

เทคนิคการคัดเลือกคุณภาพของตัวอ่อนปูแสมด้วยวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่

Qualification Examination of Larvae Crab by Motion Detection Process

เชิด คงห้อย^{1*} และ นิคม สุวรรณวร²

Cherd Khonghoi^{1*} and Nikom Suvonvorn²

Received: 8 April 2020, Revised: 8 June 2020, Accepted: 29 July 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงเทคนิคและอัลกอริทึมการตรวจจับการเคลื่อนที่เพื่อตรวจคัดเลือกรูปภาพของตัวอ่อนปูแสมโดยพิจารณาจากคุณสมบัติการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ใช้โปรแกรมประมวลผลภาพ OPEN CV ในการตรวจสอบคุณสมบัติของตัวอ่อนปูแสมและใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟนเสริมด้วยเลนส์ขยายขนาด 20x ทำการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมช่วงระยะซูเอีย 1 (แรกเกิด 1-3 วัน) มีขนาดเล็กประมาณ 40-50 ไมครอน (μm) โดยการนำข้อมูลไฟล์วิดีโอการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพ ทำการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) การคัดกรองวัตถุ (Object Filtering) และการติดตามการเคลื่อนที่วัตถุ (Object Tracking) ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทดลองจากตัวอ่อนปูแสมจำนวน 282 ตัว ที่มาจากแม่พันธุ์ปูแสม 5 ตัว แต่ละตัวถูกเพาะฟักอยู่ในกระบะแยกออกจากกันกระบะละ 1 ตัว ทำการดักสุ่มจำนวน 50 ครั้ง ด้วยวิธีการดักสุ่มซ้ำกระบะละ 10 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการตรวจจับและติดตามการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมเพื่อประเมินคุณสมบัติ โดยการหาค่าเฉลี่ยรวมจากจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่เปรียบเทียบกับทั้ง 5 กระบะ ปรากฏว่าวิธีการที่ได้นำเสนอสามารถตรวจจับและค้นหาวัตถุที่เคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดี

ผลจากการตรวจสอบคุณสมบัติจากการเคลื่อนที่ตัวอ่อนปูแสมปรากฏว่ากระบะที่ 3 มีอัตราค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ที่ดีที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87.92% ซึ่งคาดว่าเป็นกระบะที่มีตัวอ่อนปูแสมที่มีคุณสมบัติด้านพัฒนาการดีที่สุด รองลงมาคือกระบะที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 40.44% กระบะที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 27.66% กระบะที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 23.82% และกระบะที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 19.51% ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ, การตรวจจับ, การตรวจจับการเคลื่อนที่, ตัวอ่อนปูแสม

¹ สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

¹ Management of Information Technology Program, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkla 90110, Thailand.

² ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

² Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkla 90110, Thailand.

* ผู้เขียนที่ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): cherd.rdi@gmail.com

ABSTRACT

This paper describes motion detection algorithm and technique to examine the quality of mangrove crab larvae by detecting its movement quality using image processing method. OpenCV program was used to examine the quality of the larvae and mobile phone with 20x magnifying lens was used to record its movement during Zoea 1 (first three days after birth) with size range of approximate 40-50 microns (μm). The recording video files were processed with Object Detection, Object Filtering, and Object Tracking, respectively. 282 of mangrove crab larvae from five breeders were used in the study. Each breeder was cultured in separate truck. The larvae were randomly selected 10 times from each truck - 50 times in total. Their movement were then detected and tracked to examine the quality by calculating mean score of the movement. It was found that this method can be employed to detect and track moving objects well.

The result from examining the movement quality revealed that the larvae from the third truck showed the highest moving rate with 87.92%. It was likely that the truck contained the larva with the best developmental quality. It was then followed by the fourth truck with 40.44%, the first truck with 27.66%, the fifth truck with 23.82%, and the second truck with 19.51%, respectively.

Key words: images processing, detection, motion detection, larvae crab

บทนำ

การรอดตายของลูกปูแสมวัยอ่อนในการนำไปอนุบาลเพื่อการเพาะฟักเป็นปัญหาและอุปสรรคสำคัญอย่างยิ่งในการขยายพันธุ์และการเพาะเลี้ยง เพื่อการผลิตลูกปูแสมทั้งเชิงพาณิชย์และเพื่อการอนุรักษ์ของโรงเพาะฟักและเกษตรกร ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษา วิจัยและพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีการเพาะพันธุ์และการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนของปูแสมในแต่ละระยะต่างๆ อย่างต่อเนื่อง (Genodepa *et al.*, 2004; Forward, 2009; Ren *et al.*, 2017; Sudtongkong, *et al.*, 2019) แต่อัตราการรอดตายของลูกปูแสมวัยอ่อนในโรงเพาะฟักของเกษตรกรหลังจากที่คัดเลือกเพื่อนำตัวอ่อนไปอนุบาลต่อ ยังคงแปรปรวนสูงและเป็นปัญหาอย่างยิ่งที่ต้องแก้ไข ในปัจจุบันการคัดเลือกและประเมินอัตราการรอดชีวิตตัวอ่อนของปูแสมที่จะนำไปอนุบาลเพื่อการเพาะฟัก

และเพาะเลี้ยงทั้งในเชิงพาณิชย์และเพื่อการอนุรักษ์เกษตรกรมักใช้วิธีการสังเกตการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนของปูแสมด้วยสายตาโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์เป็นพิเศษเท่านั้น ส่งผลให้เกษตรกรและโรงเพาะฟักยังขาดซึ่งวิธีการและเทคนิคการประเมินอัตราการรอดชีวิตตัวอ่อนของปูแสมที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

