การวัดค่าระดับน้ำในเขื่อนด้วยระบบประมวลผลภาพถ่ายอัตโนมัติ

Measuring water levels in dams using automatic image processing

ชยางกูร สอนเสนา[1] พลัฏฐ์ นันตา[2] และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรยุทธ โกมลวิลาศ[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การเก็บข้อมูลระดับน้ำในเขื่อนมีความสำคัญสำหรับการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งปัจจุบันการเก็บค่าระดับน้ำโดยใช้คนอ่านมาตรวัดระดับน้ำไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ตลอดเวลา ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมการวัดค่าระดับน้ำในเขื่อนด้วยระบบประมวลผลภาพถ่ายอัตโนมัติพร้อมนำเสนอการแก้ไขปัญหากรณีภาพถ่ายมีการสะท้อนของมาตรวัดระดับน้ำในน้ำ โดยอาศัยหลักการแยกมาตรวัดออกจากภาพพื้นหลังด้วยการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย ตรวจสอบภาพมาตรวัดด้วยการใช้การตรวจจับขอบของภาพ วัดค่าความสูงด้วยการเทียบพิกเซลของมาตรวัดกับพิกเซลของอักขระบนมาตรวัด ในกรณีที่เป็นภาพสะท้อนของมาตรวัดจะหาตำแหน่งของผิวน้ำด้วยการใช้กราฟผลรวมตามแนวแกน พร้อมทำการสอบเทียบผลลัพธ์ค่าระดับที่ได้จากโปรแกรมกับค่าระดับที่ตรวจวัดจริงด้วยการใช้หลักการทางสถิติ จากผลการทดสอบพบว่าค่าระดับที่ได้จากโปรแกรมมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าตรวจวัดจริงเท่ากับ 2 เซนติเมตรโดยมีค่าระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% ดังนั้นโครงงานนี้สามารถพัฒนาโปรแกรมแปลงภาพแผ่นระดับน้ำที่นำไปใช้งานได้

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพถ่าย, มาตรวัดระดับน้ำ, ภาพสะท้อน

Abstract

Water level measuring in dams is crucial for water management. Presently, manual reading of water level gauges cannot provide real time data collection. Therefore, this research project has developed a program for measuring water levels in dams using an automated image processing system and presents solutions for issues related to reflections of the gauge plate in the water. The approach relies on separating the gauge plate from the background using k-means clustering, verifying the gauge plate image through edge detection techniques, and measuring the height by comparing the pixels of the gauge plate to the pixels of the characters on the gauge plate. In the case of reflections, the position of the water surface is determined using a cumulative pixel along the axis graph. The program's results are calibrated against actual measured water levels using statistical principles. Test results show that the water levels obtained from the program deviate from the actual measured levels within 2 centimeters, with 95% confidence intervals. Therefore, this project successfully develops a water level image processing program that can be applied.

Keywords: Image processing, Water level gauge, Reflections

1. คำนำ

การเก็บข้อมูลระดับน้ำมีความสำคัญในการนำไปบริหารจัดการการกักเก็บน้ำและนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาการวัดระดับน้ำด้วยมาตรวัดระดับเป็นวิธีที่ถูกและดูแลรักษาง่ายมีการติดตั้งในพื้นที่เก็บน้ำหลายส่วน ดังนั้นการใช้ระบบประมวลผลภาพถ่ายอัตโนมัติมาช่วย จะทำให้เก็บค่าได้สะดวกรวดเร็วและสามารถเก็บค่าได้ตลอดเวลา

จากการศึกษากระบวนการประมวลผลภาพถ่ายในอดีต Nascimento et al. [1] มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่ออ่านค่าระดับน้ำ โดยมีกระบวนการ pre-processing ที่สามารถช่วยให้ตัดภาพมาตรวัดระดับออกมาได้ง่ายแต่ไม่สามารถแยกมาตรวัดระดับได้เมื่อพื้นหลังสีไม่ทึบและสมการที่ใช้ในการอ่านค่าระดับน้ำใช้ค่าคงที่ทำให้ไม่สามารถใช้งานกับสถานที่อื่นได้ อีกทั้งถ้าเกิดภาพสะท้อนใต้มาตรวัดระดับก็ยังคงไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ Guijun

