การประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการรายงานหลุมบนพื้นถนน โดยการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน

The implementation of Volunteered geographic information (VGI) for reporting a pothole

สมบูรณ์ ภูครองนาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคณะเกษตรศาสตร์
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤศจิกายน 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่อง “การประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการรายงานหลุมบนพื้นถนนโดยการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน” (The implementation of Volunteered geographic information (VGI) for reporting a pothole) นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

....

(อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์

....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประกาศคุณูปการ

ผลงานวิทยานิพนธ์ “การประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการรายงานหลุมบนพื้นถนนโดยการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน” สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

กราบขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิชาภูมิศาสตร์ทุกท่าน และนายธนงศักดิ์ ด่อนดี สถาปนิกสังกัดงานผังแม่บทและออกแบบก่อสร้าง บุคลากรกองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ และความรู้อันเป็นประโยชน์ของข้อมูลเกี่ยวกับระเบียบและวิธีการซ่อมแซม ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษา และช่วยแนะนำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สมบูรณ์ ภูครองนาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ชื่อเรื่อง	การประยุกต์ใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการรายงานหลุมบนพื้นถนนโดยการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน
ผู้วิจัย	สมบูรณ์ ภูครองนาค
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2562
คำสำคัญ	หลุมบนพื้นถนน, สารสนเทศภูมิศาสตร์แบบอาสาสมัคร, การสำรวจด้วยภาพระยะใกล้

บทคัดย่อ

เนื่องจากอุบัติเหตุบนท้องถนนสาเหตุเกิดจากปัญหาหลุมบนพื้นถนนที่ไม่ได้รับการดูแลเป็นเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นการพัฒนาระบบช่วยในการติดตามปัญหาหลุมบนพื้นถนนจึงมีความสำคัญต่อการซ่อมแซมและช่วยลดปัญหาของอุบัติเหตุบนท้องถนน ในปัจจุบันเทคโนโลยีการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้จากสมาร์ทโฟนมีบทบาทกับการสร้างแบบจำลองสามมิติที่มีความแม่นยำมากขึ้น จากการติดตามปัญหาหลุมบนพื้นถนนโดยเฉพาะหน่วยงานที่รับผิดชอบเพียงอย่างเดียวอาจทำให้ได้รับข้อมูลไม่ครอบคลุม จึงนำมาสู่แนวคิดในการใช้ความคุ้นเคยเชิงพื้นที่ของอาสาสมัครมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้อาสาสมัครสามารถรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนผ่านการสื่อสารโดยใช้เว็ปไซต์ที่พัฒนาขึ้นเป็นสื่อกลาง โดยการรับข้อมูลรูปภาพจากอาสาสมัครเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan และนอกจากนี้ตำแหน่งของหลุมบนพื้นถนนยังสามารถระบุได้จากพิกัดที่อยู่ในข้อมูลบนรูปภาพ และเมื่อได้แบบจำลองสามมิติของหลุมบนพื้นถนนแล้วสามารถมาทำการวิเคราะห์หาขนาดความกว้างของหลุมบนโปรแกรม Agisoft PhotoScan และใช้โปรแกรม Cloud Compare ในการหาความลึกของหลุมด้วย ผลลัพธ์จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติทั้ง 5 หลุม พบว่า ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนทางกว้างเท่ากับ 0.58 ซม. และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนทางลึกเท่ากับ 0.43 ซม. ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้กับการรายงานปัญหาของหลุมบนพื้นถนนโดยอาสาสมัครได้อย่างครอบคลุมและรวดเร็วเนื่องจากความคุ้นเคยเชิงพื้นที่ของตัวบุคคลและหน่วยงานที่รับผิดชอบไม่ต้องลงพื้นที่เอง นอกจากนี้การวิเคราะห์และวัดขนาดของหลุมบนพื้นถนนจากแบบจำลองสามมิติยังสามารถประเมินได้อย่างแม่นยำใกล้เคียงกับการวัดขนาดโดยตรงด้วยเทปวัดระยะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Title	The implementation of Volunteered geographic information (VGI) for reporting a pothole
Author	Somboon Phukhongnak
Advisor	Polpreecha Chidburee, Ph.D.
Academic Paper	Bachelor Thesis of Science (B.S.) in Geography Naresuan University, 2019
Keywords:	Pothole, Volunteered Geographic Information (VGI), Close-Range Photogrammetry, 3D model

