วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา (ISSN: 1905-9450)
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

การศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพด้วยกล้องวงจรปิด สำหรับการวัดและแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง

ยุติ ฉัตรวรานนท์[1] และ ภุชงค์ จันทร์จิระ[2]*

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
[2]ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**Corresponding author e-mail: Dr.puchong.chan@gmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพด้วยกล้องวงจรปิด สำหรับการวัดและแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาวิธีการหาขอบภาพด้วยกล้องวงจรปิด สำหรับการวัดและแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง 2) เปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพด้วยกล้องวงจรปิด สำหรับการวัดและแจ้งเตือนระดับน้ำ ในแม่น้ำลำคลอง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาระยะทางแบบยูคลิเดียนนำมาใช้ในการแจ้งเตือนระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยศึกษาระดับน้ำบริเวณคลองในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม จากผลการทดลองพบว่า การเปรียบเทียบ ค่าความผิดพลาดทั้ง 3 วิธี คือวิธีการ MSE, RMSE และMAD วิธีวิธีการหาขอบภาพที่มีค่าความผิดพลาดมากที่สุดคือวิธีการหาขอบภาพแบบพรีวิท โดยมีค่า MSE = 9,238.016, ค่าRMSE = 96.1146 และค่า MAD = 86.30894 และวิธีการหาขอบภาพที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือวิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองโดยมีค่า MSE = 5.642276, ค่า RMSE = 2.375348 และค่า MAD = 1.44715

คำสำคัญ : วิธีการหาขอบภาพ, กล้องวงจรปิด, แจ้งเตือนระดับน้ำ

ข้อมูลบทความ : วันรับพิจารณา 11 กรกฎาคม 2566 / วันแก้ไข 28 พฤศจิกายน 2566 / วันตอบรับ 28 พฤศจิกายน 2566 / วันตีพิมพ์ 29 ธันวาคม 2566

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION

URL : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/issue/archive

JOURNAL OF INDUSTRIAL EDUCATION (ISSN: 1905-9450)

FACULTY OF EDUCATION, SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY, Volume 17 No.2 July-December 2023

A STUDY AND COMPARISON OF METHODS FOR FINDING THE EDGES OF IMAGES WITH CCTV. FOR WATER LEVEL MEASUREMENT AND ALARM IN THE RIVER.

Yutti Chatwaranon[1] and Puchong Chanjira[2]*

[1]*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University*

[2]*Department of Education, Faculty of Industrial Education, Srinakharinwirot University*

**Corresponding author e-mail: Dr.puchong.chan@gmail.com*

Abstract

In this paper, the edge location methods of closed-circuit television images used for canal water level measurement and early warning are studied and compared. The purposes are: 1) to study the edge location methods of closed-circuit television images used for canal water level measurement and early warning; 2) Compare the edge location methods of closed-circuit television images for canal water level measurement and early warning. In this paper, based on the research on the early warning of canal water level change, Euclidean distance is used to locate the canal water level change. According to the experimental results, the three error values are compared by MSE, RMSE and MAD, and the image edge location method with the most error values is eccentric image edge method. MSE = 9,238.016, RMSE = 96.1146 and MAD value = 86.30894 and the method of finding the image edge with the minimum error value are the methods of finding the second derivative image edge with MSE = 5.642276, RMSE = 2.375348 and MAD value = 1.44715

Keywords : Methods for finding edges, surveillance cameras, water level alerts

Article Info: Received; July 11, 2023 / Revised; November 28, 2023 / Accepted; November 28, 2023 / Published; December 29, 2023

บทนำ

ในปัจจุบันเราบันทึกภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหวจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาด้วยกล้องวงจรปิด (Close Circuit Television) หรือ CCTV หลักการทำงานของ CCTV จะให้ตัวกล้องเป็นตัวรับสัญญาณภาพ และภายในตัวกล้องนั้นจะมีตัวที่แปลงสัญญาณภาพเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อส่งต่อสัญญาณตามสายที่เชื่อมจากกล้องไปสู่เครื่องรับ สัญญาณภาพ จากนั้นส่งต่อไปยังจอรับภาพเพื่อแสดงภาพที่ได้จากตัวกล้อง โดยปกติแล้วนั้น ตัวกล้อง และจอภาพจะอยู่ต่างสถานที่กัน

จากการศึกษาสถานการณ์น้ำบริเวณลุ่มแม่น้ำต่าง ๆ ของประเทศไทย พบว่าเจอปัญหาอุทกภัยอยู่ทุกปี โดยส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดความเสียหายต่อชุมชน เศรษฐกิจ และประชาชนในพื้นที่นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อการอุปโภคบริโภคจากปัญหาน้ำหลาก การเกิดอุทกภัยในแต่ละครั้งทำให้ต้องสูญเสียทั้งทรัพย์สิน และส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจในชุมชน รวมถึงการส่งผลเสียต่อสุขภาพ และสุขอนามัยของคนในชุมชน ทั้งด้านร่างกาย และจิตใจ อีกทั้งสภาวะน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานยังเป็นสาเหตุให้เกิดโรค เชื้อโรค และพาหะที่มากับน้ำท่วม ดังตัวอย่างใน ปี2554 ซึ่งเกิดน้ำท่วมขึ้นเป็นบริเวณกว้างในพื้นที่หลายจังหวัดของประเทศไทย ทำให้มีผู้เสียชีวิต และสูญหายรวม 670 ราย เดือดร้อนกว่า 4 ล้านครัวเรือน ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำ (ธริศร์ ทิมทอง. 2562)

พระราชบัญญัติป้องกัน และบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 มาตรา 4 บัญญัติไว้ว่า อุทกภัย หมายถึง ภัยสาธารณที่เกิดจากน้ำ จัดเป็นสาธารณภัยที่รัฐจะต้องดำเนินการหาวิธีป้องกัน และระงับเหตุที่เกิดขึ้นโดยเร็ว พร้อมทั้งจะต้องให้ความช่วยเหลือแก่ประชาชน ตลอดจนการรักษาความสงบเรียบร้อยเพื่อให้สถานการณ์เข้าสู่ภาวะปกติโดยเร็ว (พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2550)

