



การสำรวจปริมาณตะกอนจากแบบจำลองแม่น้ำด้วยวิธีเลเซอร์ไทรแองกูลেশัน

The survey of sediment quantity from river model by laser triangulation technique

นฤวัต ทองมั่ง^{1*}, จิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี¹, และ วรารุช วุฒิวนิชย์¹

Naruwat Tongmang^{1*}, Chirakarn Sirivitmairie¹, Varawoot Vudhivanich¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

*Corresponding author: Tel: +66-80-015-2506, E-mail: nawat1992@gmail.com

บทคัดย่อ

เทคนิคเลเซอร์ไทรแองกูลেশัน ถือเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับอย่างมากในงานวิจัยต่างๆ ทั้งในด้านความรวดเร็วในการทำงาน ความละเอียด และความเที่ยงตรงของเครื่องมือ อีกทั้งเทคนิคดังกล่าวยังสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะสามารถใช้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ ขึ้นอยู่กับความสามารถในออกแบบ ให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบที่จะนำไปใช้ด้วยได้มากน้อยเพียงใด โดยผู้วิจัยเห็นสมควรในการพัฒนาเครื่องมือสแกนแบบจำลอง สำหรับสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ที่มีต้นทุนราคาไม่แพงและสามารถ เข้าถึงอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ได้ง่าย เพื่อใช้ในการสแกนแบบจำลองทางชลศาสตร์

โดยงานวิจัยในส่วนนี้ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ภาพด้วยเทคนิคแยกแยะสี RGB เป็นหลักในการระบุพิกเซลที่สะท้อนแสงสีแดง จากเลเซอร์ภายในภาพ เพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบบนแบบจำลอง โดยนำตำแหน่งทั้งหมดมาใช้ในการสร้างโมเดล แบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบลักษณะความเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพของแบบจำลองทางชลศาสตร์ โดยเปรียบเทียบ ด้วยการหาปริมาณตะกอนที่ไหลบนแบบจำลองทางชลศาสตร์ ซึ่งจากการทดสอบพบว่ามีความคลาดเคลื่อน 2.5 pixel หรือ ประมาณ ± 1.1 mm

คำสำคัญ: เลเซอร์ไทรแองกูลেশัน, ระบบประมวลผลภาพ, แบบจำลอง 3 มิติ

Abstract

Laser Triangulation technique is considered as one of the most widely used in various researches for its high speed, minuteness and accuracy. Such technique can be applied using in different ways. In order to identify whether it can be used effectively or not, it depends on design capability and its suitability. Model-scanning tool for computer model simulation is deemed to be developed by the researcher as it is not costly, and tools are easily accessed for scanning hydrological models.

Therefore, this research has developed the image analysis mainly with the “RGB” technique which pixels projected the red light from laser within the image will be identified and used for referring the projected location on the models. Such locations are used for simulating computer models in order to examine physical change of the hydrological model by comparing the sediment quantity in the model. As a result, 2.5 pixels or about ± 1.1 mm of deviation was found.

Keywords: Laser Triangulation, Image Processing, 3D Model

Received 30 April, 2019

Accepted 28 July, 2019

Available online 7 November, 2019

1. บทนำ

การเก็บข้อมูลและคุณภาพของข้อมูลนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการต่อยอดงานวิจัยหรือใช้งานในงานวิจัยด้านต่างๆ วิถีเลเซอร์ไทรแองกูเรชันนั้นมีความแม่นยำและเที่ยงตรง สามารถทำงานได้รวดเร็ว อีกทั้งเป็นเทคนิคที่มีความละเอียดสูง และประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย จึงเห็นว่าสามารถนำไปใช้ในการสำรวจและวิเคราะห์เพิ่มเติมจากแบบจำลองทางชลศาสตร์ได้อย่างรวดเร็วด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆสำหรับดึงมาใช้และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในภายหลังเพื่อหาค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้น

ประกาศ (2558) ได้สร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามมิติจากชิ้นงานต้นแบบด้วยวิถีเลเซอร์ไทรแองกูเรชัน โดยเริ่มจากการฉายแสงกระทบที่วัตถุ แสงจากวัตถุจะสะท้อนกลับไปยังกล้องดิจิทัล ที่ทำการเก็บภาพวัตถุขณะที่กำลังทำการสแกน เพื่อเก็บข้อมูลที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งทั้งหมดของชิ้นงาน

อิทธิพล (2559) ได้ทดลองสร้างเครื่องมือที่มีราคาไม่แพง เพื่อทดสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้เทคนิคเลเซอร์ไทรแองกูเรชันควบคู่ไปกับการใช้ชุดเกจในการสำรวจแบบจำลองทางกายภาพของแม่น้ำ โดยได้สรุปว่าเทคนิคใหม่นี้จะช่วยลดเวลาและงบประมาณในการสำรวจแบบจำลองแม่น้ำ เพราะสามารถสำรวจได้อย่างรวดเร็วและมีค่าความเที่ยงตรงที่น่าเชื่อถือได้มากกว่า

จากงานวิจัยต้นแบบ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือโดยอ้างอิงจากรูปแบบงานวิจัยเดิม ประยุกต์เข้ากับการสแกนสามมิติในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อสามารถนำข้อมูลที่สแกนมาใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโมเดลแบบจำลอง โดยทดลองด้วยการตรวจสอบหาปริมาตรตะกอนที่เทลงบนแบบจำลองชลศาสตร์ และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างปริมาตรจริงกับปริมาตรที่ระบบสแกนตรวจพบ

2 อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ตั้งค่าอุปกรณ์

Forest (2004) ได้กล่าวถึงหลักการใช้สามเหลี่ยมหรือไทรแองกูเรชันและการประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อนำเสนอความแตกต่างของวิธีการและเปรียบเทียบผลที่ได้ โดยการตั้งค่าอุปกรณ์ผู้ทำการวิจัยได้เลือกใช้รูปแบบตามงานวิจัยเชิงสอบเทียบ อิทธิพล (2559) ได้ทำงานวิจัยเชิงสอบเทียบเครื่องมือ

เลเซอร์ไทรแองกูเรชันกับเครื่องมือชุดเกจ จากผลการหาความเที่ยงตรงด้วยวิถีเลเซอร์ไทรแองกูเรชันได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมด 28 หน้าตัด ได้ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.480 mm. และชุดเกจได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.151 mm ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.999 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์แตกต่างอยู่ที่ 0.3 mm. และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0.5444%

2.2 การเก็บข้อมูลภาพ

จากงานวิจัยต้นแบบอิทธิพล (2559) ได้ทำการออกแบบแบบจำลองและการสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วนของโค้งในทางน้ำ คือ กม.20+700 และ กม.40+300 ตัวโมเดลมีขนาด ความกว้าง 1.30 m. ความยาว 15 m. ความลึก 10 – 15 cm. แบบจำลองถูกติดตั้งด้วยกล้องถ่ายวีดีโอดิจิทัล (CCD) Sanyo VPC-HD2000 Full HD 1920x1080p ซึ่งด้านบนถูกติดตั้งด้วยเลเซอร์ Diode 10 Pcs mini 650nm 5mW 5V Laser Dot Diode Module Head ในการฉายแสงสีแดงลงบนแบบจำลองในลักษณะมุมฉาก ดังรูป Figure 1

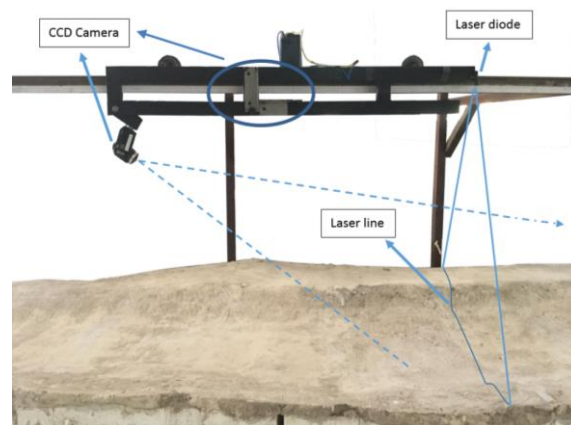


Figure 1 Hydraulic Model Scanning device installation.