C. [2] ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการจับคู่กับรูปแบบ (Matching Template) ซึ่งสามารถใช้ได้ดีกับภาพที่มีขนาดและมุมความเอียงของภาพใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากเป็นการคำนวณเปรียบเทียบพิกเซลต่อพิกเซล จึงสามารถใช้ได้กับ template ที่ตัดออกมาจากภาพต้นฉบับเท่านั้น เมื่อเจอกับภาพสะท้อนก็ไม่สามารถตัดภาพสะท้อนออกได้เช่นกัน Zhikang X. [3] เป็นการพัฒนา Deep learning model สำหรับการอ่านค่าระดับน้ำ มีการใช้วิธี pre-processing ที่ดี คือ การใช้ระนาบสี HSV องค์ประกอบ Hue เข้ามาช่วยในการตัดภาพสะท้อนและมีการพัฒนาสมการใหม่สำหรับการแปลงภาพเป็นรูปแบบ Component Map แต่เงื่อนไขของ Component Map นั้นใช้ได้กับไม้สตาฟสีแดงและน้ำเงินเท่านั้น ไม่สามารถใช้กับสีอื่นนอกจากนั้นได้ Zhen Z. [4] นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาภาพสะท้อน ด้วยการใช้ผลรวมแนวแกนตั้งของภาพ binary เพื่อใช้หาจุดตัดระดับน้ำ แต่ในงานวิจัยนี้ภาพที่ใช้งานต้องมี template ที่กำหนดความยาวไว้แล้ว ทำให้ทุกงานที่ได้ศึกษามายังไม่สามารถใช้งานกับภาพที่สะท้อนในน้ำได้ดีนัก ส่งผลให้งานวิจัยชิ้นนี้สนใจการพัฒนาโปรแกรมวัดค่าระดับน้ำด้วยระบบประมวลผลภาพถ่ายอัตโนมัติเพื่อให้สามารถเก็บค่าระดับน้ำได้รวดเร็ว เก็บได้ตลอดเวลาและสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากภาพสะท้อนด้วย

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 มาตรฐานของมาตรวัดระดับน้ำ

มาตรวัดระดับน้ำ คือ แผ่นเหล็กเคลือบสีที่มีอัตราส่วนบอกระยะสำหรับใช้ติดตั้งลงในแหล่งน้ำเพื่อตรวจวัดค่าระดับน้ำ สำหรับมาตรฐานมาตรวัดระดับน้ำของประเทศไทยซึ่งกรมชลประทานได้กำหนดไว้มีลักษณะหลัก คือ มีขนาดความยาว 1 เมตร กว้าง 15 เซนติเมตร มีตัวเลขกำกับลักษณะหัวตั้งทุก 10 เซนติเมตรโดยหน่วยของตัวเลขกำกับเป็นเซนติเมตร รูปแบบอัตราส่วนบอกระยะบนมาตรวัดระดับน้ำจะมีแถบขีดรูปตัว E สีดำระยะห่างกันทุก 5 เซนติเมตรมีขนาดความละเอียดช่องละ 1 เซนติเมตร

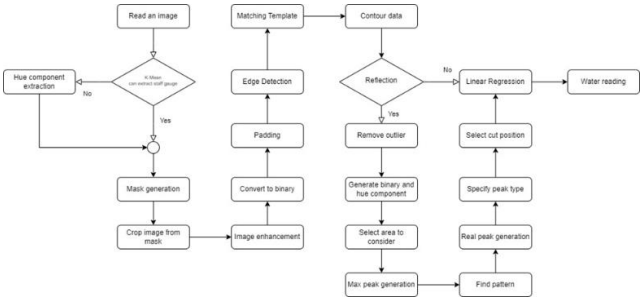
2.2 การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ คือกระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลโดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณที่ต้องการจากนั้นสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์และสร้างเป็นระบบได้ โดยกระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มีดังนี้ การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การดึงองค์ประกอบและแยกส่วนประกอบรูปภาพ การควบคุมสี การรวมกลุ่มและจับแยกวัตถุ

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 ผลการพัฒนาโปรแกรม

สามารถสรุปกระบวนการทั้งหมดภายในโปรแกรมได้ดังรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดวิธีการ 4 ขั้นตอนหลัก



รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการทำงานของโปรแกรม

3.1.1 กระบวนการแยกมาตรวัดระดับน้ำออกจากภาพ

ใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย (K-Mean Clustering) แบ่งกลุ่มสีในภาพออกเป็นจำนวน K กลุ่มแล้วเลือกกลุ่มที่มีสีของมาตรวัดเพื่อระบุตำแหน่งของมาตรวัดในรูป หากกลุ่มของจุดภาพที่ได้นั้นยังไม่สามารถระบุตำแหน่งของมาตรวัดระดับน้ำได้ให้ใช้การแยกสีด้วยระนาบสี “HSV (Hue-Saturation-Value)” นำไปสร้างหน้ากากของภาพมาตรวัดระดับน้ำเพื่อให้สามารถนำไปหาเส้นขั้นขอบของภาพได้ ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้สามารถระบุพิกัดจุดภาพซ้ายสุด, พิกัดจุดภาพบนสุด, ความกว้างของเส้นขั้นขอบภาพและความสูงของเส้นขั้นขอบภาพ เพื่อสามารถนำไปตัดกรอบสี่เหลี่ยมที่เป็นขอบเขตของมาตรวัดระดับน้ำออกมาจากภาพต้นฉบับได้

รูปที่ 2 ภาพที่ได้หลังจากกระบวนการแยกมาตรวัดระดับน้ำออกจากภาพ

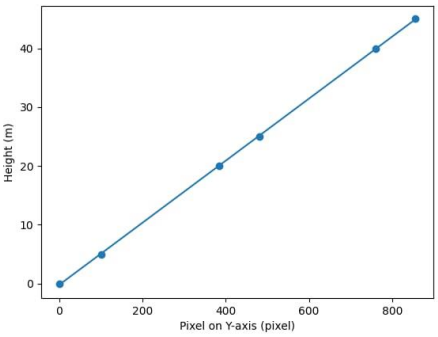
3.1.2 กระบวนการตรวจสอบภาพมาตรวัดระดับน้ำที่ตัดแล้ว

หลังจากทำการตัดภาพที่ได้มาจากหน้ากากภาพในขั้นตอนที่แล้วจำเป็นต้องทำการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งเพื่อทำให้มั่นใจว่าภาพที่ตัดแล้วนั้นเป็นภาพของมาตรวัดระดับน้ำจริง โดยแปลงภาพเป็นระนาบสี HSV แล้วปรับปรุงรูปภาพให้ชัดขึ้นแล้วการแปลงภาพเป็นแบบระบบเลขฐานสองเติมขอบภาพก่อนจะนำไปตรวจจับขอบภาพ สร้างกระบวนการจับคู่รูปแบบเพื่อยืนยันว่าเส้นขอบนี้คืออักขระ E บนมาตรวัดระดับน้ำจริง พร้อมทั้งระบุตำแหน่งของอักขระ E บนมาตรวัดระดับน้ำ

รูปที่ 3 การตรวจหาเส้นขั้นขอบของภาพ

3.1.3 กระบวนการอ่านค่าระดับน้ำกรณีไม่มีภาพสะท้อน

หลังจากได้ภาพตัดระบุมาแล้วเพียงหนึ่งภาพ ให้นำมาแปลงเป็นภาพระบบเลขฐานสอง ทำตามวิธีการในข้อ 3.1.2 หลังจากแปลงภาพเป็นแบบระบบเลขฐานสองซ้ำอีกครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลของความสูงของอักขระ E และพิกัดจุดภาพในแนวแกนตั้ง เมื่อได้ข้อมูลพิกัดในแนวแกนตั้งของอักขระ E มาแล้ว ให้นำมาจัดเรียงจากน้อยไปมาก (บนลงล่าง) โดยอักขระ E ที่มีค่าน้อยสุดที่อยู่บนสุดจะถูกสมมติให้เป็นพิกัดที่ 0 ในแนวแกนตั้งมีความสูงจริงเป็น 0 หลังจากนั้นในขอบล่างของอักขระนั้นเป็นพิกัดจุดสีตามความสูงของอักขระนั้น และมีความสูงจริงเป็น 5 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาร่วมกันกับหลายอักขระตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ให้ทำการสมมติระยะห่างระหว่างอักขระที่ประมาณจากการนำระยะห่างจุดภาพหารด้วยความสูงของอักขระ E ตัวก่อนหน้า เพื่อประมาณช่องที่ห่างออกไป เมื่อได้ข้อมูลคู่อันดับระหว่างระยะแนวแกนตั้งของจุดภาพและความสูงจริงแล้ว นำมาคำนวณต่อด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความชันและค่าคงที่ของสมการเส้นตรง

