2021, doi:10.1145/3408318
- [12] C. Stauffer, W.E.L. Grimson, Adaptive background mixture models for real-time tracking, 2021 Fourth International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECTT), 2021, doi: 10.1109/ICECTT52121.2021.9616883
- [13] Z. Pingping et al., non-rigid object tracking via deep multi-scale spatial temporal discriminative saliency maps, IEEE Transactions on image Processing, 2018
- [14] S. Kumar, Non-Rigid Structure from Motion: Prior-Free Factorization Method Revisited, 2020 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 2020, pp: 51-60, doi: 10.1109/WACV45572.2020.9093514
- [15] L. Torresani, D.B. Yang and E.J. Alexander et al., Tracking and modeling non-rigid objects with rank constraints, Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, 2003, ISBN:0-7695-1272-0, ISSN: 1063-6919, doi: 10.1109/CVPR.2001.990515
- [16] P. Xiang, J. Song, et al., Visual Attention and Background Subtraction With Adaptive Weight for Hyperspectral Anomaly Detection, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2021, pp: 2270-2283, doi: 10.1109/JSTARS.2021.3052968
- [17] Y. Zhang, W. Zheng and L. Kaijun et al., Background Subtraction Using an Adaptive Local Median Texture Feature in Illumination Changes Urban Traffic Scenes, IEEE Access, vol.8, pp.130367 – 130378, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3009104
- [18] P. Ranipa and K. Naina, Real Time Moving Object Tracking in Video Processing, International Journal of Engineering Research and General Science, vol.3, Issue: 1, 2015
- [19] Qiang Wang et al., Fast Online Object Tracking and Segmentation: A Unifying Approach, IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2020, doi:10.1109/CVPR.2019.00142
- [20] Mimi Zhou, Feature Extraction of Human Motion Video Based on Virtual Reality Technology, IEEE Access, vol.8, pp: 155563 – 155575, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3019233