จากรูป Figure 1 กล้องและเลเซอร์จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกันตามรางที่ติดตั้งไว้บนแบบจำลอง สเกลสำหรับวัดระยะทางจะถูกติดตั้งอยู่ตามรางเพื่อบอกระยะในการเดินทางของเครื่องมือ โดยที่ตัวกล้องวิดีโอจะต้องอยู่ในลักษณะที่นิ่งที่สุดในขณะที่เครื่องมือกำลังเคลื่อนตัว เพราะการสั่นหรือการสั่นของเครื่องมือที่ส่งผลกระทบถึงกล้องในขณะที่ทำการเคลื่อนที่นั้นจะมีผลกับความถูกต้องของผลที่จะได้

นอกจากนี้ จะอาศัยการคัดเลือกรูปภาพตามตำแหน่งหน้าตัด หรือระยะความถี่ในการแบ่งส่วนจากระยะเคลื่อนที่ทั้งหมด ในที่นี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นทุกระยะ 1 cm ที่กล้องเคลื่อนที่ รูปแบบนี้ จะมีความละเอียดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความถี่ของระยะที่ทำการคัดเลือก ซึ่งจะมีผลดีขึ้นหากมีการคัดรูปในความถี่สูง แต่การทำให้มีความละเอียดสูง จะส่งผลต่อปริมาณงานที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะต้องทำ ส่งผลให้การคำนวณหาผลลัพธ์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำได้ช้าลงตามไปด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ติดตั้งกล้องวิดีโอเพิ่มอีก 1 ตัวในการช่วยดูระยะการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในการทำงาน โดยตัวกล้องนั้นจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับตัวอุปกรณ์ในระหว่างทำการเก็บข้อมูล ดังรูป Figure 2

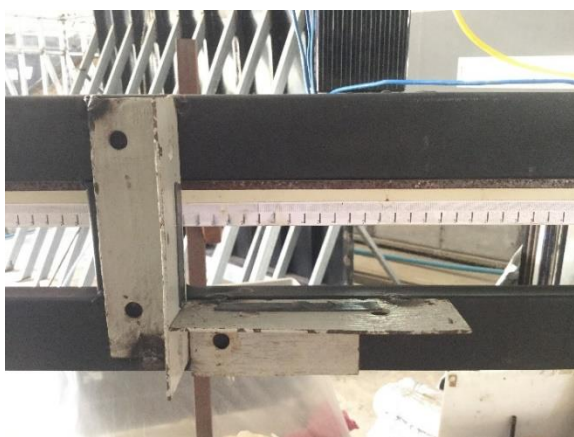


Figure 2 Point for observing the scale movement.

ในการถ่ายวิดีโอ นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ แบบจำลอง เปลาและแบบที่มีการเทตะกอน โดยเตรียมปริมาตรตะกอนจากการเทตะกอนและน้ำลงในรูปทรงที่สามารถวัดปริมาตรได้ให้เต็ม แล้วหาปริมาตรตะกอนจากการคำนวณรูปทรงของรูปทรงวัสดุเหล่านั้น โดยคิดจากปริมาตรน้ำที่หายไป

$$V_v = V_w - W \quad (1)$$

W คือ ปริมาตรเฉพาะของน้ำ

V_w คือ ปริมาตรดินและน้ำ

V_v คือ ปริมาตรเฉพาะของดิน

2.3 แปลงข้อมูลภาพ

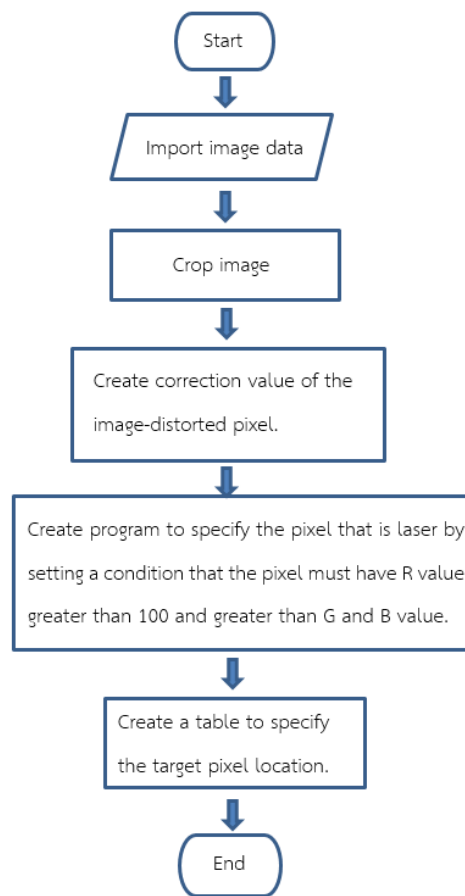


Figure 3 Preliminary data preparation flowchart.

2.3.1 การปรับขนาดและความละเอียดภาพ

จากวิดีโอการสำรวจในขั้นแรก แปลงเป็นข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรมตัดต่อภาพเหลือเพียง 300x1600p เพื่อลดขนาดด้วยการตัดส่วนที่ไม่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ออกจากรูปภาพ จากนั้นตอนดังกล่าวจะสามารถช่วยในการลดการทำงานของคอมพิวเตอร์ในส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป

2.3.2 สร้างค่าปรับแก้ความบิดเบี้ยวของภาพ

การปรับปรุงในเรื่องของความบิดเบี้ยว (distortion) เนื่องจากการมองผ่านเลนส์นั้นส่งผลกระทบต่อการคำนวณหาปริมาตร ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนขึ้นจากการถ่ายภาพในรูปแบบตารางสี่เหลี่ยมที่มีความสมมาตร ในมุมมองที่กล้องตั้งฉากกับตารางดังรูป Figure 4

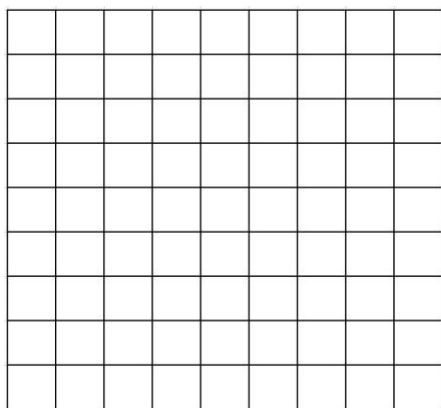


Figure 4 Square grid.

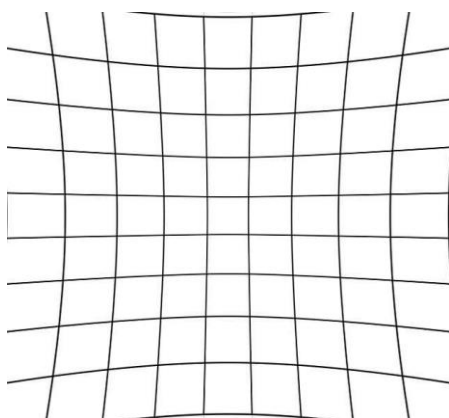


Figure 5 Distortion of photo.