ABSTRACT

Problems of potholes may cause road accidents due to lacking maintenance for a long time that could affect human and economic loss. Thus, the system developed for monitoring a problem of potholes is important for maintenance in order to reduce problems from road accidents. Nowadays, close-range photogrammetry and smartphone technology have an important role in a precisely 3D-model reconstruction. For monitoring potholes by only supervisory authority, it cannot deal with all problems of pothole. Being familiar in area of volunteer may utilise for reporting potholes that could help overcome those problems. This research aims to develop a system for volunteer to report a problem of potholes through website as connecting to supervisory authority. The image acquisition was taken from the volunteer to be used for the 3D-model reconstruction of pothole on Agisoft PhotoScan software. Furthermore, the location data of a pothole was retrieved from geo-tagging information on image. Then, 3D-model of pothole was analysed for measuring the width and depth of pothole using Agisoft PhotoScan and Cloud Compare, respectively. From the results of the accuracy assessment from five experimental potholes in this research, the values of mean errors in the width and depth of 3D models are 0.58 cm and 0.43 cm, respectively. Therefore, this research can apply for reporting a problem of potholes by volunteer easily and rapidly because of the spatial familiarity of volunteer and not necessary for an on-site investigation of supervisory authority, Moreover, analysing the size of pothole can be precisely measured from 3D nearly the direct measurement using a tape.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ความสำคัญของการวิจัย 2
1.4 พื้นที่การศึกษา 2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 2
1.6 กรอบแนวคิด 3
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ 4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 สาเหตุของความเสียหายบนพื้นถนน 5
2.2 วิธีการวัดความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน (Pothole) 6
2.3 วัสดุของชั้นโครงสร้างถนน 7
2.4 ลักษณะการซ่อมแซม 7
2.5 การใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วม (VGI) 8
2.6 เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ 9
วิธีดำเนินการวิจัย 13
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 13
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่าย 14
3.3 การรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนจากผู้ใช้งาน 16
3.4 การประมวลผล 18
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 24
3.6 การประเมินความถูกต้อง 26
ผลการวิจัย 27
กรณีที่ 1 27
กรณีที่ 2 28
กรณีที่ 3 29
กรณีที่ 4 30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

กรณีที่ 5 31

สรุปและอภิปรายผล 34

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 34

5.2 อภิปราย 34

5.3 ข้อเสนอแนะ 35

5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน 35

บรรณานุกรม 37

ภาคผนวก 39

ประวัติผู้วิจัย 43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตาราง 1 สรุปผลการคำนวณการรังวัดด้วยภาพถ่าย 32
ตาราง 2 การประเมินความถูกต้องของความกว้างจากการวัดระยะในพื้นที่จริงเทียบกับการวัดจากแบบจำลองสามมิติทั้ง 5 หลุม 33
ตาราง 3 การประเมินความถูกต้องของความลึกจากการวัดระยะในพื้นที่จริงเทียบกับการวัดจากแบบจำลองสามมิติทั้ง 5 หลุม 33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญรูปภาพ

ภาพ | หน้า

ภาพที่ 1.1 ขอบเขตการวิจัย........ 2
ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิด........ 3
ภาพที่ 2.1 ความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน........ 6
ภาพที่ 2.2 วิธีการวัดปริมาณความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน 6
ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างการวัดประมาณความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน 6
ภาพที่ 2.4 วัสดุแต่ละชั้นโครงสร้างของถนน 7
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการซ่อมแซมแบบถาวร Deep patch 8
ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบของระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์อาสาสมัคร VGI 9
ภาพที่ 2.7 ระบบโหลดยางแบบคงที่ Servo hydraulic 10
ภาพที่ 2.8 จุดควบคุมในซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan Professional........ 11
ภาพที่ 2.9 แบบจำลองสามมิติของพื้นผิวดินใน Agisoft PhotoScan 11
ภาพที่ 2.10 บอกลักษณะความลึกด้วยสี........ 12
ภาพที่ 3.1 Scale Bar........ 13
ภาพที่ 3.2 การถ่ายภาพเพื่ออ้างอิงสถานที่บนเว็ป........ 14
ภาพที่ 3.3 การวาง Scale Bar ก่อนทำการถ่ายภาพ 15
ภาพที่ 3.4 เทคนิคการถ่ายภาพ 15
ภาพที่ 3.5 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลการวัดจริง........ 15
ภาพที่ 3.6 โฮมเพจของเว็ปไซต์........ 16
ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลรูปภาพในหน้าโฮมเพจ........ 16
ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการส่งข้อมูลรูปภาพ........ 17
ภาพที่ 3.9 หน้า Web Map........ 17
ภาพที่ 3.10 เตรียมข้อมูลภาพ 18
ภาพที่ 3.11 Add Photos 18
ภาพที่ 3.12 ผลการ Align Photos 19
ภาพที่ 3.13 การเปรียบเทียบระหว่างการ Align Photos และ ไม่ได้ Align Photos ก่อนทำการกำหนดจุดควบคุมภาพ........ 19
ภาพที่ 3.14 การกำหนดจุดควบคุม........ 19
ภาพที่ 3.15 Point Marker ทั้งหมด 4 จุด........ 20
ภาพที่ 3.16 การกำหนดจุดควบคุมเพื่อให้แบบจำลองอยู่ในแกนที่ถูกต้อง 20
ภาพที่ 3.17 การเปลี่ยนระบบพิกัดจาก WGS 84 เป็น Local coordinates 21
ภาพที่ 3.18 การเลือกจุดควบคุมที่ต้องการกำหนดระยะ Scale Bar 21
ภาพที่ 3.19 กำหนดระยะ Scale Bar ทั้ง 2 Scale Bar 22
ภาพที่ 3.20 กำหนดแนวแกน........ 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 3.21 ปิดระบบพิกัดของภาพ....23
ภาพที่ 3.22 Align Photos ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้แบบจำลองสามมิติอยู่ในระนาบที่ถูกต้อง....23
ภาพที่ 3.23 การ Build Dense Cloud....23
ภาพที่ 3.24 ผลการ Build Dense Cloud....24
ภาพที่ 3.25 Export Point Cloud เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์....24
ภาพที่ 3.26 การวิเคราะห์ความลึกของแบบจำลองหลุมบนพื้นถนน....25
ภาพที่ 3.27 การประเมินความถูกต้องในแนวราบ....26
ภาพที่ 3.28 การประเมินความถูกต้องในแนวลึก....26
ภาพที่ 4.1 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 1....27
ภาพที่ 4.2 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 1....27
ภาพที่ 4.3 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 2....28
ภาพที่ 4.4 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 2....28
ภาพที่ 4.5 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 3....29
ภาพที่ 4.6 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 3....29
ภาพที่ 4.7 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 4....30
ภาพที่ 4.8 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 4....30
ภาพที่ 4.9 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 5....31
ภาพที่ 4.10 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 5....31