เทคโนโลยีการประมวลผลภาพได้ถูกนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในหลากหลายด้านและหลากหลายรูปแบบ (Chitradevi and Srimanthi, 2014) มีการศึกษา วิจัยทั้งในมนุษย์ เช่น ด้านการรักษาความปลอดภัย (Tekalp and Salman, 2007; Jain and Chadokar, 2015) เพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ในการเฝ้าระวัง ตรวจสอบและเตือนภัย หรือด้านการแพทย์เพื่อการวิเคราะห์และวินิจฉัยโรค (Zion, 2012) เป็นต้น ส่วนในสัตว์ได้นำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

มาใช้ในสามด้านหลักด้วยกันคือ (Boon and Haidi, 2012) 1) เพื่อการตรวจจับสัตว์ (Animal Detection) เช่นใช้เทคโนโลยี LIDAR (Light Detection and Range) สำหรับค้นหาตำแหน่งของปลาในท้องทะเลลึก หรือค้นหาตำแหน่งที่อยู่ของสัตว์ในป่า 2) เพื่อการติดตามสัตว์ (Animal Tracking) ใช้เทคโนโลยี เซ็นเซอร์ (Sensor) หรือ Radio Frequency Identification (RFID) และ Global Positioning System (GPS) กล้องวิดีโอ (Video Camera) และกล้องจุลทรรศน์ (Microscope) เพื่อการเฝ้าดู ติดตาม และการสังเกตพฤติกรรม 3) ใช้เพื่อการวินิจฉัยหรือแยกแยะสัตว์ (Animal Identification) โดยใช้เทคโนโลยี Radio Frequency Identification (RFID) เพื่อดูแลสุขภาพของสัตว์ เป็นต้น

แต่เทคนิคและวิธีการประมวลผลด้วยภาพในตัวของสัตว์ที่มีขนาดเล็กในระดับไมครอนยังมีข้อจำกัดเรื่องเทคนิค วิธีการและสถานที่ดำเนินการวิจัย งานวิจัยโดยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) เท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลภาพจากการเคลื่อนที่ในตัวอ่อนของสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กระดับไมครอนซึ่งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้อย่างชัดเจน จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อการมองเห็นที่ชัดเจนได้ เช่น กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น จากงานวิจัยการประมวลผลด้วยภาพในสัตว์โดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นศึกษาวิจัยไปในสัตว์ที่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าได้อย่างชัดเจน เช่นในสัตว์ขนาดเล็ก อาทิเช่นในปลา (Pavlov, 2006) ในปู (Jiang *et al.*, 2014) หรือในหนู (Koniar *et al.*, 2015) เป็นต้น หรือในสัตว์ขนาดใหญ่

เช่นในหมู (Tillett *et al.*, 1997) ในวัว (Schwager *et al.*, 2007) เป็นต้น แต่จากการศึกษาพบว่าม้งงานวิจัยที่พยายามศึกษาเพื่อนำเสนอเทคนิคด้านการประมวลผลภาพโดยการวิเคราะห์คุณภาพของตัวอ่อนของปลา (Pavlov, 2006) โดยการใช้กล้องวิดีโอรวมกับการใช้กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) ซึ่งคุณลักษณะตัวอ่อนของปลากับตัวอ่อนของปูแสมมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของลักษณะของตัวอ่อนและรูปแบบการเคลื่อนที่ซึ่งไม่สามารถนำวิธีการในปลามาใช้กับปูได้ ดังนั้นในบทความนี้จึงนำเสนอ เทคนิคการตรวจจับคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนของปูแสมด้วยวิธีการประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของตัวอ่อนของปูแสม ประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ 1) การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อนำเข้าข้อมูลตัวอ่อนของปูแสมสำหรับการประมวลผลภาพ 2) เทคนิคและวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติเพื่อประเมินความแข็งแรงของตัวอ่อนปูแสมด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

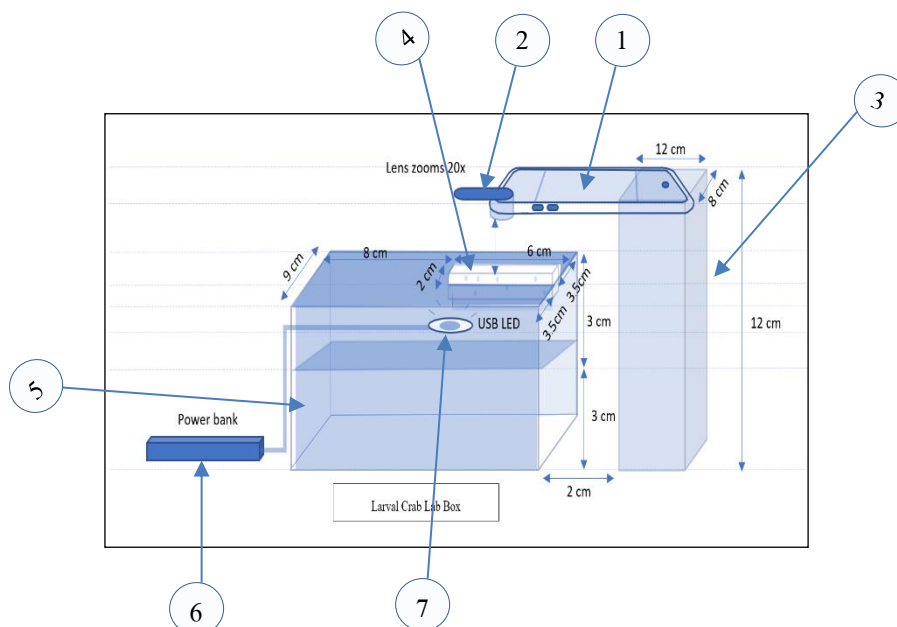
ในการศึกษาใช้วิธีการเก็บภาพวิดีโอ (Video) การเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมแบบ 2-D โดยใช้กล้องของโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน (Smartphone) ของ Samsung รุ่น Galaxy Note 2 N7100 ติดเข้ากับเลนส์ขยายที่ 20x เพื่อทำการบันทึกภาพวิดีโอ (Video) การเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสม ซึ่งมีคุณสมบัติทางเทคนิคตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเทคนิคของกล้องวิดีโอ Samsung รุ่น Galaxy Note 2 N7100