จากรูป Figure 5 คือลักษณะสมมุติความบิดเบี้ยวที่เกิดขึ้นกับภาพใน Figure 4 จะสังเกตเห็นถึงความบิดเบี้ยวของข้อมูลภาพจากรูปสี่เหลี่ยมปกตินั้น ได้เปลี่ยนเป็นลักษณะที่มีความโค้งมนและมีแนวโน้มไปในลักษณะเข้าหาทรงกลมมากขึ้น อีกทั้งทั้งขนาดและความกว้างของแต่ละสี่เหลี่ยมในภาพก็มีขนาดที่ไม่เท่ากันหากเทียบกับในเชิงปริมาณของ pixel ที่จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปในแต่ละตำแหน่งของรูปภาพ โดยที่ตรงกลางของภาพมีค่าความบิดเบี้ยวน้อยที่สุดในทางหลักการ เมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นที่ออกห่างจากจุดกลางแล้ว จะมีลักษณะของอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นตามลำดับตามระยะห่างจากจุดกลางสุดของรูปภาพ โดยได้กำหนดให้ตารางสี่เหลี่ยมตรงกลางของรูปภาพมีอัตราส่วนเท่ากับ 1:1

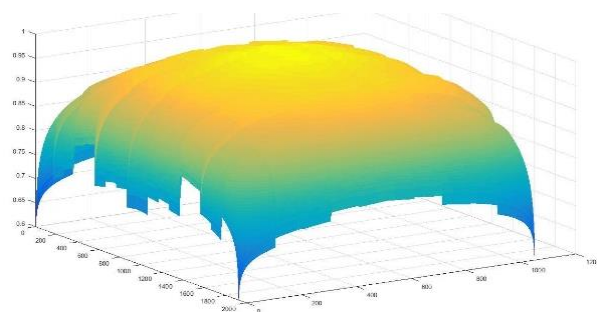


Figure 6 Nature trends of fines for distortion

จากรูป Figure 6 แสดงถึงลักษณะของเส้นแนวโน้มหรือค่าปรับแก้ต่อจุดของ pixel ที่ได้มาจากการเทียบอัตราส่วน โดยจะมีลักษณะสมมาตรกันทั้ง 4 ด้าน แบ่งออกเป็นซ้ายบน ขวาบน ซ้ายล่าง ขวาล่าง และมีจุดกลางภาพเป็นจุดแบ่งครึ่ง

2.3.3 การประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนนี้จะนำภาพที่ได้จากการแปลงข้อมูลสีโอมาเพื่อประมวลผลจากคอมพิวเตอร์ ในอันดับแรกจะตั้งค่าโปรแกรมเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถแยกแยะเลเซอร์ที่อยู่ในภาพได้ จากงานวิจัย มนุสศักดิ์ จานทองและคณะ (2554) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่า threshold เพื่อแปลงภาพให้เป็นขาวกับดำที่จะทำให้ได้ภาพขาวและดำที่แสดงเส้นเลเซอร์บนผิววัตถุที่ชัดเจนที่สุดและลดภาพอื่นที่ไม่ต้องการออกไปให้มากที่สุดด้วยการตั้งเกณฑ์ในการเลือกช่วงของค่า threshold ที่เหมาะสมที่สุดจาก 0 ถึง 250

จากงานวิจัยดังกล่าว เมื่อนำมาทดสอบในการใช้จริง ได้พบจุดบกพร่องจำนวนมาก เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆและความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยที่แตกต่างกัน งานวิจัยในส่วนนี้จึงได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ภาพด้วยการตั้งเกณฑ์จากค่า RGB แทน ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

1. ปัญหาเส้นเลเซอร์ที่ประมวลได้มีความหนาเกินไปหรือเส้นขาดช่วงไม่ต่อเนื่อง

“Thresholding Technique” นั้นจะใช้วิธีการตั้งเกณฑ์ในการแยกแยะเพื่อใช้กับรูปภาพทั้งหมด จึงทำให้แสงสีเข้มทั้งหมดในภาพ ถูกประมวลผลอยู่ในกลุ่มเป้าหมาย ส่วน RGB มีความแตกต่างตรงที่จัดไว้ให้ค่า R ที่สูงที่สุดในระนาบ pixel แนวตั้งของภาพแล้วเลือกมาเพียง 1 pixel เท่านั้น ต่อหนึ่งระนาบในแนวตั้ง ทำให้ประมวลผลเลเซอร์ที่ออกมานั้นไม่ขาดช่วงและจะมีความหนาเพียง 1 pixel เท่านั้น ซึ่งเป็นจุดที่แสงสีแดงของเลเซอร์

มีความเข้มสูงที่สุดหรือก็คือตำแหน่งที่แสงเลเซอร์ตกกระทบบ่อยอย่างแท้จริง

2. การจัดการกับแสงในภาพ

เนื่องจากใช้วิธีประมวลผลเพื่อหาแสง การที่มีแสงจำนวนมากเข้ามาในภาพอาจทำให้ระบบการทำงานของระบบประมวลผลคอมพิวเตอร์ โดยปกติแล้วการสแกนจะทำในที่ที่แสงเพื่อป้องกันปัญหาในส่วนนี้ แต่เนื่องจากแบบจำลองแม่น้ำนั้นมีความใหญ่ มีความกว้างมากกว่า 1 m และยาวมากกว่า 5 m เป็นอย่างน้อย จึงมีความยุ่งยากที่จะสร้างห้องที่แสงเพื่อจัดการปัญหาในส่วนนี้ อย่างไรก็ตาม วิธี RGB ยังมีความสามารถในการแยกแยะที่ชัดเจน เนื่องจากใน 1 ระบายแนวตั้งนั้น ถูกกำหนดไว้ให้มีเป้าหมายเพียง 1 pixel นั้น ทำให้การประมวลผลจะรับค่าแสงสีแดง (R) ที่มีความเข้มมากที่สุดอยู่เสมอ นั่นก็คือแสงเลเซอร์ทำให้ปัญหาดังกล่าวหมดไป แม้ว่าวิธีนี้จะทำให้ขั้นตอนการเก็บข้อมูลไม่จำเป็นต้องสแกนในห้องที่แสงแล้ว แต่วิธีนี้ยังคงต้องสแกนในที่ร่มเท่านั้น เนื่องจากหากมีแสงแดดที่มีความเข้มสูงฉายลงมาบนแบบจำลอง รูปแบบประมวลผลก็มีโอกาสที่จะเลือกแสงอื่นที่ไม่ใช่เลเซอร์แทนเนื่องจากมีค่าตรงกับเงื่อนไข

3. การจัดการแสงรบกวนภายในภาพ

แม้การสแกนภาพจะทำในที่ร่มก็ตาม บนแบบจำลองก็ยังมีส่วนประกอบหลายอย่าง และบางอย่างก็สามารถสะท้อนแสงจากหลอดไฟธรรมดาได้ รวมถึงแสงของเลเซอร์ภายในภาพนั้นมีความเข้มไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับมุมและระยะห่างจากจุดฉายแสง โดยเฉพาะซ้ายสุดและขวาสุดของภาพที่มีความหนาของเส้นเลเซอร์มาก แต่มีความเข้มแสงสีแดงน้อยลง ทำให้ระบบประมวลผลอาจเลือกตำแหน่งอื่นที่มีความเข้มแสงมากกว่าแทนในจุดนั้น การแก้ปัญหาในจุดนี้ได้ทำการเลือกจุดเริ่มใหม่เป็นตรงกลางภาพที่มีความคมชัดที่สุดแทน แล้วเรียงไปทางซ้ายหรือขวาภายหลัง โดยกำหนดไม่ให้ตำแหน่งต่อไปที่เลือกมีความห่างเกินจำนวน pixel ที่กำหนดไว้ เนื่องจากปกติแล้วเลเซอร์นั้นก็มีลักษณะที่จะต้องเรียงต่อกันเป็นเส้นยาวต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นการหาปริมาตรของตะกอนนั้นเป็นเป้าหมายหลักและด้วยแบบจำลองนั้นไม่มีรูปแบบที่มีความชันสูง เช่น ก่อสร้างเหลี่ยมที่มีลักษณะของความสูง ซึ่งอาจทำให้ค่าความชันโดดขึ้นลงในลักษณะมุกฉาก ในส่วนนี้ก็สามารถนำเกณฑ์นี้ออกได้เช่นกัน

4. สูตรโปรแกรมประมวลผลคอมพิวเตอร์

กำหนดให้ i และ j บอกถึงตำแหน่งของ p (Pixels)

i คือ หมายเลขบอกตำแหน่งที่แนวแกน x

j คือ หมายเลขบอกตำแหน่งที่แนวแกน y

k คือ หมายเลขบอกตำแหน่งที่แนวแกน z

ในขณะที่แต่ละ p จะมีลักษณะเป็นชุดข้อมูลที่ใส่ค่า R G และ B โดยที่ R G และ B นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 ซึ่งในที่นี้จะใช้ค่าของ R เป็นหลัก การตั้งค่าให้คอมพิวเตอร์นั้นสามารถแยกแยะเลเซอร์ออกได้ จึงสร้างชุดคำสั่งเงื่อนไขในการหาค่า R ที่มากที่สุดในแต่ละแถวของ j โดยเลือก P ที่มีค่า R มากที่สุดมาเพียงแค่ p เดียวของแต่ละแถวแนวตั้งของ j โดยที่ค่า R นั้นจะต้องไม่น้อยกว่าค่า G และ B ของ p นั้นๆ และมีค่าไม่ต่ำกว่า 100 ซึ่งถือว่ามีความเข้มแสงสีแดงน้อยเกินไปสำหรับพื้นที่รับแสงเลเซอร์