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากปัญหาของหลุมบนพื้นถนน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิต เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น การซ่อมแซมหลุมบนพื้นถนนจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการติดตามและตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะหน่วยงานที่รับผิดชอบเป็นหลัก และในปัจจุบันนี้ การมีส่วนรวมของประชาชนผู้ใช้รถใช้ถนน ยังขาดระบบที่สามารถรายงานปัญหาดังกล่าว ดังนั้นการมีระบบในการรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนอย่างง่าย จึงมีความจำเป็นต่อการซ่อมแซมอย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบัน ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารหรือรูปภาพได้อย่างรวดเร็ว ผ่านอินเตอร์เน็ตด้วยโทรศัพท์มือถือเพียงเครื่องเดียว และยังสามารถถ่ายภาพจากกล้องได้อีกด้วยและภาพที่ได้ก็มีความละเอียดสูงเมื่อเทียบกับกล้องถ่ายรูปสมัยก่อน ประกอบกับการสำรวจด้วยภาพระยะใกล้เริ่มมีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบันอีกทั้งยังใช้ต้นทุนต่ำและมีผลลัพธ์ที่แม่นยำสูง ดังนั้นจากข้อดีดังกล่าวจึงนำมาสู่การพัฒนาระบบการรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนอย่างง่ายที่ราคาถูกและแม่นยำอีกทั้งยังมีการใช้แนวคิดเรื่องภูมิศาสตร์อาสาสมัคร (VGI) เข้าร่วมด้วย แนวคิดการใช้ภูมิศาสตร์อาสาสมัครมาจากงานของ Manouchehri & Moghaddam (2017) ที่ได้นำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่มีความสามารถในการตรวจสอบและเก็บข้อมูลทั้งอุณหภูมิ ภูมิอากาศ คุณภาพอากาศ และความชื้นในดิน เป็นต้น ทำการเก็บข้อมูลเพื่อให้รับรู้ปัญหาที่เกิดขึ้น และหาทางแก้ไข อีกทั้งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสาร การเกิดขึ้นของเว็บโซเชียล ทำให้ภาคประชาชนมีโอกาศที่จะมีส่วนร่วมในการตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และยังมีการระบุอีกว่าเทคโนโลยีเซ็นเซอร์อินเตอร์เน็ต และสมาร์ทโฟนมีความง่ายต่อการบันทึกข้อมูล ซึ่งในตัวข้อมูลจะมีการระบุตำแหน่ง และเวลาอีกด้วย จากงานของ Manouchehri & Moghaddam (2017) สามารถนำข้อดีของเทคโนโลยีในการสื่อสารมีปรับใช้กับการรายงานหลุมบนพื้นถนน ซึ่งจะทำให้หน่วยงานที่รับผิดชอบในแต่ละพื้นที่สามารถรับรู้ถึงปัญหาหลุมบนพื้นถนนได้ครอบคุมมากขึ้น และทราบถึงปริมาณวัสดุที่จะต้องนำมาใช้ซ่อมแซม รวมไปถึงตำแหน่งที่ตั้งของหลุม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการออกแบบและพัฒนาระบบในการรองรับข้อมูลรูปภาพที่ภาคประชาชนทำการรายงานปัญหาเข้ามาเพื่อให้หน่วยงานสามารถนำข้อมูลรูปภาพไปทำการวิเคราะห์และประมวลผลจากแบบจำลองสามมิติที่ได้จาก Agisoft PhotoScan เพื่อทำการวางแผนและนำไปเป็นหลักฐานในการของบประมาณเพื่อทำการซ่อมแซม ทั้งนี้งานวิจัยนี้เป็นเพียงต้นแบบแนวคิดในการพัฒนาระบบโดยต้องการใช้ความคุ้นเคยเชิงพื้นที่ของอาสาสมัครเข้ามาใช้ตามแนวคิดของภูมิศาสตร์อาสาสมัคร (Volunteered geographic information) ในขั้นตอนของการประมวลผลและวิเคราะห์สามารถนำมาประยุคใช้ได้จริง แต่ในส่วนของเว็บไซต์กำลังอยู่ในช่วงทดลองผู้ทำวิจัยได้ทำการเผยแพร่ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไว้เพื่อต้องการให้มองเห็นถึงระบบของการรายงานปัญหาเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและออกแบบระบบในการรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนโดยภาคประชาชน
2. เพื่อศึกษาวิธีการสำรวจขนาดของหลุมบนถนนและระยะเผื่อซ่อมอย่างง่าย สำหรับการซ่อมแซมอย่างแม่นยำ

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

ออกแบบระบบการรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนที่สามารถส่งผ่านรูปภาพจากอาสาสมัครมายังหน่วยงานเพื่อที่หน่วยงานจะได้นำรูปภาพมาทำการประมวลผลและวิเคราะห์โดยการสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อหาขนาดของหลุมบนพื้นถนนรวมไปถึงระยะการเผื่อซ่อม ซึ่งข้อมูลนี้ยังสามารถคำนวณปริมาณของวัสดุที่ใช้ซึ่งจะสัมพันธ์กับราคา และยังสามารใช้เป็นหลักฐานประกอบการของบประมาณการซ่อมแซม