คุณสมบัติทางเทคนิคของ Samsung รุ่น Galaxy Note 2 N7100	
Maximum	Full HD 1920 x 1080 Video At 30 Frames
Zoom:	4X digital zoom
Lens Type:	Polydimethylsiloxane (PDMS)
Lens zoom:	20x

(1) กล้องถูกติดตั้งพร้อมด้วย (2) เลนส์ขยายแบบ 20x ซึ่งติดอยู่กับตัวกล้องวางอยู่ด้านบน (3) ฐานสำหรับวางกล้องมีขนาดกว้าง 12 เซนติเมตร × ยาว 8 เซนติเมตร × สูง 12 เซนติเมตรและมี (4) อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอ่อนปูแสมที่เป็นตัวแทนของตัวอ่อนปูแสมเพื่อประเมินความแข็งแรง (5) กล้องสำหรับวางอุปกรณ์สำหรับตรวจจับการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปู โดยมีความ กว้าง 14 เซนติเมตร × ยาว 9 เซนติเมตร × สูง 9 เซนติเมตร ตัวกล้องถูกปิดสี่ด้าน คือ ด้านบน ด้านใต้ และด้านซ้ายและด้านขวา ส่วน

ด้านหน้าและด้านหลังของกล่องเป็นแบบเปิดและมีจุดกำเนิดแสงหนึ่งจุด ประกอบด้วย (6) Power back แบบพกพาทำหน้าที่ให้ไฟ และ (7) USB LED เป็นหลอดไฟแบบพกพาขนาดเล็กที่เสียบเข้ากับพอร์ต USB เพื่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูลและลดปัญหาจากสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่จะทำให้สัญญาณภาพวิดีโอไม่ชัดเจน ทำให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลและการประมวลผลรายละเอียดตาม ภาพประกอบที่ 1

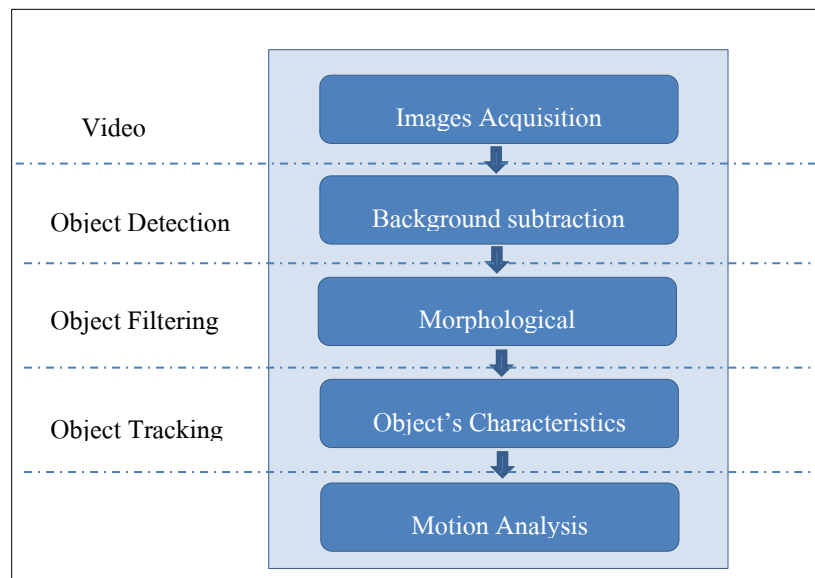


ภาพที่ 1 กล่องเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสม

2. ขั้นตอนและวิธีการ

วิธีการและขั้นตอนรายละเอียดการทำงานของระบบการตรวจสอบคุณสมบัติของตัวอ่อนปูแสม เพื่อประเมินความแข็งแรงจากข้อมูลของภาพวิดีโอ ตามภาพประกอบที่ 2 ซึ่งแสดงกระบวนการของระบบโดยรวม ประกอบด้วย การรับข้อมูลภาพ (Images Acquisition) จากไฟล์ภาพวิดีโอแบบ 2-D

การตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหวโดยการใช้เทคนิคการลบภาพพื้นหลัง (Background subtraction) การปรับปรุงวัตถุที่เคลื่อนไหวโดยกระบวนการลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological) การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของวัตถุ (Object's Characteristics) และการวิเคราะห์ภาพการเคลื่อนไหว (Motion Analysis System)



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของวัตถุ

2.1 ภาพและการรับข้อมูลภาพ (Images Acquisition)

ภาพวิดีโอตัวอ่อนปูแสมที่เป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างสำหรับนำเข้าประมวลผลภาพในโปรแกรม OPEN CV ใช้วิธีการการคัดเลือกตัวแทนกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม โดยใช้ตัวแทนตัวอ่อนปูแสม