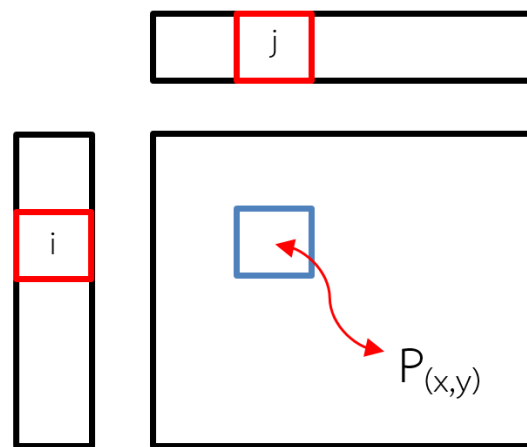


Figure 7 Pixel position hypothesis assumption of picture with size x multiply y .

หลังจากที่โปรแกรมสามารถแยกแยะเลเซอร์ภายในภาพได้แล้ว จะได้ค่า $P(x,y)$ ที่ถูกทำให้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งหมายความว่า $P(x,y)$ ที่ตำแหน่งนั้นมีลักษณะตรงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้หรือก็คือพิกเซลที่ถูกระบุว่าเป็นตำแหน่งที่แสงสีแดงของเลเซอร์ตกกระทบบ้างจะมีจำนวนเท่ากับขนาดของ j และจะใช้ค่า i ที่ตำแหน่งของ j นั้นๆเป็นตัวบอกความสูง x (ตำแหน่งที่ถูกระบุว่าเป็นแสงเลเซอร์ภายในภาพ) ในแนวระนาบของหน้าตัดที่ตำแหน่งใดๆได้ จากข้อมูลดังกล่าวนี้จะนำไปใช้คำนวณ เพื่อสร้างแบบจำลองโมเดล 3 มิติ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.4 เปรียบเทียบโมเดลจำลองและการหาปริมาตร

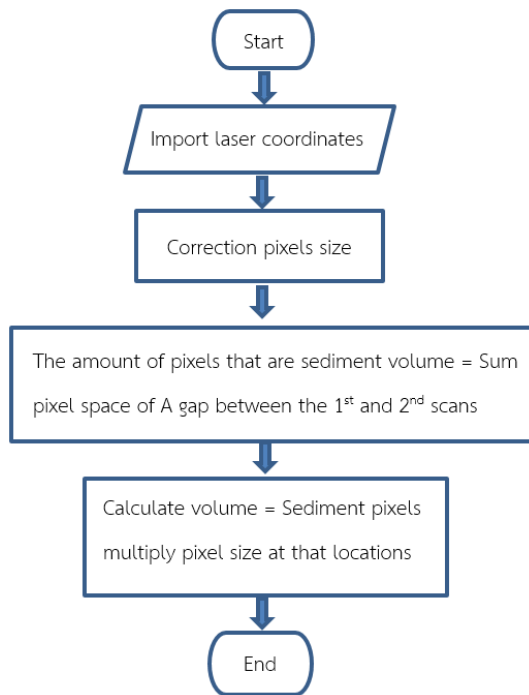


Figure 8 Flowchart step of find volume.

2.4.1 เปรียบเทียบโมเดลแบบจำลอง

ข้อมูลจากการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถหาหน้าตัดของเลเซอร์จำนวนมากที่มีตำแหน่งเรียงตามลำดับมาสร้างเป็นโมเดล 3 มิติ ไว้สำหรับเก็บเป็นไฟล์ข้อมูลเพื่อนำกลับมาใช้ภายหลัง ทั้งในด้านการตรวจสอบความถูกต้องและทั้งในด้านของตัวโปรแกรมที่ใช้ประมวลผลเอง หรือแม้แต่การใช้สร้างโมเดล 3 มิติ เพื่อใช้ในการต่อยอดหรือใช้ชุดข้อมูลนี้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดอื่นๆ ภายหลังในอนาคต ดังรูป Figure 9

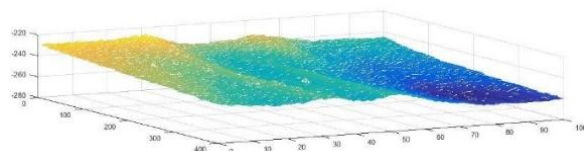


Figure 9 3D model from computer program.

จากรูป Figure 9 เป็นพื้นที่ระนาบ y และ z ที่สร้างขึ้นจากชุดข้อมูลความสูง xl ของแต่ละตำแหน่งพื้นที่ j และ k ซึ่งเป็นข้อมูลพิกัดเลเซอร์ที่ได้จากโปรแกรมระบุพื้นที่แสงสีแดงของเลเซอร์จากภาพถ่ายที่ได้ทำมาก่อนหน้านี้ จากภาพดังกล่าวยังระบุระดับความสูงรวมอยู่ด้วยทั้งในเชิงลักษณะและสีของพื้นที่ ซึ่งโทนสีน้ำเงินแสดงถึงระดับที่ต่ำกว่า ส่วนโทนสีแดง

แสดงถึงพื้นที่ที่อยู่สูงขึ้น โดยที่การเปรียบเทียบข้อมูลนั้นจะใช้หน้าตัดของเลเซอร์ที่ตำแหน่งเดียวกันในการคำนวณ ดังรูป Figure 10, 11 และ 12



Figure 10 Laser cross section at compares position without sediment.



Figure 11 Laser cross section at compared position with sediment.

จากรูป Figure 10 และ Figure 11 เป็นตัวอย่างหน้าตัดภาพสแกนเลเซอร์ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยรูป Figure 10 นั้นเป็นการสแกนโมเดลที่ไม่มีการเทปริมาตรตะกอน และรูป Figure 11 เป็นการสแกนเลเซอร์จากโมเดลที่มีการเทปริมาตรตะกอน จากการสแกนทั้ง 2 ครั้งนั้นเป็นช่วงเวลาคนละช่วงกัน ทำให้ภาพที่ออกมานั้นมีโทนสีที่แตกต่างกันแต่ระบบยังคงทำงานได้ตามปกติ

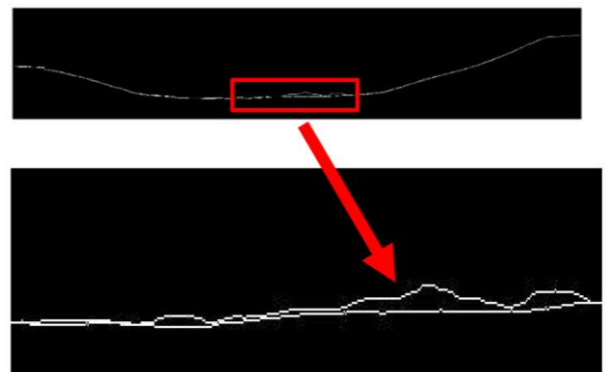


Figure 12 Sediment volume compared to laser cross section at same overlapped position.