สำนักพัฒนา และวิจัยของกรมชลประทานได้นำระบบกล้องวงจรปิด (CCTV) มาตรวจวัดระดับน้ำ และส่งข้อมูลผลการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ โดยมีการติดตั้ง ณ สถานีตรวจวัดตามจุดที่สำคัญต่าง ๆ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง อ่างเก็บน้ำ ประตูระบายน้ำ สถานีสูบน้ำ และเขื่อน เป็นต้น โดยการจัดให้มีเจ้าหน้าที่ทำหน้าที่ตรวจวัด และรายงานค่าระดับน้ำ แต่ในการส่งข้อมูลนั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ เนื่องจากไม่เห็นสภาพการณ์ปัจจุบัน ณ จุดตรวจนั้นๆ เพื่อประกอบการบริหารจัดการพร้อมกับการบันทึกภาพย้อนหลังเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจ ดังนั้น สำนักพัฒนาและวิจัยกรมชลประทานจึงได้พัฒนาประยุกต์ใช้กล้องวงจรปิด (CCTV) สำหรับอ่านค่าระดับน้ำแบบอัตโนมัติ โดยทำการวิเคราะห์ภาพนิ่งที่ได้รับโดยตรงจากกล้องวงจรปิด ซึ่งถูกตั้งค่าให้ถ่ายภาพระดับน้ำเป็นช่วง ๆ แบบต่อเนื่อง ซึ่งสามารถวิเคราะห์และสามารถตรวจสอบกับภาพที่แสดงในวันเวลานั้นได้ แต่ภาพที่ได้นั้นยังต้องประมวลผลโดยการแปลงให้เป็นค่าตัวเลขที่มีลักษณะเป็นจำนวนเต็มในรูปเมตริก (อุรินทร์ โสตรโยม. 2557)

จากข้อความดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสถานการณ์น้ำบริเวณลุ่มแม่น้ำต่าง ๆ จึงได้ศึกษา และเปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพด้วยกล้องวงจรปิด สำหรับการวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง เพื่อการเฝ้าระวังการเกิดอุทกภัย โดยพัฒนาประยุกต์ใช้กล้องวงจรปิด (CCTV) สำหรับอ่านค่าระดับน้ำแบบอัตโนมัติโดยทำการวิเคราะห์นำภาพนิ่งมาวิเคราะห์ และศึกษาข้อมูลของระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมง

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาวิธีการหาขอบภาพในกล้องวงจรปิด สำหรับการวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพในกล้องวงจรปิด สำหรับการวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับการวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลองที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมง

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การหาขอบภาพในกล้องวงจรปิด 4 วิธี คือ วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Algorithm), วิธีการหาขอบภาพแบบวิตต์ (Prewitt Algorithm), วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง (First derivative edge detection) และวิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองหรือลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm) โดยการหาค่าความผิดพลาดของ MSE, RMSE, และRMSE

2. พื้นที่

ในการทำการศึกษา และทดลอง จะเป็นคลองดินในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาการดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในช่วงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

1. ตัวแปรต้น ได้แก่

การวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

วิธีการหาขอบภาพในกล้องวงจรปิด 4 วิธี คือ วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Algorithm), วิธีการหาขอบภาพแบบวิตต์ (Prewitt Algorithm), วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง (First derivative edge detection)
และวิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองหรือลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm)

การทบทวนวรรณกรรม

1) การหาขอบภาพ

การหาขอบภาพ (Edge Detection) เป็นเทคนิคหนึ่งในการประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่มีจุดประสงค์เพื่อทำการหาขอบเขตในภาพ คือการทำให้ขอบของภาพนั้นมีความเด่นชัดขึ้นมา เพื่อที่ทำการหาขอบเขตของภาพต่าง ๆ ได้ โดยขอบเขตภาพที่เกิดความเด่นชัดขึ้นมานั้น มาจากความแตกต่างความเข้มของแสงจากจุดภาพหนึ่งไปอีกจุดภาพหนึ่งที่มีความต่อเนื่องกัน โดยขอบภาพจะมีความเด่นชัดหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงระหว่างจุดภาพ และในการหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นมิใช่เรื่องที่ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการหาขอบภาพที่มีคุณภาพต่ำหรือมีความเข้มของแสงไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ หรือมีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังที่มีค่าน้อย มีลายเส้นจำนวนมากที่มีความใกล้เคียงระหว่างจุดภาพที่มีความละเอียดชิดติดกัน จะทำให้การหาขอบภาพเพื่อให้ได้ภาพที่สมบูรณ์นั้นยากมากยิ่งขึ้น (วิศรุต คล้ายแจ้ง และคณะ. 2562)

ในการหาขอบภาพของวัตถุนั้นจะเกี่ยวข้องกับการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้น และความต่อเนื่องของพิกเซลในภาพนั้น ๆ แม้ว่าขั้นตอนวิธีการในการหาขอบภาพของวัตถุนั้นมีอยู่หลายวิธี แต่โดยทั่วไปแล้วก็จะใช้แนวคิดในลักษณะเดียวกัน โดยขั้นตอนวิธีการที่เป็นมาตรฐานอและเป็นที่นิยม มีอยู่ 4 วิธีการ คือ 1) วิธีการหา

ขอบภาพแบบโซเบล 2) วิธีการหาขอบภาพแบบพรีวิตต์ 3) วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง (First derivative edge detection) 4) วิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองหรือลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm) (Joshi M, Vyas A. 2563; Katiyar SK, Arun PV. 2557) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Algorithm)

ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้จะเป็นกระบวนการในการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี ดังนั้นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุดจะถูกพิจารณาว่าเป็นขอบภาพของวัตถุในภาพ โดยในกระบวนการนี้จะใช้เมตริกตัวกรองเป็น 2 เมทริกขนาด 3×3 ซึ่งแต่ละอันนั้นจะทำมุม 90 องศาต่อกัน เพื่อให้หาแนวขอบในแนวแกนนอน และหาแนวขอบในแนวแกนตั้ง หลังจากที่นำเมตริกทั้งสองไปคูณกับทุก ๆ พิกเซลในภาพแล้ว จะนำผลคูณที่ได้จากทั้งสองกรณีมาบวกกัน เพื่อวิเคราะห์หาขอบภาพวัตถุ (Sobel I. 2513) ดังภาพประกอบที่ 1

1	2	1
0	0	0
1	-2	-1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

ภาพประกอบ 1 เมตริกตัวกรองของวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