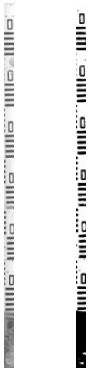


รูปที่ 4 ตัวอย่างกราฟการถดถอยเชิงเส้น

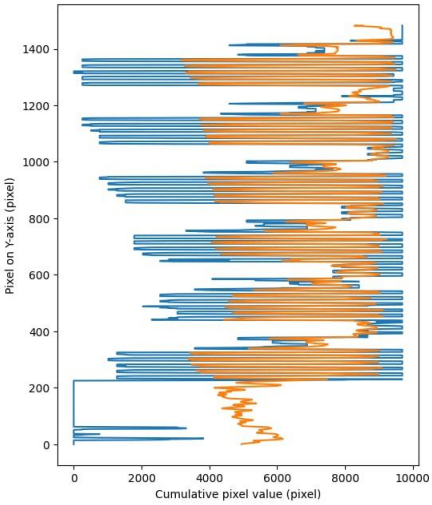
เมื่อได้สมการเส้นตรงจากขั้นตอนที่แล้ว ให้แทนค่าในสมการด้วยความสูงของภาพตัดระบุ เพื่อเปรียบเทียบว่าระหว่างความสูงจุดภาพจริงกับจุดภาพจำลอง เมื่อเป็นค่าความสูงในหน่วยเซนติเมตรจริงแล้วจะมีค่าเท่าใด จากนั้นนำไปลบออกจากความสูงในหน่วยเมตรที่ได้รับค่ามาและ หากมีค่าต่ำกว่า 0 เมตร จะถูกปรับให้เป็น 0 เมตร

3.1.4 กระบวนการอ่านค่าระดับน้ำกรณีมีภาพสะท้อน

ภายหลังจากการใช้วิธี K-Mean หรือแยกองค์ประกอบ Hue แล้วนั้น บางครั้งก็ยังคงหลงเหลือกลุ่มของจุดภาพที่เชื่อมต่อกันมากลงไปบนผิวน้ำ เนื่องจากสีมีความคล้ายคลึงกันกับมาตรวัดระดับน้ำมาก เกิดเป็นปัญหาภาพสะท้อนที่ส่งผลต่อการวัดค่าระดับน้ำ วิธีแก้คือหลังจากขั้นตอน 3.1.2 ทำการแปลงภาพตัดระบุที่มีภาพสะท้อนให้เป็น 2 รูปแบบคือองค์ประกอบ Hue จากระนาบสี HSV และภาพแบบเลขฐานสอง นำค่าความกว้างตามแนวแกนนอนของอักขระ E มาใช้ในการเลือกบริเวณพิจารณาภาพสะท้อน โดยทำการเลือกอักขระที่มีตำแหน่งซ้ายสุดของภาพเพียงหนึ่งตัว หากเป็นอักขระ E ด้านซ้ายให้ทำการตัดครึ่งทางขวาของอักขระนั้น และทำตรงกันข้ามกับอักขระ E ด้านขวา ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 5 จากนั้นให้นำบริเวณที่พิจารณานี้มาหาผลรวมตามแนวแกนตั้งของภาพได้ผลดังกราฟที่ 6

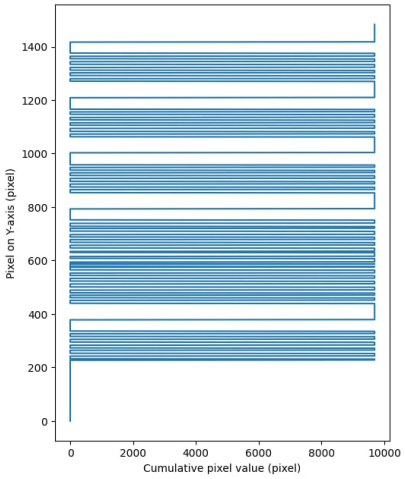


รูปที่ 5 ภาพองค์ประกอบ Hue (ซ้าย) และแบบเลขฐานสอง (ขวา)



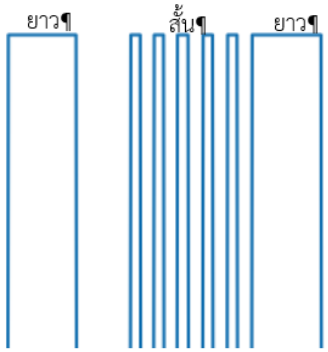
รูปที่ 6 กราฟผลรวมตามแนวแกนตั้งของบริเวณพิจารณา