จากรูป Figure 12 สร้างจากพิกัด pixel ในการสแกนภาพโมเดลที่มีตะกอนและไม่มีตะกอน นำมาแสดงซ้อนทับกันในรูปแบบเดียว เพื่อให้สามารถมองเห็นชัดเจน ปริมาตรตะกอนของภาพนั้นคือปริมาตรช่องว่างระหว่างเส้นทั้ง 2 ซึ่งในการคำนวณจะทำการจำพิกัดภาพของช่องว่าง เพื่อนำไปใช้ในการหาปริมาตรจริงอีกทีภายหลัง โดยเหตุที่เป็นแบบนี้ เนื่องจากในแต่ละพิกัด pixel มี

ขนาดที่แท้จริงไม่เท่ากัน จึงไม่สามารถรวมเป็นผลรวมเดียวกัน เพื่อคำนวณขนาดเพียงครั้งเดียวได้

$$x_l = x_{(i,1,k)}, x_{(i,2,k)}, x_{(i,3,k)}, \dots x_{(i,j,k)}$$

x_l คือ หมายเลข i ที่ถูกโปรแกรมระบุว่าเป็นแสงเลเซอร์ โดยจะมีแค่ 1 หมายเลขจาก i ทั้งหมดในหมายเลข j เดียวกัน และมีเท่ากับจำนวนสูงสุดของหมายเลข j ซึ่งสามารถบอกหมายเลขความสูงได้จากการอ่านค่า $P(x,y)$ ที่หาได้จากโปรแกรม

x_r คือ จำนวน pixel ช่องว่างระหว่างเลเซอร์ของความสูง x_l จากการเปรียบเทียบหน้าตัดภาพที่ระยะ k เดียวกันทั้ง 2 ภาพ โดยจะนับรวมเฉพาะที่ j เดียวกันเท่านั้น

$$x_{r(j,k)} = x_{l1(j,k)} - x_{l2(j,k)} \quad (2)$$

x_{min} คือ ค่า x_r ที่ค่าน้อยที่สุดของระนาบ y และ z

x_{max} คือ ค่า x_r ที่ค่ามากที่สุดของระนาบ y และ z

วิธีในการหาปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นมาของแบบจำลองนั้น แม้เป็นไปได้ที่จะไม่เกิดค่า Error ขึ้นก็ตาม แต่ด้วยทางทฤษฎีแล้วจึงใช้หน้าตัดของเลเซอร์รูปแบบที่มีปริมาณตะกอนลบด้วยหน้าตัดเลเซอร์ของรูปแบบที่ไม่มีตะกอน โดยสมมุติว่าไม่มีการ Error ใดๆของการทำซ้ำ นั้นหมายถึงในส่วนอื่นๆที่ไม่ใช่ปริมาณตะกอน เมื่อนำค่าความสูง x ที่ y และ z ตรงตำแหน่งใดก็ตามของข้อมูลทั้ง 2 ชุดมาหักลบกันจะมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อได้ลองนำเอาชุดข้อมูลทั้ง 2 ชุดมาหักลบกันตามที่ได้สันนิษฐานไว้แล้วนั้น สังเกตได้ว่าพื้นผิวที่ได้นั้นมีลักษณะราบเรียบใกล้เคียงกันในทุกจุด ดังรูป Figure 13

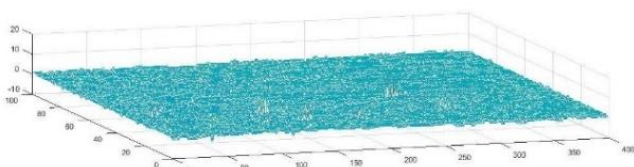


Figure 13 Spatial error.

จากรูป Figure 13 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนต่อตำแหน่ง โดยใช้เพื่อคิดหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากผลรวมของจำนวนช่องทั้งหมดระหว่างค่าแกน x จาก i ของ x_{l1} ถึง i ของ x_{l2} ของแต่ละตำแหน่ง j และ k ทั้งหมด หาคด้วยจำนวน m คูณ n

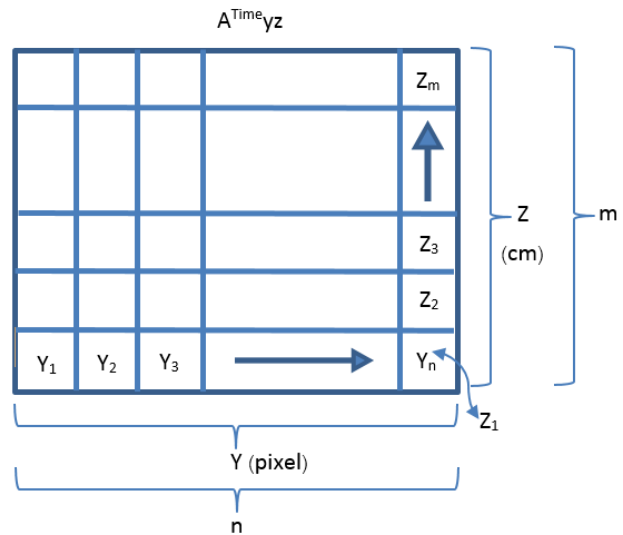


Figure 14 Format top view of suppose calculate.

กำหนดให้

$$Y = y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$$

$$Z = z_1, z_2, z_3, \dots, z_m$$

m คือ จำนวนแถวของ z ที่นำมาคำนวณ

n คือ จำนวนแถวของ y ที่นำมาคำนวณ

A_{yz} คือ ความสูงแกน x จากหมายเลข i ที่ถูกโปรแกรมระบุว่าเป็นแสงเลเซอร์ที่ตำแหน่ง j และ k ของระนาบพื้นที่ Y คูณ Z หรือก็คือจะมีค่าเท่ากับ i ของ x_l ที่ j และ k นั้นๆ

จากรูป Figure 14 แสดงถึงตัวอย่างระนาบ y และ z เมื่อมองจาก top view ที่ความกว้าง y นั้น ช่องแต่ละช่องได้มาจาก pixel จากกล้องวิดีโอ เพราะฉะนั้นจึงต้องนับเป็นหน่วย pixel เพื่อนำไปหาขนาดจริงภายหลัง โดยมี z เป็นตัวแทนของระยะการสแกนของกล้องวิดีโอที่ทำการเคลื่อนที่ไปบนราง ซึ่งใช้หน่วยเป็น cm และนอกจากนี้ จากมุมมองดังกล่าว ค่า x_r คือค่าที่สะสมอยู่ในความสูง x ที่ตำแหน่ง j และ k เดียวกัน

$$A^0_{yz} = \begin{bmatrix} x_{l0(1,1)} & \dots & x_{l0(1,m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{l0(n,1)} & \dots & x_{l0(n,m)} \end{bmatrix}$$

A^0_{yz} คือ พื้นที่ระนาบ y และ z สำหรับอ้างอิง

$$A^1_{yz} = \begin{bmatrix} x_{l1(1,1)} & \dots & x_{l1(1,m)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{l1(n,1)} & \dots & x_{l1(n,m)} \end{bmatrix}$$

A^1_{yz} คือ พื้นที่ระนาบ y และ z จากการสแกนครั้งที่ 1

A_{Error} คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนต่อพื้นที่ y และ z

$$A_{Error} = \frac{\sum |x_{l(j,k)}|}{m \times n} \quad (3)$$

โดยจะมีช่วงความกว้างของค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ

$$x_{max} = (x_{max} + |x_{min}|) - (x_{min} + |x_{min}|) \quad (4)$$

2.4.2 การหาปริมาตรตะกอน

Lin et al., (2018) ได้สร้างสมการเมทริกซ์อย่างง่ายขึ้น เพื่อสร้างรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดระดับน้ำจากหน่วยสเกลภายในภาพ โดยกำหนดจุดศูนย์ไว้สำหรับอ้างอิง จากนั้นสร้างตัวแปรสำหรับเป็นตัวแทนของมิติต่างๆ เพื่อบอกพิกัดของจุดสอบเทียบ และสร้างค่าปรับแก้ตามรูปแบบระบบพิกัด ซึ่งในแต่ละพิกัดจะมีค่าปรับแก้เฉพาะของแต่ละตำแหน่งตัวเอง จากการศึกษาค้นคว้า ในงานวิจัยของ Xu et al., (2015) ได้ใช้วิธีสร้างรูปแบบการสอบเทียบจากอุดมคติ ด้วยการสมมติภาพลักษณะของพิกัดต่างๆ นั้นอยู่ในกล่อง ในลักษณะของตารางคล้ายกระดานหมากรุก ที่ทุกมุมนั้นมีความสมมาตรเท่ากัน และสามารถบอกระยะตำแหน่งพิกัดของด้านต่างๆ ของกล่องได้ทุกด้าน ซึ่งพิกัดเป้าหมายในกล่องเมื่อลากเส้นตั้งฉากออกมาหาด้านแต่ละด้านของกล่องสี่เหลี่ยมแล้วจะทำให้สามารถระบุและแยกแยะตำแหน่งต่างๆ ในรูปแบบของเมทริกซ์ได้