ระยะซูเอีย 1 (อายุ 1-3 วัน) จำนวน 282 ตัว ด้วยวิธีการดักสุ่มจำนวน 50 ครั้ง จากแม่พันธุ์ปูแสมจำนวน 5 ตัวและแต่ละตัวถูกอนุบาลเพื่อการเพาะฟักที่อยู่ในกระบะจำนวน 5 กระบะ / กระบะละ 1 ตัว และทำการดักสุ่มแต่ละกระบะจำนวน 10 ครั้ง หรือเรียกว่า 10 ซ้ำ ตามภาพประกอบที่ 3



ภาพที่ 3 กระบะอนุบาลแม่พันธุ์ปูแสมและตัวอ่อนปูแสมระยะซูเอีย 1

นำภาพวิดีโอการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสม
เข้าสู่โปรแกรม Open CV (Open Source Computer

Vision) เพื่อเข้าสู่กระบวนการจับวัตถุที่เคลื่อนที่
ภายในภาพ ตามภาพประกอบที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพวิดีโอการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมเข้าสู่โปรแกรม Open CV

2.2 การตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหว (Motion detection by background subtraction)

การตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ภายในภาพใช้วิธีการลบภาพพื้นหลัง (Motion detection by background subtraction) โดยการหาความแตกต่างจากเฟรมที่ติดกัน (Frame Differencing) เป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจสอบวัตถุที่เคลื่อนไหวของไฟล์วิดีโอ (Video) ซึ่งเหมาะสำหรับกล้องที่อยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธีการ (Singla, 2014) หาความต่างของเฟรมภาพของวัตถุที่ต้องการศึกษา (foreground) กับเฟรมพื้นหลัง (background) วิธีการคือ นำภาพสองเฟรมที่

ต่อเนื่องกัน (Subsequent Frame) ในตำแหน่งบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกันและเวลาต่างกัน นำมาลบกับฉากหลังหักล้างระหว่างกันของเฟรมภาพสองภาพ คือ foreground - background หากวัตถุมีการเคลื่อนที่จะปรากฏผลต่างระหว่างเฟรมของภาพสองภาพและผลต่างที่เกิดขึ้น คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังสมการที่ 1 ซึ่งความแม่นยำขึ้นอยู่กับคุณภาพของพื้นหลังที่ไม่มีสัญญาณรบกวน เช่น ค่าความสว่างและค่าความคมชัด (Contrast) ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การกำหนดค่าว่าพิกเซลใดเป็นพื้นหลังหรือวัตถุ (ค่า Threshold)

$$O = I - B \quad (1)$$

O = วัตถุ

I = ภาพ

B = ภาพพื้นหลัง

วิธีการคือ นำภาพการเคลื่อนไหวของตัวอ่อนปูแสมที่เป็นภาพสี (RGB) แปลงให้เป็นภาพในระดับทา (Gray Scale) ซึ่งการแปลงภาพสี (RGB) ไปเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) เป็นกระบวนการที่จะทำให้ภาพที่รับเข้ามา (Image acquisition) สามารถนำมาประมวลผลได้ง่ายและมีความรวดเร็วกว่าภาพสี (RGB) เนื่องจากภาพระดับเทา (Gray Scale) ใช้หน่วยความจำแค่ 8 บิตเท่านั้น

ซึ่งหากนำภาพสี (RGB) มาประมวลผลจะใช้หน่วยความจำและมีความล่าช้ามากกว่าภาพระดับเทา เพราะภาพสี (RGB) 1 ภาพ จะประกอบไปด้วยโทนสี 3 สีที่ซ้อนทับกันอยู่ คือ โทนสีแดง (R) ภาพโทนสีเขียว (G) และภาพโทนสีน้ำเงิน (B) หลักการในการเปลี่ยนแปลงพิกเซล (Pixel) ของภาพสีให้เป็นภาพระดับเทา (Gray Scale) ทำได้โดยการนำค่าภาพสีมาหาค่าเฉลี่ยตามสูตรการคิดค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดของพิกเซล (Pixel) โดยเริ่มจากค่าสีค่าสนิท คือ (0,0,0) ขึ้นไปเป็น (1,1,1), (2,2,2)... (250,250,250) จนกระทั่งขาวสนิทที่ (255, 255, 255) เมื่อค่าสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินที่ค่าเท่ากันหมดแล้วจึงได้ภาพระดับเทา ดังสมการที่ 2

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11 \quad (2)$$

$$Y = R + G + B / 3$$

โดย Y แทน ค่าระดับสีเทา ณ จุดพิกเซล (Pixel) ที่เราต้องการหา

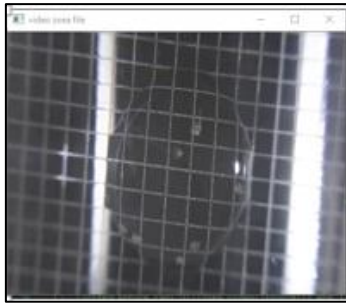
R แทน ค่าโทนสีแดง ณ จุด ที่ต้องการหา

G แทน ค่าโทนสีเขียว ณ จุด ที่ต้องการหา

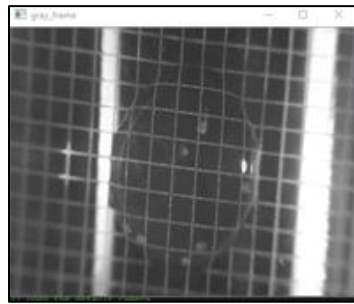
หลังจากนั้นแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำ (Binary) โดยการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่ 128ดังสมการที่ 3 กำหนดค่าระดับสี คือ หากค่าความเข้มของจุดภาพใดภายในภาพ