เมื่อได้ผลรวมตามแนวแกนตั้งของภาพทั้งสองรูปแบบแล้ว นำมาปรับค่าต่อไปตามเงื่อนไขว่าหากว่าค่า ณ ตำแหน่งแกนตั้งใด ๆ ที่มีค่าเกินร้อยละ 80 – 95 ให้ทำการปรับค่า ณ จุดนั้นให้เท่ากับค่าสูงสุดของชุดข้อมูลนั้น จะทำให้ได้ผลลัพธ์ดังกราฟที่ 7 ซึ่งทำให้ง่ายต่อการจัดกลุ่มของค่ายอดสุดของข้อมูล หลังจากปรับค่าแล้ว ให้นำมาจัดกลุ่มช่วงของค่ายอดสุดที่พบในชุดข้อมูลเพื่อนำไปพิจารณาต่อไป



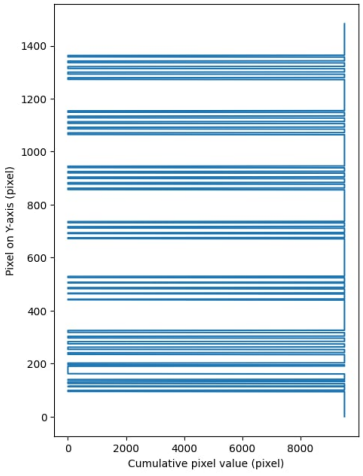
รูปที่ 7 กราฟหลังปรับค่าสูงสุดที่ 80%

เมื่อได้ช่วงของค่ายอดสุดของกลุ่มข้อมูลค่าสูงสุดแล้ว จะสังเกตเห็นได้ว่าหากมาตรวัดระดับน้ำไม่เอียง จะมีรูปแบบของช่วงของข้อมูลที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นเช่นนี้เสมอดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดวิธีในการหารูปแบบที่ต่อเนื่องกันภายใต้บริเวณที่สนใจ โดยจะหาจากช่วงที่ยาวที่สุดก่อน ซึ่งจะมีการวนซ้ำกันจนกว่าจะเจอจุดที่ผิดปกติ โดยคาดว่าบริเวณนั้นจะเป็นเส้นของระดับน้ำ เมื่อหาระยะของเส้นรูปแบบที่ยาวที่สุดได้แล้ว ให้ค่าของความยาวช่วงสั้นที่ต่อเนื่องกัน 3 ยอด จึงได้ค่าเฉลี่ยของความกว้างยอด โดยพบว่าหากเกณฑ์การปรับค่าสูงสุดของชุดข้อมูลมากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไปจะทำให้เกิดข้อมูล 3 ยอดขึ้นคั่นกลางระหว่างช่วงยาว แต่หากมีมากกว่านั้นให้ทำการเลือกแค่เพียง 3 ยอดแรกเท่านั้น เมื่อพบรูปแบบเช่นนี้แล้วให้ทำการบันทึกค่าความยาวช่วงยาวและช่วงสั้นไว้เพื่อนำไปประมวลผลหาจุดที่ผิดปกติต่อไป



รูปที่ 8 จำลองรูปแบบที่พิจารณา

เมื่อได้รูปแบบที่ต้องการพิจารณาแล้ว ให้ทำการนำมาเปรียบเทียบกับช่วงของยอดจากค่าจริง ซึ่งใช้วิธีการปรับค่าให้เป็นค่าสูงสุดตามเงื่อนไขคือ หากมีค่า ณ ตำแหน่งใด ๆ มากกว่าร้อยละ 50 ของค่าสูงสุดในชุดข้อมูลให้ทำการปรับเป็นค่าสูงสุด และเมื่อปรับค่าแล้วให้จัดกลุ่มช่วงของยอดสุดของค่าจริงที่ได้



รูปที่ 9 กราฟหลังปรับค่าสูงสุดของค่าผลรวมจริงที่ 50% (ภาพองค์ประกอบ Hue)

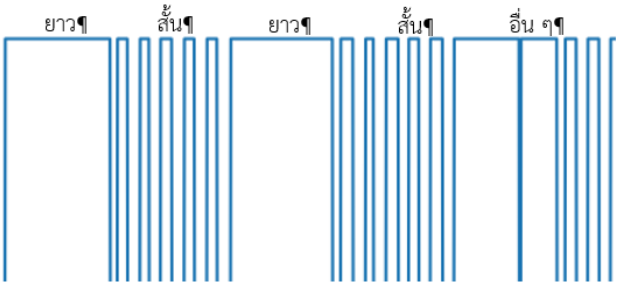
ขั้นตอนต่อไปการระบุประเภทของระยะค่ายอดสุดของค่าจริง ในขั้นตอนนี้ให้ประมวลต่อไปกับช่วงของยอดจากค่าจริงที่ได้ โดยให้ระบุประเภทของยอดเป็น 4 รูปแบบดังนี้