1.2 วิธีการหาขอบภาพแบบวิตต์ (Prewitt Algorithm)

มีความคล้ายคลึงกับขั้นตอนวิธีการโซเบล โดยเป็นการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี โดยใช้เมตริกตัวกรอง 2 เมตริก ขนาด 3×3 จากการเปรียบเทียบในอดีต สำหรับภาพที่มีความซับซ้อนนั้น ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพที่เหนือกว่าวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล โดยเมตริกตัวคูณสำหรับขั้นตอนวิธีการชนิดนี้ (Prewitt JMS. 2513) เป็นดังภาพประกอบที่ 2

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

•

	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

ภาพประกอบ 2 เมตริกตัวกรองของวิธีการหาขอบภาพแบบวิตต์

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

1.3 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง (First derivative edge detection)

เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่สะดวกต่อการทำงาน ซึ่งเป็นวิธีการหาขอบภาพพื้นฐาน เช่น Sobel, Robert และ Prewitt เป็นต้น โดยขอบภาพที่ได้จากการหาขอบภาพอนุพันธ์อันดับหนึ่งจะมีลักษณะที่ขอบหนา (Thick Line) เนื่องจากขอบภาพที่ได้จะเป็นค่า Threshold โดยมีปัญหาหลักคือ การกำหนดค่า Threshold ที่เหมาะสม

1.4 วิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองหรือลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm)

ขั้นตอนวิธีการชนิดนี้เป็นการหาอนุพันธ์อันดับสองเมื่อเทียบกับแนวแกนนอน และแนวแกนตั้ง จากนั้นนำผลที่ได้ทั้งสองมารวมกัน จะทำให้ได้ค่าของจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของความเข้มข้นของเม็ดสีในโทนสีเทา เนื่องจากเทคนิคนี้เป็นการใช้อนุพันธ์อันดับที่สอง ทำให้ขั้นตอนวิธีการมีความอ่อนไหวสูง (High Sensitive) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการลดสัญญาณรบกวน โดยการใช้ตัวกรอง (Gaussian Smooth Filter) กับรูปเสียก่อน หลังจากนั้นจึงคำนวณหาค่าความเข้มของเม็ดสีในโทนสีเทาที่เปลี่ยนแปลงไป อนุพันธ์อันดับสองของฟังก์ชันที่ตำแหน่งจุดที่ปลายทั้งสอง คือ x_0 และ x_3 จะมี ค่าเท่ากับศูนย์ (Maini R, Aggarwal H. 2009) ดังสมการ

$$f_1^n(x_0) = f_3^n(x_3) = 0 \quad (5)$$

โดยทั่วไปหากภาพที่มีสัญญาณรบกวนน้อย สามารถใช้เมตริกขนาด 3×3 เป็นตัวกรองของขั้นตอนวิธีการแบบลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน เพื่อหาขอบได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจ และเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยมีเมตริกตัวกรองดังภาพประกอบที่ 3

-1	2	-1
2	-4	2
-1	2	-1

ภาพประกอบ 3 เมทริกซ์ตัวกรองของวิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสอง

2. การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering)

ในการกรองข้อมูลภาพ คือ การนำภาพที่ได้มาผ่านวิธีการกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพ หรือให้ได้ผลออกมา โดยภาพที่ได้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากภาพเริ่มต้น ซึ่งในวัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพ คือการเน้นหรือลดทอนคุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ (วิโรจน์ องอาจ. 2549)

ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาส์เซียน (Gaussian Filter)

เป็นวิธีการกรองสัญญาณรบกวนที่มีคุณลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ สำหรับในการลดสัญญาณรบกวน (Noise) และลบความคมชัดของภาพ ดังสมการ

$$G(x) = \sqrt{\frac{a}{\pi}} \times e^{-a \times x^2} \tag{6}$$

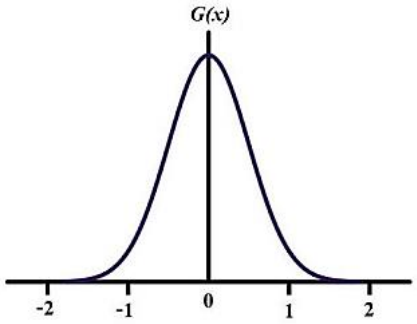
หรือสามารถเขียนได้จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ส่วนเบี่ยงเบน ดังนี้

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \times \pi \times \sigma}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \tag{7}$$

โดย

x = ค่าตัวแปรในแกน x

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบน



ภาพประกอบ 4 ตัวกรองสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน 1 มิติ

เกาส์เซียนแบบ 2 มิติ จะมีสมการ ดังนี้

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \times \pi \times \sigma}} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \tag{10}$$

โดย

x = ค่าตัวแปรในแกน x

y = ค่าตัวแปรในแกน y

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบน

3. ระยะทางแบบยูคลิเดียน (Euclidean distance)

$$d_{x,y} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (x_i - y_i)^2} \tag{11}$$

โดยกำหนดให้

$$x = [\, x_1 x_2 \ldots . x_m \,]^T \tag{12}$$

$$y = [\, y_1 y_2 \ldots . y_m \,]^T \tag{13}$$

เมื่อ $d_{x,y}$ คือ ปริภูมิมิติ

x คือ ข้อมูลชุดที่ 1

y คือ ข้อมูลชุดที่ 2

m คือ ขนาดของข้อมูล

ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error; MSE)

$$\mathrm{MSE} = \sum_{i=1}^{N} \frac{(\mathrm{X_i n Y_i})^2}{\mathrm{N}} \tag{14}$$

ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error; RMSE)

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{(\mathrm{X}_i - \mathrm{Y}_i)^2}{\mathrm{N}}} \tag{15}$$

ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute deviation; MAD)

$$\mathrm{MAD} = \frac{\sum \left| X_i - Y_i \right|}{N} \tag{16}$$

เมื่อ X_i คือ ค่าที่ได้จากการวัดจริง (Observed data)