มากกว่า 128 ให้มีค่าเป็นสีขาว คือ วัตถุ และหากค่าความเข้มของจุดภาพใดภายในภาพน้อยกว่าหรือเท่ากับ 128 ให้มีค่าเป็นสีดำ คือ ภาพพื้นหลัง ตามภาพประกอบที่ 5

$$f_{thr}(x, y) = \begin{cases} 1, & f_f(x, y) > Threshold \\ 0, & f_f(x, y) \leq Threshold \end{cases} \quad (3)$$



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5 ภาพสี (ก) (RGB) แปลงให้เป็นภาพในระดับเทา (ข) (Cray Scale) และแปลงให้เป็นภาพขาวดำ (ค) (Binary) โดยผ่านกระบวนการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold)

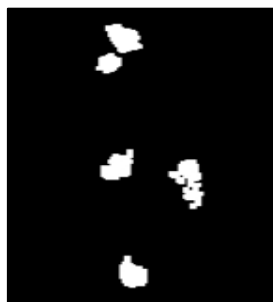
2.3 การคัดกรองวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยกระบวนการทางสัณฐานวิทยา (Object filtering by Morphological)

นำภาพขาวดำ (Binary) (ค) มาปรับปรุงวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยกระบวนการทางสัณฐานวิทยา (Morphological) เพื่อลดสัญญาณรบกวน รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุวัตถุที่ต้องการตรวจจับให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังเช่น จากภาพขาวดำ (ค) ด้วยสาเหตุของสิ่งรบกวน (Noise) ที่เป็นฝุ่นหรือตะกอนขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำและในภาพยังปรากฏส่วนของตัวอ่อนปูผสมขาดหายไปหรือแยกส่วนเป็นชิ้นเล็กๆ ออกไป ดังนั้นต้องทำการลบสิ่งรบกวน (Noise) ออกไปและเชื่อมวัตถุหรืออุดให้วัตถุที่แยก

ออกจากกันเชื่อมประสานการหรือพอกวัตถุ (Dilate) โดยใช้หลักการวิเคราะห์พื้นที่ส่วนที่เชื่อมต่อกัน ด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) การพอกวัตถุ (Dilate) โดยกำหนดขนาด mask เท่ากับ 5×5 เพื่อซ่อมแซมส่วนของวัตถุที่แยกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ที่แยกส่วนออกไป 2) ทำการ Opening คือ ถัดเขาะ (Erosion) โดยกำหนดขนาด mask เท่ากับ 3×3 เพื่อกรองวัตถุขนาดเล็กๆ หรือลบสิ่งรบกวน (Noise) ขนาดเล็กออกไป ก่อน หลังจากนั้นทำการพอกหรือขยาย (Dilation) อีกครั้ง เพื่อให้ขนาดของวัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากนั้นทำการหาคอนทัวร์ของวัตถุ ซึ่งวัตถุจะถูกสร้างเส้นกรอบรูปหรือพื้นที่โดยประมาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุ ตามภาพประกอบที่ 6



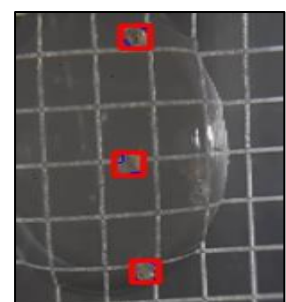
(ง) ภาพ Binary



(จ) ภาพ Dilate



(ฉ) ภาพ Opening



(ช) การหาคอนทัวร์ของวัตถุ

และเส้นกรอบรูป

ภาพที่ 6 ภาพแสดงขั้นตอนการคัดกรองวัตถุเคลื่อนที่ด้วยกระบวนการทางสัณฐานวิทยา (Object filtering by Morphological)

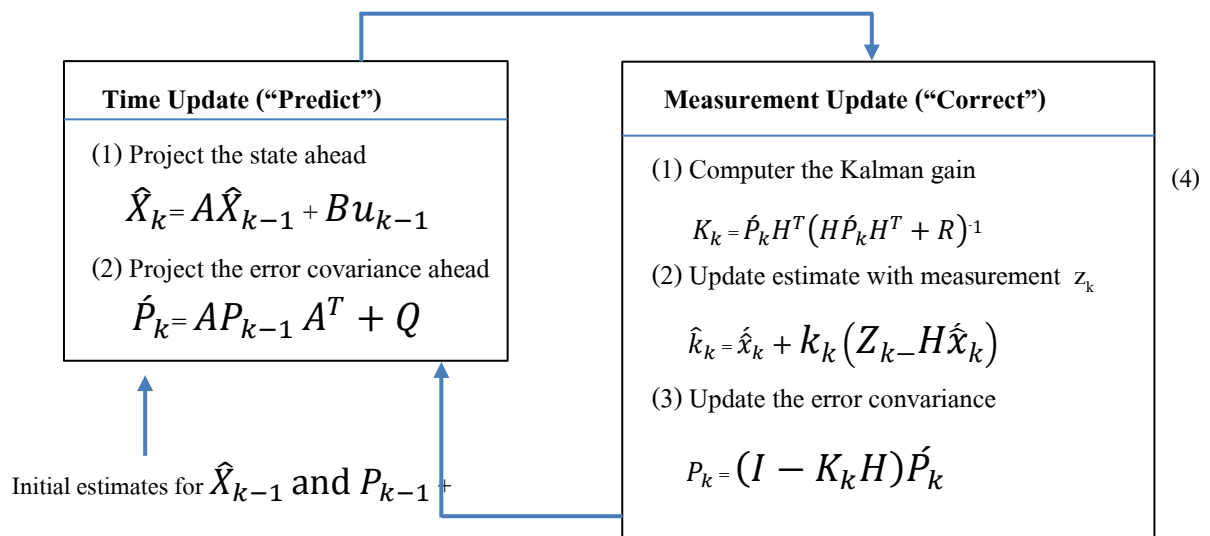
2.4 การติดตามและวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุ (Object Tracking and Characterization)