1) ช่วงยาว คือ มีความยาวใกล้กับช่วงยาวตามรูปแบบที่พิจารณาห่างกันไม่เกินร้อยละ 10

2) ช่วงสั้น คือ ช่วงที่มีความยาวใกล้เคียงกันกับค่าเฉลี่ยจากสามยอดสั้นที่พบในรูปแบบก่อนหน้า โดยห่างกันไม่เกินร้อยละ 50

3) ช่วงอื่น ๆ คือ ช่วงที่มีความยาวมากกว่าหรือน้อยกว่าช่วงสั้นหรือช่วงยาวมากเกินกว่าร้อยละ 50

4) ช่วงที่ไม่พิจารณา คือ ช่วงที่มีความยาวน้อยกว่า 0.05% ของความยาวชุดข้อมูล



รูปที่ 10 จำลองการระบุประเภทช่วงยอดสุด

ในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการพิจารณาจากการระบุประเภทของช่วง โดยทำการตัดแบ่งช่วงจากช่วงยาว หากมีช่วงยาวคั่นอยู่ตรงจุดใดแสดงว่าตั้งแต่จุดก่อนหน้าจนถึงช่วงยาวนี้ยังเป็นรูปแบบที่ถูกต้อง แต่หากหลังจากช่วงยาวไปแล้วไม่พบช่วงยาวอีกเลย แสดงให้เห็นได้ว่าจุดตัดระดับน้ำอาจเกิดขึ้นบริเวณนี้ โดยทำการพิจารณาต่อว่าหากความยาวช่วงยอดจริงที่เจอเป็นประเภท “ช่วงอื่น ๆ” แปลได้ว่าไม่ได้เป็นช่วงที่มีรูปแบบต่อเนื่องกันกับช่วงสั้นหรือช่วงยาว ดังนั้นจึงตอบได้ว่า “ช่วงอื่น ๆ” จุดแรกที่เจอนั้นจะเป็นจุดตัดระดับน้ำ แต่หากไม่พบช่วงยาวหรือช่วงสุดท้ายหลังจากช่วงยาวนั้นมีความยาวใกล้เคียงกันกับช่วงก่อนหน้า โดยไม่มีช่วงอื่น ๆ อยู่เลย เช่น [[สั้น, สั้น, สั้น,] , [สั้น, สั้น, สั้น]] ให้ทำการเลือกช่วงในตำแหน่งแรกของกลุ่มยอดสุดท้ายมาเป็นคำตอบ เมื่อได้จุดตัดระดับน้ำแล้วให้กลับไปอ่านค่าระดับน้ำเหมือนขั้นตอนที่ 3.1.3 ต่อไป

รูปที่ 11 ภาพจุดตัดระดับน้ำ

3.2 ผลการทดสอบโปรแกรม

จากการทดสอบโปรแกรมอ่านค่าความสูงของระดับน้ำจากการประมวลผลภาพถ่าย โดยนำค่าที่ได้จากโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำจริงซึ่งทำการทดสอบกับภาพตัวอย่างจำนวน 25 รูปนำมาสร้างเป็นตารางได้ดังที่แสดงในตารางที่ 1