Y_i คือ ค่าที่ได้จากวิธีการหาขอบภาพ

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mashiro Iwahashi and Sakol Udomsiri ได้แสดงวิธีการตรวจวัดระดับน้ำจากสัญญาณวิดีโอสำหรับการเฝ้าระวังแม่น้ำ ด้วยวิธีการระบุตามแนวแกนนอน (Horizontal line) เพื่อหาขอบพื้นที่ดิน และระดับน้ำด้วยเส้นแนวนอน โดยใช้วิธีการหาขอบภาพแบบพรีวิท และวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล จากผลการทดลองพบว่า การใช้วิธีการหาขอบภาพแบบพรีวิท และวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบลร่วมกับการวิธีการระบุระดับน้ำตามแนวแกนนอน สามารถระบุระดับน้ำได้แต่ยังคงมีสัญญาณอื่นรบกวน เช่น เม็ดฝนในช่วงฝนตก เป็นต้น

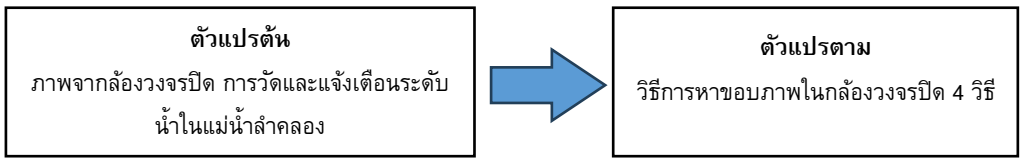
Evandro ได้ศึกษาการประมวลผลภาพดิจิตอลเพื่อหาความลึกของลำธารในเมืองโดยการใช้กล้อง และเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความลึก ในการใช้วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล เพื่อหาแนวระดับน้ำในลำธารของเมือง และทำการเปรียบเทียบผลที่แตกต่างกันในแต่ละวัน ผลการทดลองสามารถวิเคราะห์เพื่อหาความลึกของระดับน้ำได้ โดยมีข้อผิดพลาดที่น้อยกว่าที่ต้องการคือ 0.5% อีกทั้งสามารถนำไปใช้งานที่เกิดขึ้นจริงในสภาพแวดล้อมแบบเปิดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

Chapman ได้ประยุกต์ใช้กล้องวงจรปิดสำหรับศึกษาทางด้านธรณีวิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการใช้กล้องวงจรปิดร่วมกับระบบเซนเซอร์ในการตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำ เพื่อหาระดับความสูงของแม่น้ำด้วยวิธีการระบุตามแนวแกนนอน ผลคือสามารถตรวจจับเศษตะกอนที่ตกค้าง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลง

จากการตรวจสอบตะกอนที่ตกค้างด้วยกล้องวงจรปิด สามารถตรวจจับคราบตะกอนที่เกิดขึ้นได้ โดยสังเกตได้จากการดูผ่านกล้องวงจรปิด และระบบเซนเซอร์ เพื่อตรวจสอบปริมาณตะกอนที่ตกค้างได้อย่างถูกต้อง

Jaeiyoung Yu and Hernsoo ได้ประยุกต์ใช้กล้องวงจรปิดร่วมกับเว็บไซต์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพที่ได้ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับน้ำ โดยการบอกรายละเอียดของขอบภาพที่ได้ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบในแต่ละภาพเพื่อหาระดับน้ำในแม่น้ำ จากการทดลองเฝ้าสังเกตระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนจากกล้องวงจรปิดร่วมกับเว็บไซต์นั้น สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับน้ำได้อย่างถูกต้อง และมีความละเอียดแม่นยำ สามารถนำมาทดลองใช้งานจริงได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 5 กรอบแนวความคิดในงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

การหาขอบภาพในกล้องวงจรปิดสามารถวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง

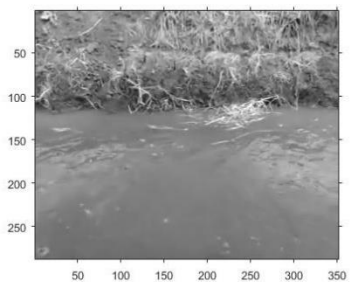
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยวิธีการหาขอบภาพในกล้องวงจรปิดสำหรับการวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดที่คลองนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

ภาพประกอบ 6 ภาพถ่ายจากระบบกล้องวงจรปิดที่คลองนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

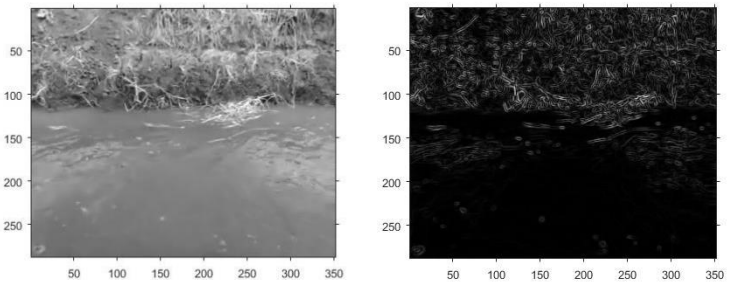
2. นำภาพที่ได้มาผ่านวิธีการกรองสัญญาณรบกวนเกาส์เซียน (Gaussian Filter) เพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise) และลบความคมชัดของภาพ หรือลดทอนคุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ



ภาพประกอบ 7 ภาพที่ผ่านวิธีการกรองสัญญาณรบกวนเกาส์เซียน

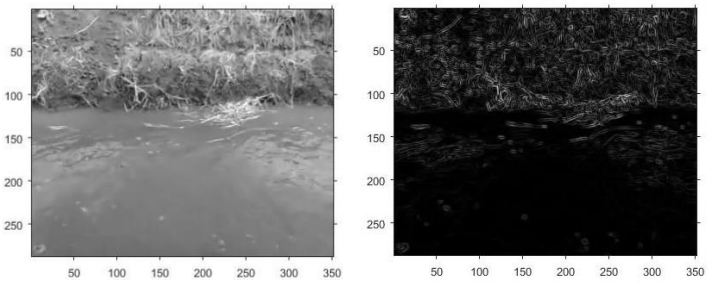
3. นำภาพที่ผ่านวิธีการกรองสัญญาณรบกวนเกาส์เซียนมาหาขอบภาพด้วยวิธีการหาขอบภาพทั้ง 4 แบบ

3.1 วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Algorithm)