หลังจากนั้นทำการติดตามและวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุ (Object Tracking and Characterization) เพื่อการค้นหาคำแหน่งของวัตถุที่ถูกต้องและให้ทราบว่าวัตถุที่ถูกตรวจจับในขั้นตอนที่ผ่านมาไปอยู่ ณ ตำแหน่งใดในภาพถัดไป ซึ่งการติดตามวัตถุที่ถูกต้องจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรม การเคลื่อนที่ของวัตถุว่า เคลื่อนที่อย่างไร ทิศทางใด โดยใช้คุณลักษณะเฉพาะของวัตถุด้านขนาดและทิศทาง และบริเวณที่ตรวจพบวัตถุในการติดตามเท่านั้น ไม่รวมถึงรูปแบบลายและสีของวัตถุ

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของวัตถุมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดความคลาดเคลื่อนในการติดตามวัตถุ เพิ่มเสถียรภาพให้แก่การตรวจจับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ โดยใช้ข้อมูลที่ได้

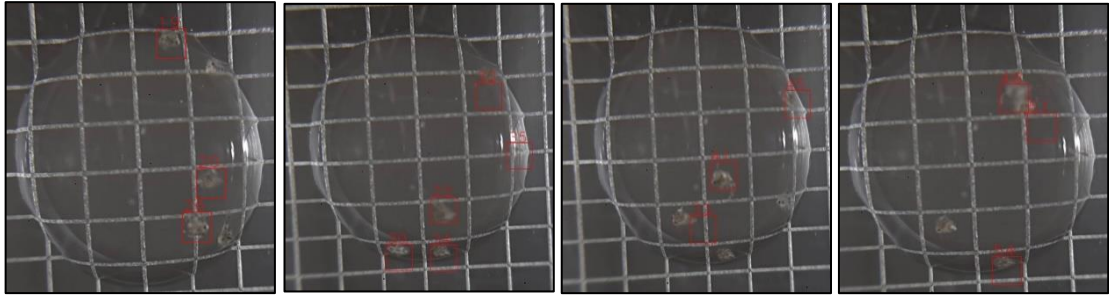
จากสถานะของวัตถุก่อนหน้านี้ (ประวัติ) พิจารณาร่วมกับวัตถุ ณ เวลาปัจจุบันที่ตรวจจับได้ (Detected) มาทำการพยากรณ์และคำนวณด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้นตามหลักการของตัวกรองคาลแมน (Kalman Filter) ตามภาพประกอบที่ 7

Kalman Filter เป็นตัวกรองที่จะติดตาม ลดความผิดพลาดและเพิ่มความถูกต้อง แม่นยำให้กับสิ่งที่ต้องการติดตาม โดยตัวกรอง Kalman เป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการกรองและทำนาย ติดตามสถานะของระบบที่เป็นเชิงเส้น (Linear Systems) หรือระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนที่ ที่ขึ้นอยู่กับเวลาและสามารถปรับแต่งการประมาณค่าได้ตลอดเวลา โดยให้ x_k เป็นตัวแปรใดๆ ณ เวลา t_k ที่เราไม่รู้ค่า แต่ต้องการประมาณค่า ณ เวลา $t_0, t_1, \dots$ ไปเรื่อยๆ สมมติว่า x_k เปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ตามเวลา ดังสมการที่ 4



ตัวกรอง Kalman Filter จะทำหน้าที่ในการติดตามและประมาณค่าการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนของ

ปูแสมเพื่อเพิ่มความถูกต้องและลดความผิดพลาดในการติดตาม



ภาพที่ 7 การใช้ตัวกรองคาลแมน (Kalman Filter) เพื่อติดตามและวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุ (Object Tracking and Characterization)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม (Algorithm) ที่ได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้บันทึกภาพการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมเป็นไฟล์ภาพวิดีโอ (Video) ความยาวจำนวน 1 นาที (60 วินาที) ใช้ตัวอ่อนปูแสมระยะซูลิเยทั้งหมด 282 ตัว จากแม่พันธุ์จำนวน 5 ตัว ที่ถูกอนุบาลเพื่อการเพาะฟักอยู่ในกระบะ (ตามภาพที่ 3) จำนวน 5 กระบะ โดยแต่ละกระบะบรรจุแม่พันธุ์ปูแสมจำนวน 1 ตัว และทำการดักสุ่มแต่ละกระบะจำนวน 10 ครั้ง รวมทั้ง 5 กระบะจำนวนทั้งสิ้น 50 ครั้ง เพื่อนำมาตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ด้วยกล้องที่ถูกติดตั้งอยู่กับที่ และใช้วิธีการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) ซึ่งผลของการตรวจจับวัตถุด้วยวิธีการนี้ ปรากฏว่า สามารถตรวจจับวัตถุได้ดี เนื่องจากวิธีการนี้เหมาะกับการตรวจจับวัตถุกรณีกล้องที่ไม่มีการเคลื่อนที่ซึ่งตรงกับ Piccardi (2004) และ Benezeth *et al.* (2008) ได้กล่าวไว้ว่าวิธีการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) เป็นวิธีการที่งานวิจัยด้านการประมวลผลภาพนำมาใช้ในการตรวจจับวัตถุกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเหมาะกับกล้องที่ถูกติดตั้งอยู่กับที่ (Static Camera) และสำหรับการติดตามวัตถุ (Object Tracking) ได้นำเอาคุณลักษณะเฉพาะด้านขนาดของวัตถุมาใช้ในการติดตามวัตถุ โดยไม่ได้นำคุณลักษณะของสีหรือรูปแบบลายมาใช้ในการ