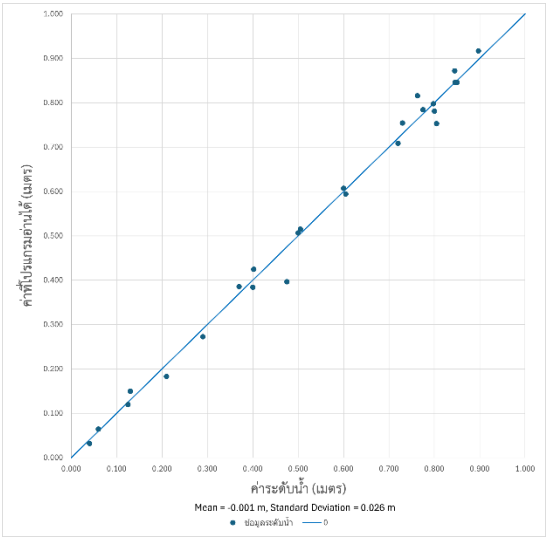
ตารางที่ 1 ผลลัพธ์จากการทดลอง

รูป	ค่าระดับน้ำ (เมตร)	ค่าที่โปรแกรมอ่านได้ (เมตร)	ความแตกต่าง (เมตร)
1	0.763	0.816	0.053
2	0.370	0.386	0.016
3	0.730	0.754	0.024
4	0.475	0.397	-0.078
5	0.500	0.506	0.006
6	0.720	0.709	-0.011
7	0.605	0.594	-0.011
8	0.210	0.183	-0.027
9	0.402	0.425	0.023
10	0.805	0.753	-0.052
11	0.060	0.064	0.004
12	0.125	0.119	-0.006
13	0.846	0.846	0.000
14	0.290	0.273	-0.017
15	0.800	0.781	-0.019
16	0.400	0.384	-0.016
17	0.850	0.846	-0.004
18	0.600	0.607	0.007
19	0.505	0.515	0.010
20	0.775	0.785	0.010
21	0.040	0.032	-0.008
22	0.897	0.917	0.020
23	0.798	0.798	0.000
24	0.845	0.872	0.027
25	0.130	0.150	0.020

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าค่าความต่างระหว่างระดับความสูงที่โปรแกรมอ่านได้กับระดับความสูงจริงมีบางรูปที่เกิน 5 เซนติเมตร คาดว่ามาจากการที่โปรแกรมเลือกช่วงของผิวน้ำจากกราฟผลรวมในแนวแกนตั้งไม่ตรงกับตำแหน่งผิวน้ำจริง สาเหตุเพราะรูปแบบของกราฟบริเวณผิวน้ำคล้ายกับบริเวณของมาตรวัดระดับน้ำมากเกินไปส่งผลให้เลือกตัดจุดที่อยู่ภาพสะท้อนของน้ำ ทำให้ให้ค่าความสูงของระดับน้ำเกินไปจากข้อมูลตัวอื่น

3.3 ผลลัพธ์ทางสถิติ

หลังจากที่ได้ผลการทดสอบจากโปรแกรมแล้วจะนำไปตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยการใช้หลักการทางสถิตินั้นคือการใช้ค่าความเชื่อมั่น โดยค่าความเชื่อมั่นคือความน่าจะเป็นที่พารามิเตอร์จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณที่สร้างขึ้น โดยทั่วไปกำหนดไว้ที่ระดับ 90% 95% หรือ 99% หลังจากการคำนวณได้ค่าระดับความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในช่วง [-0.012, 0.010] เมตร



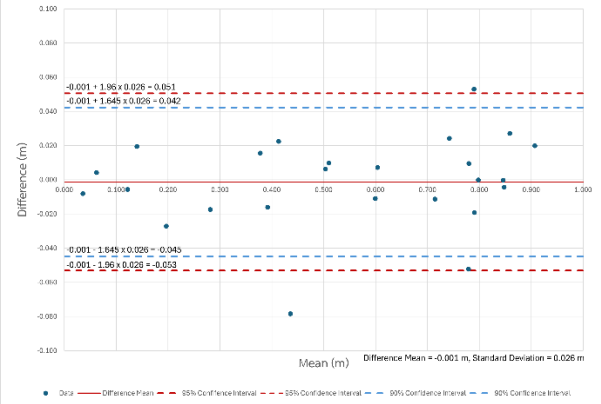
รูปที่ 12 กราฟแสดงผลลัพธ์จากโปรแกรมเทียบกับค่าระดับน้ำจริง

ความแม่นยำของโปรแกรมยังสามารถตอบได้โดยการใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) ค่าเฉลี่ยของผลต่างสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) และค่าค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of determination: r^2) โดย RMSE เป็นการวัดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าที่ได้จากการทดลอง โดยที่ยิ่งค่า RMSE น้อยเท่าใดจะแสดงว่าโปรแกรมมีความแม่นยำมากเท่านั้น MAE คือค่าเฉลี่ยของผลต่างค่าจริงและค่าที่ได้จากการทดลองสัมบูรณ์ โดยยิ่งค่า MAE น้อยเท่าใดจะแสดงว่าโปรแกรมมีความแม่นยำมากเท่านั้น และค่า r^2 ใช้ตรวจสอบว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความสมรูปกับข้อมูลมากน้อยเพียงใด โดยยิ่งค่า r^2 เข้าใกล้ 1 มาก แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมมีความแม่นยำมากเท่านั้น จากการคำนวณได้ค่า RMSE MAE r^2 ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินความแม่นยำของโปรแกรม