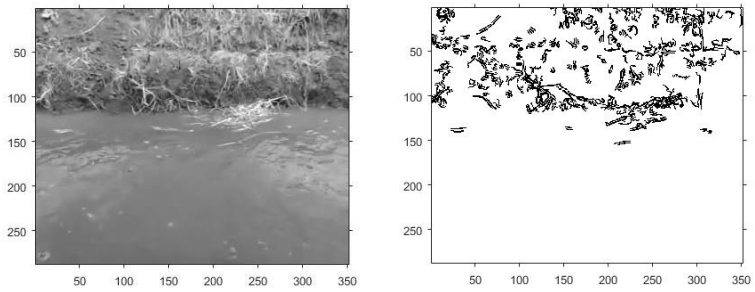
ภาพประกอบ 8 ภาพการหาขอบภาพด้วยวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล

3.2 วิธีการหาขอบภาพแบบแบบพรีวิตต์ (Prewitt Algorithm)



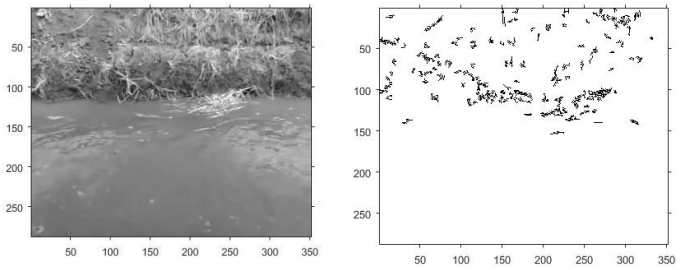
ภาพประกอบ 9 ภาพการหาขอบภาพด้วยวิธีการหาขอบภาพแบบพรีวิตต์

3.3 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง (First derivative edge detection)



ภาพประกอบ 10 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง

3.4 วิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองหรือลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm)

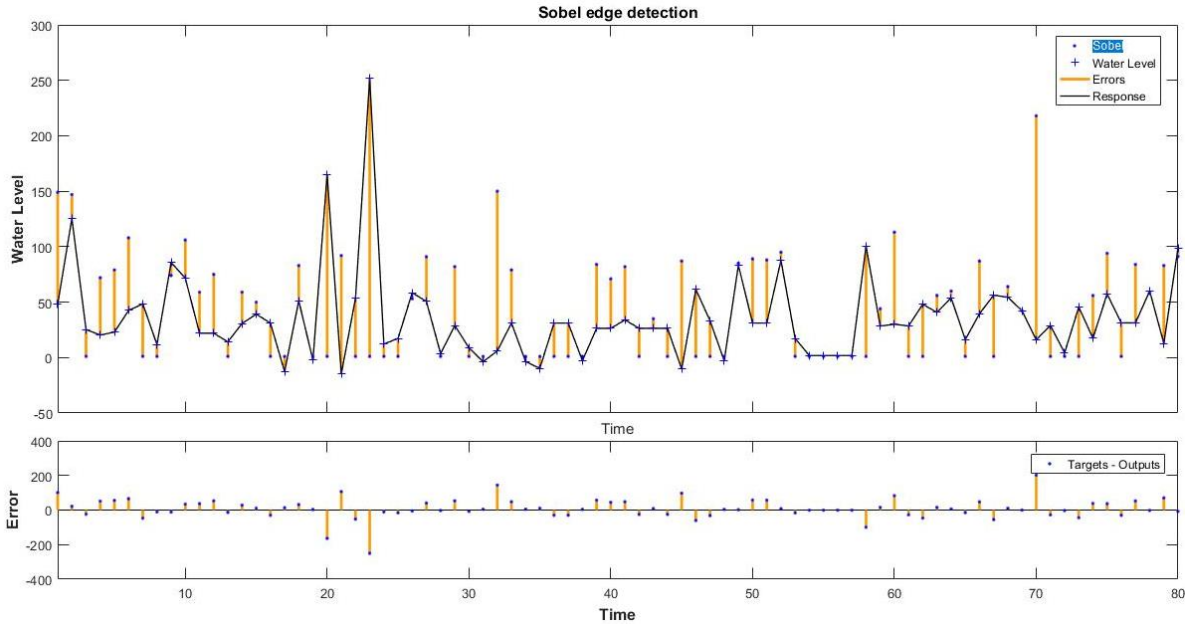


ภาพประกอบ 11 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับสอง

ผลการวิจัย

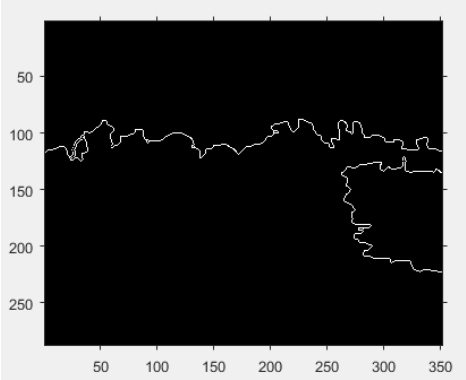
จากการหาระดับน้ำด้วยวิธีการหาขอบภาพทั้ง 4 วิธี มีผลการศึกษา และทดลอง ดังนี้

วิธีที่ 1 วิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Algorithm)



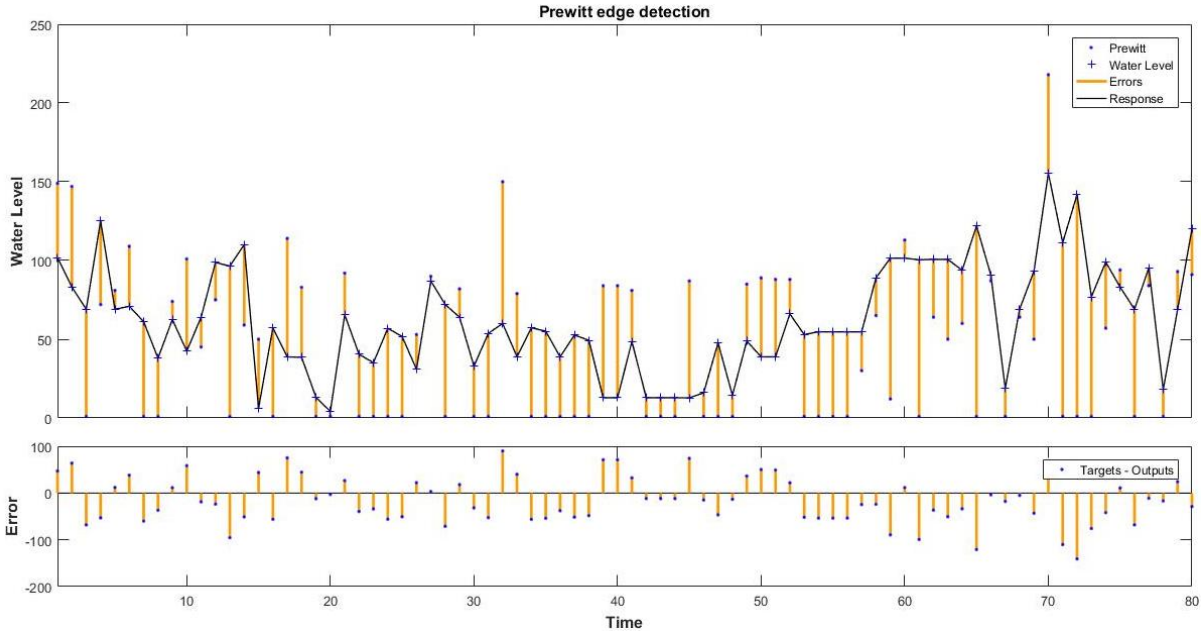
ภาพประกอบ 12 ค่าการหาระดับน้ำด้วยวิธีการหาขอบภาพแบบโซเบล