จากรูปแบบแนวทางการวิเคราะห์สมการต่างๆ จึงได้ประยุกต์แนวคิดในการปรับแก้ในชุดข้อมูล 3 มิติ แบบพิกัดต่อพิกัดและรูปแบบการคำนวณในระบบ pixel และกำหนดตัวแปร 3 มิติสำหรับบอกตำแหน่งเป้าหมายในลักษณะการลากเส้นตั้งฉากเพื่อบอกตำแหน่งของมิติแต่ละด้านจากตารางสเกลแต่ละด้านที่มีลักษณะเป็นกระดานหมากรุกที่ประกอบกันเป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่สมมาตร จากนั้นเปรียบเทียบโมเดล 3 มิติด้วยการสร้างโมเดล 3 มิติจากชุดข้อมูล 2 ชุดในลักษณะที่มีและไม่มีตะกอน ด้วยการหักลบกันที่ตำแหน่งเดียวกันในรูปแบบของพื้นที่ระนาบ y และ z แล้วนั้น จะทำให้ส่วนต่างๆ ที่เป็นค่าคงที่ความสูง x_r ที่ตำแหน่งต่างๆ ในระนาบ y และ z ถูกหักลบเท่ากับ 0 หมายถึงตัวโมเดลหรือตัวแบบจำลอง ทำให้เมื่อแสดงในรูปแบบของโมเดล 3 มิติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วจะเห็นเป็นลักษณะที่ชัดเจนของพื้นเรียบเหมือนที่ได้กล่าวไว้ดังรูป Figure 13 โดยที่ค่าความสูงที่เหลือทั้งหมดนั้นจะหมายถึงปริมาณของตะกอนที่เกินออกมา ดังรูป Figure 15

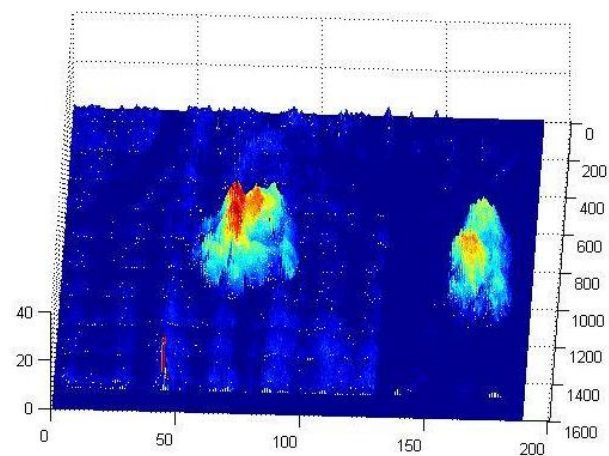


Figure 15 Spatial sediment height.

จากรูป Figure 15 เป็นมุมมองในลักษณะของระนาบ y และ z โดยมีการแสดงลักษณะความสูงชันของพื้นที่ให้เห็น รวมถึงการแสดงสีบริเวณพื้นที่ของแต่ละตำแหน่ง เพื่อบอกถึงระดับความสูงของแต่ละตำแหน่ง โดยโทนสีน้ำเงินจะแสดงถึงระดับที่ต่ำกว่า ส่วนโทนสีแดงแสดงถึงพื้นที่ที่อยู่สูงขึ้น

$$j = 1, 2, 3, \dots, y_{size}$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, z_{size}$$

y_{size} คือ จำนวน pixel ในแนวนอน

z_{size} คือ ความถี่ในการแบ่งส่วนจากระยะเคลื่อนที่ทั้งหมด

A_r คือ เมทริกซ์ค่า x_r ต่อพื้นที่ระนาบ y และ z หรือค่าหักลบ

จากการเปรียบเทียบกันระหว่าง A_{yz} กับ A_{yz} ครั้งอื่นๆ

$$A_r = A^0 yz - A^1 yz \quad (5)$$

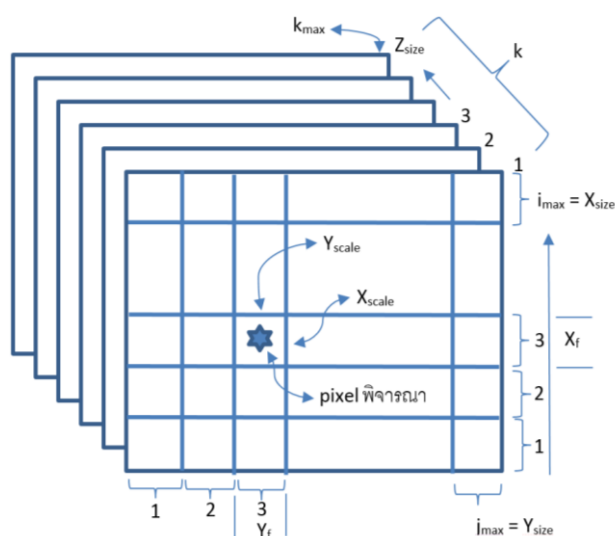


Figure 16 Hypothesis model feature for variable explanation.

จากปริมาณสะสมของ x_r ในแต่ละตำแหน่งสามารถบอกถึงข้อมูลของค่าความสูง ซึ่งค่า x_r ในแนวระนาบของโมเดล 3 มิตินั้น จะใช้ในการคำนวณหาปริมาณตะกอนด้วยวิธีการเทียบปริมาณ เนื่องจากค่าความสูง x_r แท้จริงเป็นการประกอบกันของรูปทรงสี่เหลี่ยมพื้นที่หลายอันที่วางทับซ้อนกันอยู่ ความกว้าง (y_{scale}) และความสูง (x_{scale}) จะขึ้นอยู่กับคุณภาพความละเอียดของกล้องวิดีโอต่อระยะทางในระบบ pixel และมีความลึกเท่ากับการกำหนดความถี่ในการเคลื่อนตัว (z_{scale}) ของกล้องวิดีโอต่อระยะสเกลจากงานวิจัยเชิงสอบเทียบอิทธิพล (2559) นั้นได้มีการคำนวณหาขนาดของความกว้าง (y_{scale}) และความสูง (x_{scale}) ของสี่เหลี่ยมพื้นที่ดังกล่าวไว้เท่ากับ 0.44 mm. โดยประมาณ ในขณะที่ขนาดที่แท้จริงจะแตกต่างกันออกไปตามอัตราส่วนที่ต้องปรับแก้จากค่าความบิดเบี้ยว (distortion) ของกล้องวิดีโอที่ทำให้แต่ละตำแหน่งของ pixel ในรูปภาพนั้นมีขนาดจริงที่ไม่เท่ากัน จึงอ้างอิงให้มีขนาดตามอัตราส่วนเส้นแนวนอนที่สร้างขึ้นจากการเทียบอัตราส่วน pixel ที่ได้ของแต่ละแถวของแกน x หรือ แกน y จึงกล่าวได้ว่ามีเส้นแนวนอนที่สร้างขึ้นจากการคำนวณคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก โดยมีลักษณะอย่างง่ายของอัตราส่วน pixel คือ ยิงอยู่ห่างจากจุดกลางของรูปภาพมากเท่าใด ยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยกำหนดให้ AB คือ พิกัดและค่าปรับแก้ในรูปของเมทริกซ์ และทำการปรับแก้ค่าในเมตริกแบบตำแหน่งต่อตำแหน่งในตัวแปร S ด้วยการกำหนดให้ตัวแปร S ที่ได้ผ่านการปรับแก้แล้วเป็น ABS จากนั้นคำนวณทีละแถวด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยคิดผลรวมสะสมของ x_r ในทุกตำแหน่งของ j คูณกับค่าความลึก z_{scale} ของแต่ละตำแหน่งของ k ที่เราได้กำหนดไว้ จะได้ปริมาตรที่เหลืออยู่ของตะกอนจากแบบจำลองโมเดล