การติดตาม ซึ่งตรงกับ (Yilmaz, *et al.* (2006) ได้กล่าวไว้ว่า การติดตามวัตถุนั้นเป็นปรากฏการณ์ของการค้นหาเพื่อระบุตำแหน่ง หรือ รูปร่างของวัตถุในทุกๆเฟรม ซึ่งวิธีการนี้ปรากฏว่าสามารถติดตามวัตถุได้ดี สำหรับการคัดเลือกคุณภาพของตัวอ่อนปูแสมที่มีคุณภาพ มีพัฒนาการที่ดีเราสามารถอ้างอิงข้อมูลและพิจารณาข้อมูลจากตัวอ่อนที่มีการเคลื่อนที่หรือมีการว่ายน้ำ ซึ่งตรงกับ Sudtongkong *et al.* (2019) ได้กล่าวไว้ว่า ตัวอ่อนของปูแสมที่แข็งแรง คือ ตัวที่ว่ายน้ำ ดังนั้นการตรวจจับนับจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูแสมจึงเป็นข้อมูลอ้างอิงถึงคุณภาพหรือพัฒนาการของตัวอ่อนปูแสมที่เหมาะสมที่จะนำไปอนุบาลต่อ โดยนำข้อมูลจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่รวมมาทำการเปรียบเทียบระหว่างตัวอ่อนของปูแสมทั้ง 5 กระบะ เพื่อนำมาหาอัตราค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่รวมทั้ง 5 กระบะ

จากผลการทดลอง ตามตารางที่ 2 ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ตัวอ่อนปูแสมที่มาจากแม่พันธุ์ 5 กระบะ/1 ตัว เพื่อพิจารณาตัวอ่อนปูแสมที่มีคุณภาพดีจากจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปอนุบาลต่อ โดยตัวอ่อนปูแสมทั้งหมด 282 ตัว หลังจากนั้นนับจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่รวมของตัวอ่อนปูแสมในแต่ละกระบะจากอัลกอริทึม (Algorithm) ที่พัฒนาขึ้น พบว่า ในกระบะที่ 1 ตัวอ่อนปูแสม จำนวน 52 ตัว คิดเป็น 18.44% ตรวจพบการเคลื่อนที่ 150 ครั้ง คิดเป็น 27.66% ของอัตรา

ความเคลื่อนไหว กระบะที่ 2 ตัวอ่อนปูแสม จำนวน 55 ตัว คิดเป็น 19.51% ตรวจพบการเคลื่อนที่ 100 ครั้ง คิดเป็น 19.51% ของอัตราความเคลื่อนไหว กระบะที่ 3 ตัวอ่อนปูแสม จำนวน 56 ตัว คิดเป็น 21.98% ตรวจพบการเคลื่อนที่ 400 ครั้ง คิดเป็น 87.92% ของอัตราความเคลื่อนไหว กระบะที่ 4 ตัว

อ่อนปูแสม จำนวน 57 ตัว คิดเป็น 20.22% ตรวจพบการเคลื่อนที่ 200 ครั้ง คิดเป็น 40.44% ของอัตราความเคลื่อนไหว และ กระบะที่ 5 ตัวอ่อนปูแสม จำนวน 56 ตัว คิดเป็น 19.85% ตรวจพบการเคลื่อนที่ 120 ครั้ง คิดเป็น 23.66% ของอัตราความเคลื่อนไหว

ตารางที่ 2 ผลการตรวจจับการเคลื่อนที่ตัวอ่อนปูแสม

กระบะ ที่	จำนวนครั้งที่ (ลุ่ม)	จำนวน ตัวอ่อน (Zoea) รวม / ตัว	ค่าเฉลี่ย ตัวอ่อนรวม (%)	รวมจำนวนครั้งที่ การเคลื่อนไหวที่วิธีการ ประมวลผลภาพตรวจจับได้ / ภายใน 1 นาที	ค่าเฉลี่ยรวม อัตราการ เคลื่อนไหว (%)
กระบะ1	*10 ชั่วโมง	52 ตัว	18.44%	150 ครั้ง	27.66%
กระบะ2	10 ชั่วโมง	55 ตัว	19.51%	100 ครั้ง	19.51%
กระบะ3	10 ชั่วโมง	62 ตัว	21.98%	400 ครั้ง	87.92%
กระบะ4	10 ชั่วโมง	57 ตัว	20.22%	200 ครั้ง	40.44%
กระบะ5	10 ชั่วโมง	56 ตัว	19.85%	120 ครั้ง	23.82%

หมายเหตุ *10 ชั่วโมง หมายถึง จำนวนครั้งที่ลุ่มในแต่ละกระบะเพื่อนำมาเป็นตัวแทนของประชากร