จากภาพประกอบที่ 12 พบว่าการหาระดับน้ำด้วยวิธีนี้มีค่าความผิดพลาดมาก สังเกตได้จากกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีของโซเบลกับระดับน้ำจริงจะมีค่าผิดพลาดในแต่ละเฟรม ซึ่งมีค่าสูงถึง 250 ทำให้การหาขอบภาพของระดับน้ำมีความแตกต่างกันมากระหว่างบริเวณผิวน้ำกับพื้นที่บริเวณตลิ่ง จึงส่งผลทำให้ขอบภาพที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนมากตามไปด้วย



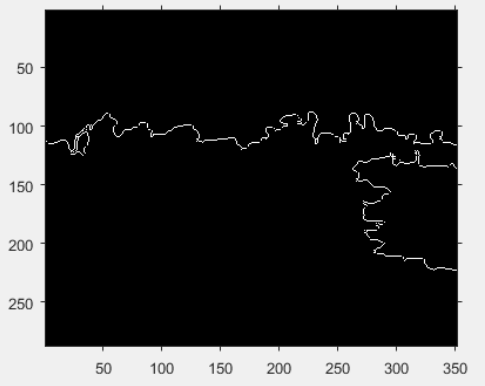
ภาพประกอบ 13 ภาพระดับน้ำจากการหาขอบภาพแบบโซเบล

วิธีที่ 2 วิธีการหาขอบภาพแบบแบบพรีวิตต์ (Prewitt Algorithm)



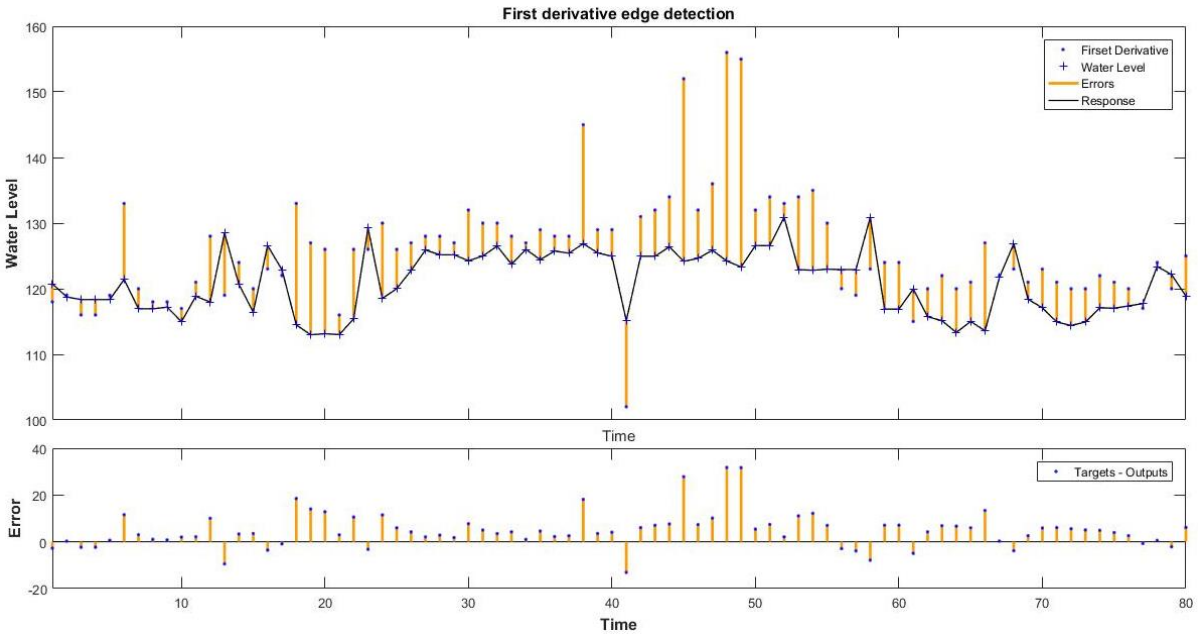
ภาพประกอบ 14 ค่าการหาระดับน้ำด้วยวิธีการหาขอบภาพแบบพรีวิตต์

จากภาพประกอบที่ 14 พบว่าการหาระดับน้ำด้วยวิธีนี้มีค่าความผิดพลาดมาก สังเกตได้จากกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีของพรีวิตต์กับระดับน้ำจริง จะมีค่าผิดพลาดในแต่ละเฟรมมีค่าสูงถึง 200 ทำให้การหาขอบภาพของระดับน้ำมีความแตกต่างกันมากระหว่างบริเวณผิวน้ำกับพื้นที่บริเวณตลิ่ง จึงส่งผลทำให้ขอบภาพที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนมาก แต่ก็มีประสิทธิภาพมากกว่าการหารขอบภาพด้วยวิธีของโซเบล



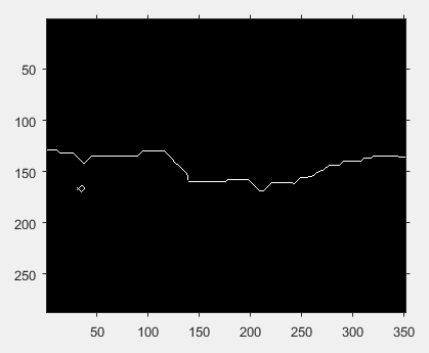
ภาพประกอบ 15 ภาพระดับน้ำจากการหาขอบภาพแบบพรีวิตต์