RMSE	MAE	r^2
0.026	0.019	0.991

สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมแปลงภาพมาตรวัดระดับน้ำที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำมากเนื่องจากคำนวณค่า RMSE และค่า MAE ได้ใกล้เคียง 0 และคำนวณค่า r^2 ได้ใกล้เคียง 1 หลักการทางสถิติอีกตัวซึ่งช่วยเรื่องการเปรียบเทียบเทคนิคการวัดสองแบบและประเมินข้อตกลงระหว่างข้อมูลสองชุดคือการใช้ Bland-Altman plot โดยในแกน x คือค่ากึ่งกลางระหว่างข้อมูล 2 ตัวที่ต้องการเปรียบเทียบ แกน y คือความแตกต่างระหว่างข้อมูล 2 ตัวนั้น ซึ่งการพล็อตกราฟด้วยวิธีนี้จะช่วยให้เห็นภาพข้อตกลงระหว่างทั้งสองวิธีและความอคติอย่างเป็นระบบหรือข้อผิดพลาดแบบสุ่มนั้นคือจุดที่อยู่ภายนอกเส้นที่แสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลต่างค่าเฉลี่ย โดยสามารถนำข้อมูลไปพล็อตกราฟ Bland-Altman ได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟ Bland-Altman ของข้อมูลผลลัพธ์ที่อ่านได้จากโปรแกรมกับค่าระดับน้ำ

จากกราฟ Bland-Altman มีค่าความเชื่อมั่นที่ 95%อยู่ในช่วง [-0.053, 0.051] เมตร ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% อยู่ในช่วง [-0.045, 0.042] เมตร

4. สรุปผลการวิจัย

โครงงานนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมแปลงภาพมาตรวัดระดับน้ำไปเป็นค่าความสูงของระดับน้ำและสามารถแก้ปัญหาภาพที่มาตรวัดระดับเกิดการสะท้อนผิวน้ำได้ โดยอาศัยหลักการแยกมาตรวัดออกจากภาพพื้นหลังด้วยการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบค่าเฉลี่ย ตรวจสอบภาพมาตรวัดด้วยการใช้การตรวจจับขอบของภาพ วัดค่าความสูงด้วยการเทียบพิกเซลของมาตรวัดกับพิกเซลของอักขระบนมาตรวัด ในกรณีที่เป็นภาพสะท้อนของมาตรวัดจะหาตำแหน่งของผิวน้ำด้วยการใช้กราฟผลรวมตามแนวแกน ซึ่งผลลัพธ์จากการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยหลักการทางสถิติโดยใช้ค่า RMSE MAE r^2 ตรวจสอบความแม่นยำได้ค่าเป็น 0.026 0.019 0.991 ตามลำดับ สรุปจากผลการทดสอบพบว่ามีค่าความแม่นยำสูง สามารถนำโปรแกรมไปใช้งานได้ โดยมีค่าระดับความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในช่วง [-0.012, 0.010] เมตร

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้ปกติตามกระบวนการแปลงภาพที่พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้ ควรใช้ภาพที่มาตรวัดระดับน้ำไม่ถูกบดบัง ภาพมาตรวัดระดับไม่มีการเอียงเกินกว่าปกติทั้งด้วยมุมกล้องและจากตัวมาตรวัดระดับ ภาพจากมาตรวัดระดับน้ำที่เป็นไปตามมาตรฐานกรมชลประทาน ภาพที่ไม่มีความคมชัดต่ำเกินไปหรือมีขนาดของมาตรวัดระดับน้ำในภาพเล็กจนไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดในภาพได้ การใช้ภาพที่ไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะและขอบเขตของโครงงานชิ้นนี้อาจส่งผลให้โปรแกรมอ่านค่าผิดพลาดหรือไม่สามารถอ่านค่าได้เลย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรยุทธ โกมลวิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยแนะนำแนวทางในการทำโครงงาน แนวคิดในการพัฒนาโครงงาน หลักการในการวิเคราะห์ผล และคำแนะนำในการเขียนรายงาน ตลอดจนแนะนำวิธีแก้ไขปัญหาที่พบเจอระหว่างการทำโครงงาน ทำให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Nascimento, D. V., et al. “Automatic measurement of river water-level using image-based computer vision”. Elsevier (2021): 1-8

[2] Guijun, C. et al. “Image and Video Processing (2021). Method on water level ruler reading recognition based on image processing”. Signal (2021): 33-41

[3] Zhikang, X. et al. “Water Level Estimation Based on Image of Staff Gauge in Smart City”. 2018 IEEE SmartWorld (2018): 1341-1345

[4] Zhen, Z. et al. “Visual Measurement of Water Level under Complex Illumination Conditions”. Sensors 2019 (2019)