จากผลของอัตราการเคลื่อนไหวเฉลี่ยในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของตัวอ่อนปูแสมด้วยอัลกอริทึม (Algorithm) การประมวลผลด้วยภาพ จะพบว่า ตัวอ่อนปูแสมในกระบะที่ 3 ที่มีอัตราการเคลื่อนไหวเฉลี่ยในระดับมากที่สุด คือ 87.92% อาจกล่าวได้ว่ามีพัฒนาการที่ดีและมีความแข็งแรงที่สมบูรณ์มากที่สุดเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยรวมจากจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 5 กระบะ เหมาะสมที่จะอนุบาลเพื่อการเพาะฟักหรือนำไปเลี้ยงต่อ ส่วนในกระบะที่ 2 เป็นตัวอ่อนที่มีความอ่อนแอไม่แข็งแรงมากที่สุด โดยอัตราค่าเฉลี่ยการเคลื่อนไหวรวมคิดเป็น 19.51% ไม่เหมาะสมที่จะนำไปอนุบาลต่อ

สรุป

ในบทความนี้ได้พัฒนาเทคนิคและการนำเสนออัลกอริทึม (Algorithm) ทางการประมวลผลภาพ โดยมุ่งเน้นวิธีการลบภาพพื้นหลังและเพิ่มขั้นตอนการกรอง (Filtering) สิ่งรบกวน (Noise) ออกจากภาพรวมถึงเครื่องมือการติดตามที่มีคุณภาพ ซึ่งจะช่วยให้ผลการติดตาม (Tracking) และผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้นสามารถนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของตัวอ่อนปูแสมในระยะซูลี (Zoea) เพื่อการคัดกรองและประเมินความแข็งแรงของตัวอ่อนปูแสมจากการเคลื่อนไหวได้ ซึ่งผลพบว่าอัลกอริทึม (Algorithm) สามารถวิเคราะห์ผลการเคลื่อนไหวได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ แต่อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมยังสามารถปรับแต่งเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ จาก

สภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของแสงแบบทันทีทันใด ทำให้ภาพที่ได้ขาดความคมชัด หรือตัวอ่อนปูเกิดทับซ้อน ทำให้ไม่สามารถแยกตัวอ่อนปูได้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิคม สุวรรณวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชาญยุทธ สุดทองคง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง อาจารย์กฤติกร แก้ววงศ์ศรี อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย รวมถึงอาจารย์ประจำหลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

Benezeth, Y., Jodoin, P.M., Emile, B., Laurent, H. and Rosenberger, C. 2008. Review and Evaluation of Commonly-Implemented Background Subtraction Algorithms, pp. 1-4. *In 2008 19th International Conference on Pattern Recognition*. Tampa, FL, USA.

Boon, T.K. and Haidi, I. 2012. A Literature Survey on Animal Detection Methods in Digital Images. *International Journal of Future Computer and Communication* 1(1): 24-25.

Chitradevi, B. and Srimanthi, P. 2014. An Overview on Image Processing

Techniques. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* 11(2): 6466-6472.

Forward, R.B. 2009. Larval biology of the crab *rhithropanopeus harrisi* (Gould): A synthesis. *Biological Bulletin* 216(3): 243-256.

Genodepa, J., Zeng, C. and Southgate, P.C. 2004. Preliminary assessment of a microbound diet as an *Artemia* replacement for mud crab, *Scylla serrata*, megalopa. *Aquaculture* 236(1):497-509.

Jain, S. and Chadokar, S. 2015. A Object Detection in Image Processing: A Review. *International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering* 4(2): 26-29.

Jiang, Y., Li, Z., Fang, J., Yue, J. and Li, D. 2014. Automatic video tracking of Chinese mitten crabs based on the particle filter algorithm using a biologically constrained probe and resampling. *Computers and Electronics in Agriculture* 106: 111-119.

Koniar, D., Loncov, Z., Harga, L. and Be, P. 2015. Machine vision application in animal trajectory tracking. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 127: 258-272.

Pavlov, D.A. 2006. A method for the assessment of sperm quality in fish. *Journal of Ichthyology* 46(5): 391-398.

Piccardi, M. 2004. Background subtraction techniques: a review, pp. 3099-3104. *In IEEE International Conference on Systems,*

- Man and Cybernetics Background** The Hague, Netherlands.
- Ren, X., Wang, Z., Gao, B., Liu, P. and Li, J. 2017. Toxic responses of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) larvae exposed to environmentally realistic concentrations of oxytetracycline. **Chemosphere** 173: 563-571.
- Schwager, M., Anderson, D.M., Butler, Z. and Rus, D. 2007. Robust classification of animal tracking data. **Computers and Electronics in Agriculture** 56(1): 46-59.
- Singla, N. 2014. Motion Detection Based on Frame Difference Method. **International Journal of Information & Computation Technology** 15(4): 1559-1565
- Sudtongkong, C., Wattanakul, W., Kong-oh, S., Danghnonghin, S. and Tunphiban, T. 2019. Survival and Growth of Juvenile Sesarmid Crab (*Episesarma singaporense*) Fed with Different Particle Size of Formulated Diets. **Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal** 11(1): 169-180.
- Tekalp, A.M. and Salman, F.S. 2007. Automatic Vehicle Counting from Video for Traffic Flow Analysis, pp. 392-397. In **2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium**. Istanbul, Turkey.
- Tillett, R.D., Onyango, C.M. and Marchant, J.A. 1997. Using model-based image processing to track animal movements. **Computers and Electronics in Agriculture** 17(2): 249-261.
- Yilmaz, A., Javed, O. and Shah, M. 2006. Object tracking: A survey. **ACM Computing Surveys** 38(4): 1-45.
- Zion, B. 2012. The use of computer vision technologies in aquaculture - A review. **Computers and Electronics in Agriculture** 88: 125-132.