วิธีที่ 3 วิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง (First derivative edge detection)



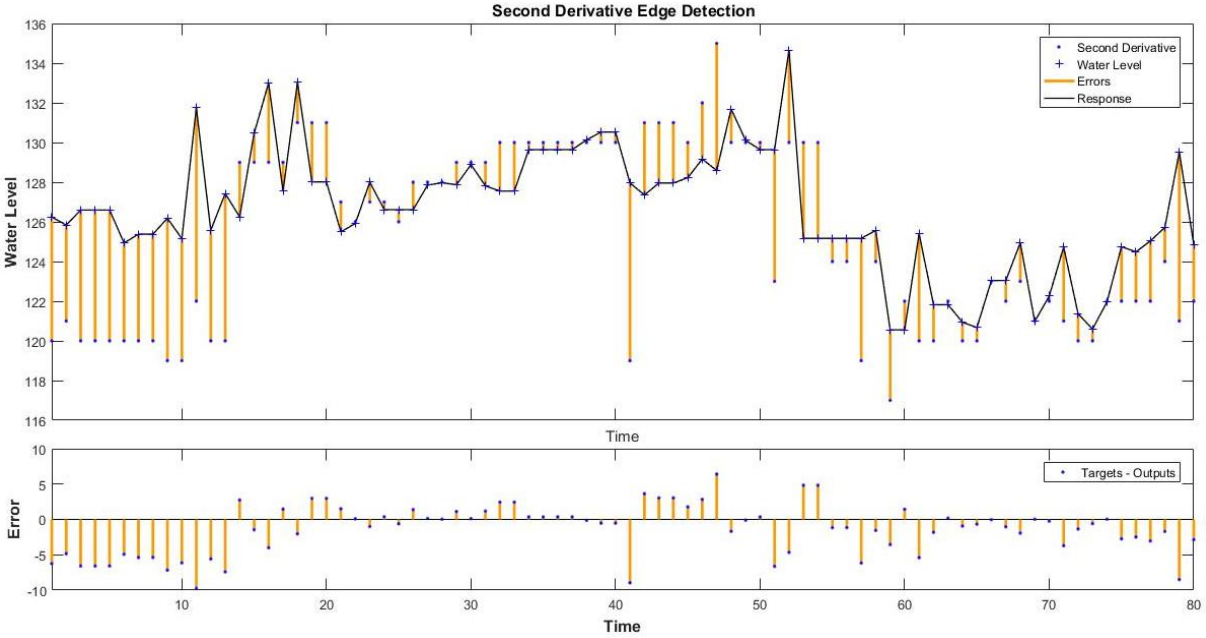
ภาพประกอบ 16 ค่าการหาระดับน้ำด้วยอนุพันธ์อับดับหนึ่ง

จากภาพประกอบที่ 16 พบว่าการหาระดับน้ำด้วยวิธีนี้มีค่าความผิดพลาดมาก สังเกตได้จากกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีของอนุพันธ์อับดับหนึ่งกับระดับน้ำจริง พบว่าในแต่ละเฟรมจะมีค่าความผิดพลาดในแต่ละเฟรมมีค่าสูง 150 ทำให้การหาขอบภาพของระดับน้ำมีความแตกต่างกันระหว่างบริเวณผิวน้ำกับพื้นที่บริเวณตลิ่ง จึงส่งผลทำให้ขอบภาพที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อน แต่ก็มีประสิทธิภาพมากกว่าการหารขอบภาพด้วยวิธีของพรีวิตต์ และโซเบล



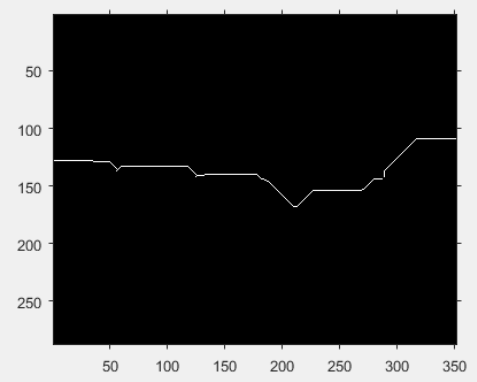
ภาพประกอบ 17 ภาพระดับน้ำจากการหาขอบภาพของอนุพันธ์อับดับหนึ่ง

วิธีที่ 4 วิธีการหาขอบภาพแบบอนุพันธ์อันดับสองหรือลาปลาเซียนแห่งเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Algorithm)



ภาพประกอบ 18 ค่าการหาระดับน้ำด้วยอนุพันธ์อันดับสอง

จากภาพประกอบที่ 18 พบว่าการหาระดับน้ำด้วยวิธีนี้มีค่าความผิดพลาดน้อยมาก สังเกตได้จากกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีของอนุพันธ์อับดับหนึ่ง กับระดับน้ำจริงจะมีค่าผิดพลาดในแต่ละเฟรมมีค่าเพียง 12 ทำให้การหาขอบภาพของระดับน้ำมีความแตกต่างกันระหว่างบริเวณผิวน้ำกับพื้นที่บริเวณตลิ่ง จึงส่งผลทำให้ขอบภาพที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่มาก



ภาพประกอบ 17 ภาพระดับน้ำจากการหาขอบภาพของอนุพันธ์อันดับสอง

ผลการเปรียบเทียบวิธีการหาขอบภาพในกล้องวงจรปิด สำหรับการวัด และแจ้งเตือนระดับน้ำในแม่น้ำลำคลองแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาด

วิธีการหาค่าความผิดพลาด	*Prewitt*	*Sobel*	*First Derivative*	*Second Derivative*
MSE	*9,238.016*	*9,172.309*	*43.09756*	*5.642276*
RMSE	*96.1146*	*95.77217*	*6.564873*	*2.375348*
MAD	*86.30894*	*86.29268*	*4.04065*	*1.447154*

สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดทั้ง 3 วิธี คือวิธีการMSE, RMSE และMAD ในการศึกษาพื้นที่ระดับน้ำจากภาพ VDO พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 1,400 เฟรม โดยทำการเลือกเฟรมเริ่มที่ 200 และปรับทีละ 10 เฟรม ปรากฏว่า วิธีที่มีค่าความผิดพลาดมากที่สุดคือวิธีการหาขอบภาพแบบ Prewitt โดยมี ค่าMSE 9,238.016, ค่า RMSE 96.1146 และค่าMAD 86.30894 ซึ่งในการหาขอบภาพที่มีค่าความผิดพลาดมากสามารถทำได้โดยการหาขนาดของเส้นขอบภาพ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการหาเส้นขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับสองที่มีขนาดเส้นเล็กกว่า ทำให้การหาระดับน้ำมีความแม่นยำมากกว่า โดยค่าMSE 5.642276, ค่าRMSE 2.375348 และค่าMAD 1.447154 พบว่าการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับสองเหมาะสำหรับการหาระดับน้ำมากกว่าวิธีการหาระดับน้ำอื่น ๆ ที่ได้นำเสนอ

อภิปรายผล

จากค่าความผิดพลาดของวิธีการหาขอบภาพ Prewitt และวิธีการหาขอบภาพแบบ Sobel พบว่า ผลที่ได้มีค่าความผิดพลาดมาก ซึ่งการที่มีค่าความผิดพลาดมากนั้นเป็นเพราะเส้นขอบมีความหนามากกว่าวิธีการหาอนุพันธ์ทั้งอันดับ 1 และวิธีการหาอนุพันธ์อันดับ 2 ทำให้การหาขอบภาพของระดับน้ำมีความแตกต่างกันมากระหว่างพื้นที่บนบกและบริเวณผิวน้ำ ส่งผลทำให้ขอบภาพที่ได้มีค่าความผิดพลาดมากตามไปด้วย ซึ่งความละเอียดที่มากขึ้นทำให้ระบบมองเห็นว่ามีส่วนอื่นบางส่วนเป็นระดับน้ำ แต่ถ้าเปรียบเทียบกันระหว่างการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับ 1 และวิธีการหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับ 2 ภาพที่ได้จะมีการตัดรายละเอียดบางส่วนออก แต่ยังคงเห็นความแตกต่างของ

ระดับผิวน้ำ และดินได้ชัดเจน เมื่อทำการแปลงภาพเพื่อหาระดับน้ำจะทำให้มีเส้นขอบระหว่างผิวน้ำกับดินได้แม่นยำมากกว่าวิธีการหาขอบภาพแบบ Prewitt และวิธีการหาขอบภาพแบบ Sobel นอกจากนี้การหาขอบภาพยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์งานด้านอื่น ๆ ได้ เช่น ทางการแพทย์ ทางด้านพันธุ์พืช หรือขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน เป็นต้น

ขอเสนอแนะ

1. ในการทดสอบนี้เป็นการเอาตัวอย่างจากคลองแม่น้ำในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ที่เป็นคลองแบบดินในการทดสอบ ซึ่งจะสามารถนำวิธีการนี้นำไปใช้ในคลองชลประทานเพื่อสามารถนำไปวัดระดับน้ำหรือระดับน้ำในเขื่อนต่าง ๆ ให้สามารถพัฒนาโปรแกรมในการนำไปเฝ้าระวัง และแจ้งเตือนได้

2. ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบปรับที่ละ 10 เฟรม โดยในการทดสอลงมีจำนวน 1400 เฟรม ปรับภาพที่ละ 10 เฟรม ซึ่งสามารถปรับที่ละ 1:1 หรือ 1:5 เพื่อให้มีความละเอียดมากกว่านี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

บรรณานุกรม

ธริศร์ ทิมทอง และอุรินทร์ โสตรโยม. (2562,/18 เมษายน). การพัฒนาระบบอ่านค่าระดับน้ำจากภาพของกล้องวงจรปิดแบบอัตโนมัติด้วยการวิเคราะห์ค่าเทรชโฮลด์ภาพระดับสีเทาและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (ระยะนำร่อง). *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. 15(1):* หน้า 40- 49

พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2550). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนที่ 52 ก. หน้า 2

วิศรุต คล้ายแจ้ง; และคณะ. (2562,มกราคม-ธันวาคม). การเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการหาขอบของวัตถุในภาพถ่ายทางอากาศ. *วารสารวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5(1):* หน้า105-120

วิโรจน์ องอาจ *"การประมวลผลภาพวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยโพลิเมอร์จากการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต"* สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2549 หน้า 150 - 156.

อุรินทร์ โสตรโยม. (2557). *โครงการพัฒนาระบบอ่านค่าระดับน้ำจากภาพของกล้องวงจรปิด (CCTV).* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน.

Chapman "Fuzzy sets and fuzzy logic in the human sciences." Software Agents and Soft Computing Towards Enhancing Machine Intelligence. 2016. pp.175-186.

Evandro Scudeleti Ortigoss., Fabio Dia., Jo Ueyama and Luis Gustavo Nonato "Using Digital Image Processing to Estimate the Depth of Urban Streams." SIBGRAPI. pp. 293-96.

Jaeiyoung Yu and Hernsoo "Remote detection and monitoring of a water level using narrow band channel." JOURNAL OF INFORATION SCIENCE AND ENGINEERING 26. 2010. pp. 71-82.

Joshi M, Vyas A. Comparison of Canny edge detector with Sobel and Prewitt edge detector using different image formats. Int J Eng Sci Res Technol [Internet]. 2020 [cited 2022 Feb 1]; 1:133-7. Available from: https://shorturl.asia/2kcbS

Katiyar SK, Arun PV. Comparative analysis of common edge detection techniques in context of object extraction. ArXiv [Internet]. 2014 Feb 5 [cited 2022 Feb 2];50(1):68- 79. Available from: https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1405/1405.6132.pdf

Maini R, Aggarwal H. Study and comparison of various image edge detection techniques. International Journal of Image Processing [Internet]. 2009 Mar 5 [cited 2022 Jan 26];3(1):1-11. Available from:https://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJIP/Volume3/Issue1/ IJIP-15.pdf

Mashiro Iwahashi and Sakol Udomsiri “Water level detection form video with fir filtering” IEEE. 2007. pp.826 – 831.

Prewitt JMS. Object Enhancement and Extraction. Picture Processing and Psychopictorics 1970 Jan:75-149.

Sobel I. Camera Models and Perception. [thesis Ph.D.]. California: Standford University; 1970.