กำหนดให้

$$i = 1, 2, 3, \dots, x_{size}$$

x_{size} คือ จำนวน pixel ในแนวดิ่ง

A คือ เมทริกซ์ปรับแก้อัตราส่วนขนาดต่อจุด pixel ในแนวดิ่งหรือในแนวแกน x ที่สร้างขึ้นจากเส้นแนวนอนเชิงเปรียบเทียบอัตราส่วนจำนวน pixel ภายใน 1 ช่องตารางในแนวแกน x

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1y_{size}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{x_{size}1} & \cdots & A_{x_{size}y_{size}} \end{bmatrix}$$

B คือ เมทริกซ์ปรับแก้อัตราส่วนขนาดต่อจุด pixel ในแนวนอนหรือในแนวแกน y ที่สร้างขึ้นจากเส้นแนวนอนเชิงเปรียบเทียบอัตราส่วนจำนวน pixel ภายใน 1 ช่องตารางในแนวแกน y

$$B = \begin{bmatrix} B_{11} & \cdots & B_{1y_{size}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{x_{size}1} & \cdots & B_{x_{size}y_{size}} \end{bmatrix}$$

AB คือ เมทริกซ์ปรับแก้อัตราส่วนขนาดต่อจุด pixel ตามอัตราส่วน

$$AB_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \quad (6)$$

ABS คือ เมทริกซ์บอกขนาดจริงของพิกเซลแบบกว้างคูณยาวของพิกเซลตำแหน่งนั้นๆ

$$ABS = \begin{bmatrix} ABS_{11} & \cdots & ABS_{1y_{size}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ABS_{x_{size}1} & \cdots & ABS_{x_{size}y_{size}} \end{bmatrix}$$

S คือ เมทริกซ์ที่บอกขนาดโดยเฉลี่ยทั้งหมดของ pixel

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1y_{size}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{x_{size}1} & \cdots & S_{x_{size}y_{size}} \end{bmatrix}$$

$$ABS_{ij} = AB_{ij} \times s_{ij} \quad (7)$$

xs คือ เมทริกซ์สำหรับระบุตำแหน่งพิกเซลช่องว่างระหว่างเส้นเลเซอร์หรือก็คือช่องว่างระหว่าง x_{l1} และ x_{l2} ที่จะมีจำนวนหมายเลขของ i รวมกันเท่ากับค่าของ x_r ของแต่ละ j และ k ในตำแหน่งนั้นๆ ซึ่งใช้หมายเลขจาก i และ j ในการบอกตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละหน้าตัด (โดยกำหนดให้ 0 หมายถึงไม่มีตะกอนอยู่ในพิกัด pixel นั้น และ 1 หมายถึงมีปริมาตรตะกอนอยู่ในพิกัด pixel นั้น)

$$xs = \begin{bmatrix} xs_{11} & \cdots & xs_{1y_{size}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ xs_{x_{size}1} & \cdots & xs_{x_{size}y_{size}} \end{bmatrix}^k$$

VS คือ เมทริกซ์ที่บอกขนาดของปริมาตรตะกอนที่แท้จริงในพิกัด pixel ต่างๆในหน้าตัด x_{size} คูณ y_{size} ในแต่ละหมายเลขของหน้าตัด k ตำแหน่งนั้นๆ

$$VS_{ij} = ABS_{ij} \times x_{size} \times y_{size} \quad (8)$$

$$VS = \begin{bmatrix} VS_{11} & \cdots & VS_{1y_{size}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ VS_{x_{size}1} & \cdots & VS_{x_{size}y_{size}} \end{bmatrix}^k$$

$$V = V_1, V_2, V_3, \dots, V_{z_{size}}$$

$$V_k = \sum VS_{ij} \quad (9)$$

ดังนั้นค่า V หรือผลรวมของเมทริกซ์ VS คือ ปริมาตรความแตกต่างจากการเปรียบเทียบหรือเท่ากับปริมาตรตะกอนที่เพิ่มเข้ามาในการสแกนของแต่ละ k นั้นๆ

$$V_{sum} = \sum_{k=1}^{z_{size}} V_k \quad (10)$$

จะได้ V_{sum} ซึ่งเป็นปริมาตรตะกอนหรือปริมาตรความแตกต่างทั้งหมดจากการสแกนโมเดลแบบจำลอง 2 ครั้ง โดยคิดเป็นผลรวมของ V จากทุกหน้าตัด k

3 ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองเมื่อเทียบผลการสแกนซ้ำแบบไม่มีปริมาตรตะกอน โดยกำหนดให้มีการคำนวณเฉพาะตรงกลางของภาพที่มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ เป็นพื้นที่ความกว้างรวม 800 pixel ที่แกน y ทำการนับจากตรงกลางภาพไปทางซ้ายและขวาอย่างละ 400 pixel และมีระยะทาง z อยู่ที่ 200 cm จากการทดลอง 8 ครั้ง มีค่า Error สูงสุดอยู่ที่ 14 ต่อขนาดของ pixel ในตำแหน่งนั้นๆ และมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.4873 ต่อขนาดของ pixel ในตำแหน่งนั้นๆ

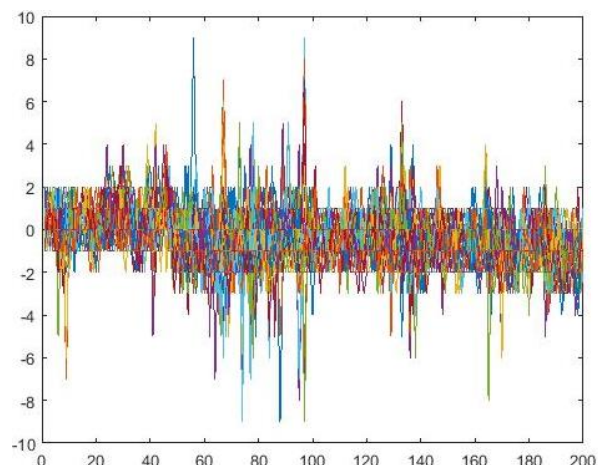


Figure 17 Total error of sections z from a total distance 200 cm.

จาก Figure 17 เป็นการแสดงลักษณะการ Error ต่อระนาบพื้นที่ y และ z กราฟเป็นลักษณะเสมือนมองจากด้านข้างของระนาบที่หักกลับกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรงตลอดที่ค่า 0 จึงทำให้เห็นค่าความสูงต่อ pixel ของค่า Error ได้ชัดเจน

การหาปริมาตรตะกอนจากการทดลอง 6 ครั้ง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาตรจริงนั้นจะมีมากกว่า ซึ่งจะอยู่ในช่วง 12.8% ถึง 17.4% และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 14.3% ที่เป็นผลจากการเทียบกันของการทดลองในปริมาณตะกอนที่มีลักษณะใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1433 cm^3 และมีปริมาตรตะกอนที่มากที่สุดเท่ากับ 1587 cm^3 และน้อยที่สุดเท่ากับ 1298 cm^3



Figure 18 Error percentile of experiment 1-6.

จากรูป Figure 18 ปริมาตรตะกอนที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์หรือกราฟความสูงในแนวตั้ง โดยคิดจากการทดลอง 6 ครั้งในแนวนอน

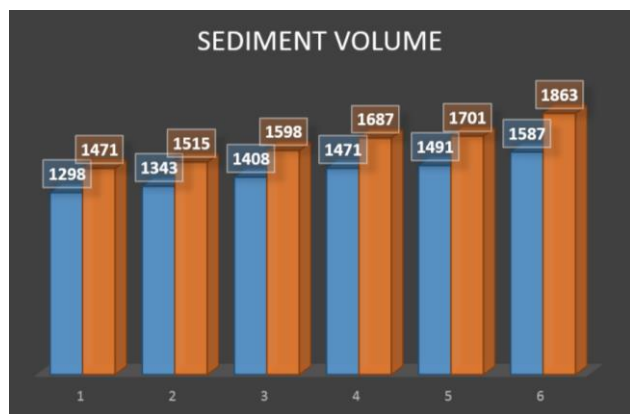


Figure 19 Compare between the actual sediment volume and sediment volume from scanning.

จากรูป Figure 19 ชุดข้อมูลสีฟ้าทางซ้ายหมายถึงปริมาตรตะกอนจริงที่ตกลงในโมเดลแบบจำลอง ชุดข้อมูลสีส้มทางขวาหมายถึงผลคำนวณของปริมาตรตะกอนที่ได้จากการสแกนบนโมเดลแบบจำลอง

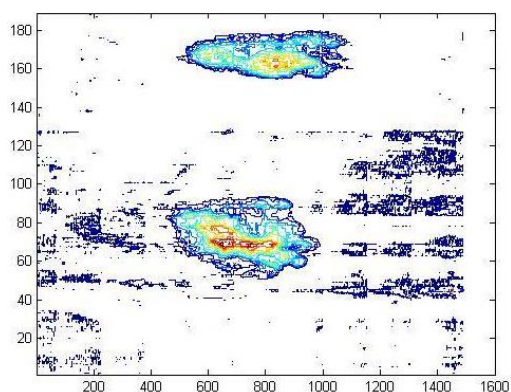


Figure 20 Spatial distribution of sediment level with contour.

เบื้องต้นนั้นเป็นไปได้ว่าการอัดแน่นของตะกอนที่ตกลงพื้นนั้นมีการเปลี่ยนแปลง และอยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถควบคุมพื้นที่ช่องว่างภายในกองปริมาตรตะกอนได้ และในส่วนอื่นนั้นได้ทำการสันนิษฐานว่ามาจากความแตกต่างของลักษณะรูปทรงการเรียงตัวของตะกอนที่แตกต่างกันในการเทแต่ละครั้ง ซึ่งสำหรับการถ่ายภาพเพื่อเก็บข้อมูลในมุมเดียวนั้น ส่งผลกระทบในด้านการเก็บรายละเอียดเป็นอย่างมาก และสาเหตุที่มีค่าคลาดเคลื่อนเป็นบวกอยู่เสมอมาจากรูปแบบการคำนวณที่คิดในลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมเท่านั้น แต่เนื่องจากรูปทรงของตะกอนมีความโค้งมน และมีลักษณะเป็นรูปทรงใดๆที่ไม่มีความแน่นอนและไม่สามารถคิดหาสูตรคำนวณได้ในเชิงปริมาตร การกำหนดให้คิดปริมาตรในลักษณะทรงสี่เหลี่ยมที่หากมีขนาดใหญ่มากเท่าใดนั้นยังจะส่งผลให้มีความคลาดเคลื่อนสูงไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากผิว

นอกสุดที่เลเซอร์สัมผัสนั้นจะมีปริมาณที่ล้นออกมาอยู่เสมอ เพราะแม้จะมีข้อมูลอยู่ใน pixel เพียงเล็กน้อยก็ตาม ข้อมูลในส่วนนั้นก็จะถูกนำมาใช้ในการคิดในปริมาตรเต็มของรูปทรงสี่เหลี่ยม สาเหตุหลักจึงมาจากการกำหนดความละเอียดของค่าความลึก z ที่กำหนดกว้างถึง 1 cm โดยจากการสแกนแบบจำลองที่มีตะกอนในรูปทรงที่เหมือนกัน วัตถุที่วางในตำแหน่งเดิม หรือแบบจำลองเปล่าแบบซ้ำๆนั้น จากการทดลองสแกนซ้ำจำนวน 4 ครั้งพบว่าค่า Error มากขึ้นกว่าการสแกนโมเดลแบบจำลองทางน้ำที่ไม่ได้มีการใส่ตะกอน ซึ่งจากการสแกนทั้งหมดมีค่า Error สูงสุดอยู่ที่ 18 ต่อขนาดของ pixel ในตำแหน่งนั้นๆ แม้ว่าอาจดูไม่ห่างจากค่าสูงสุดจากการสแกนซ้ำโมเดลที่ไม่มีปริมาตรตะกอน อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าในตำแหน่ง pixel ที่เข้าใกล้ 0 บริเวณที่เป็นปริมาตรตะกอนนั้นน้อยมาก นั้นชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดในการสแกนต่อพื้นที่ที่มีความชันสูงนั้นส่งผลต่อค่า Error ค่อนข้างมาก โดยในที่นี้มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 pixel หรือประมาณ ± 1.1 mm เท่านั้น และสุดท้ายคือพื้นที่ที่ใช้ในการคิดรวมกับการหาปริมาณตะกอนนั้น ยังมีความกว้างมากเมื่อเทียบกับตะกอนเท่าใด ค่าความคลาดเคลื่อนต่อพื้นที่ยังส่งผลต่อการหาปริมาณตะกอนมากเท่านั้น

4 สรุป

จากการปรับปรุงแบบการวิเคราะห์หาแสงเลเซอร์จากภาพถ่ายนั้น ทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งที่ถูกต้องของเลเซอร์จากภาพได้ละเอียดมากขึ้น ลดข้อจำกัดในด้านของวิธีการทำงานภายในที่มีด แสงสะท้อนรบกวน รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ในการหาปริมาตรหรือความแตกต่างของแบบจำลองในการสแกนแต่ละครั้งได้

นอกจากนี้รูปแบบงานวิจัยสามารถต่อยอดได้ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในด้านของคุณภาพ การประยุกต์ใช้ในด้านข้อมูล หรือการจัดเก็บโมเดล 3 มิติไว้ในรูปแบบไฟล์ข้อมูลสำหรับนำกลับมาใช้อ้างอิงในการสร้างโมเดลทดลองทางกายภาพ

อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังมีข้อพร่องในเรื่องของคุณภาพการหาปริมาตรที่แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของภาพ ข้อจำกัดของเครื่องมือและราคาที่ใช้ถึงได้ โดยแนะนำให้ประยุกต์ใช้กับงานอย่างเหมาะสมทั้งในเรื่องของวิธีการและงบประมาณ

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ที่ให้การสนับสนุน การสำรวจทางน้ำด้วยเทคนิคการใช้เลเซอร์ ไทรแองกูเรชั่นทั้งเครื่องมือที่ใช้สอบเทียบและบุคลากรในการสนับสนุนงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

global origin and calibration points. Scientific reports, ปีที่5, ฉบับที่ 11928, 1-16.

6 เอกสารอ้างอิง

- กฤตภูมิ เมฆตั้ง และ อนุมัติ อิงคนินันท์. 2555. ระบบการตรวจหารอยต่างบนใบพืชโดยวิธีการประมวลผลภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตยา สายสวาท. 2551. ระบบตรวจสอบสภาพความบกพร่องของรหัสแท่งของสินค้าแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผลภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ประกาศกร ทองคำไม้, นวพล จักรโนวรรณ และ ตะวัน หอมชื่น. 2558. การออกแบบและสร้างเครื่องสแกนสามมิติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- มนุศักดิ์ จานทอง นิต วิทยาวิโรจน์ และ วรพันธ์ สารสุรีย์ภรณ์. 2554. เลเซอร์สแกนเนอร์ 3 มิติ. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิชัย เยี่ยงวีรชน. 2548. การสำรวจรังวัด: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสรี ชัดแฉ่ม, 2538. โมเดลและการสร้างโมเดล. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา. 9 (2), 50-69.
- อิทธิพล ัญญเจริญ. 2559. การสำรวจแบบจำลองทางกายภาพของลำน้ำด้วยเทคนิคเลเซอร์ไทรแองกูเรชั่น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Cohen, J., Cohen P., West, S.G., Aiken, L.S. 2002. Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences (3rd ed.). New Jersey, Mahwah.
- Forest, J. C. 2004. New methods for triangulation-based shape acquisition using laser scanners. Joaquim Salvi i Enric Cabruja, Spain.
- Lin, Y-T., Lin, Y-C., Han, J-Y. 2018. Automatic water-level detection using single-camera images with varied poses. Department of Civil Engineering. Taipei 10617, Taiwan, National Taiwan University
- Xu, G., Hao, Z., Li, X., Su, J., Liu, H., Sun, L. 2015. An optimization solution of a laser plane in vision measurement with the distance object between