1.4 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ศึกษาถนนบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวรและโดยรอบ จังหวัดพิษณุโลก โดยจะศึกษาหลุมบนถนนที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ โดยเลือกหลุมตัวอย่าง 5 หลุม เพื่อนำมาทดสอบระบบและทำการวิเคราะห์

Copyright by Naresuan University

ภาพที่ 1.1 ขอบเขตการวิจัย

All rights reserved

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

หลุมบนพื้นถนน (Pothole) คือ หลุมที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของถนนที่ค่อย ๆ เกิดความเสียหายจากการจราจรหรือสภาพอากาศ

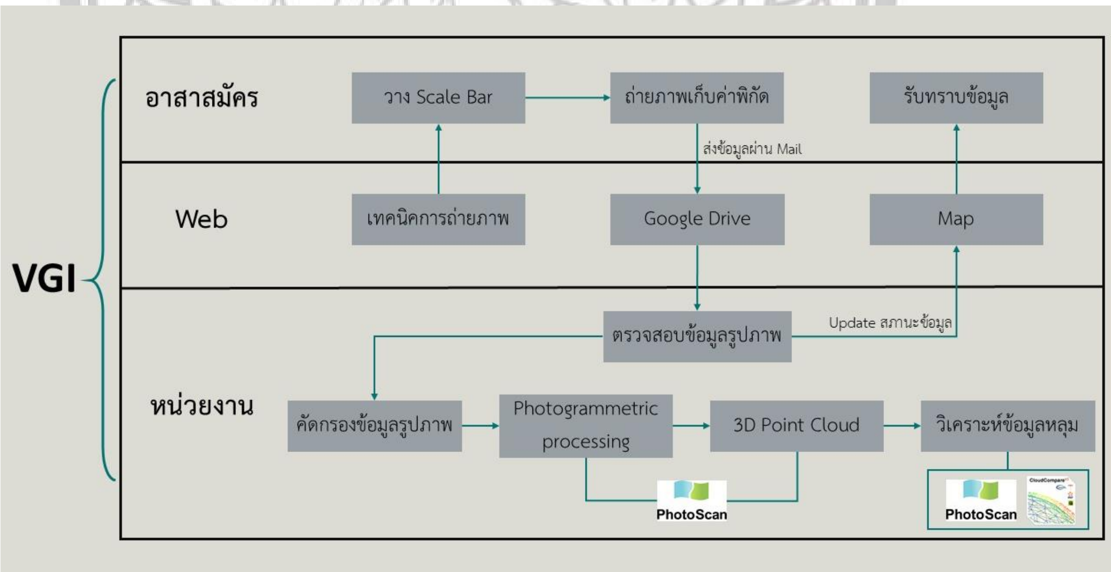
ข้อมูลภูมิศาสตร์อาสาสมัคร (Volunteered Geographic Information) คือ การสร้างและแบ่งปันข้อมูลทางภูมิศาสตร์โดยประชาชนภาคเอกชน มักจะทำผ่านแพลตฟอร์ม เช่น เครื่องมือการทำแผนที่ออนไลน์ สื่อสังคมออนไลน์ และแอพพลิเคชั่น

การสำรวจด้วยภาพระยะใกล้ (Close-Range Photogrammetry) คือ การรังวัดด้วยภาพที่ระยะระหว่างกล้องถ่ายรูปและวัตถุที่จะรังวัดอยู่ห่างกันไม่มากนัก โดยทั่วไปจะจำกัดในระยะ 1 ถึง 100 เมตร

แบบจำลองสามมิติ (3D model) คือ การสร้างแบบจำลองของวัตถุต่าง ๆ โดยใช้ถาพถ่ายสองมิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์วัตถุ หรือจำลองภาพเสมือนจริง ในรูปแบบสามมิติ

1.6 กรอบแนวคิด

ระบบการรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนโดยภาคประชาชนมีการแบ่งสัดส่วนทั้งหมดด้วยกัน 3 ส่วนซึ่งประกอบด้วยส่วนของอาสาสมัคร ส่วนของเว็ปไซต์ และส่วนของหน่วยงาน โดยมีการบวนการดังนี้



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิด

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1. เริ่มต้นที่ส่วนของเว็ปไซต์ จะมีเทคนิคการถ่ายภาพอธิบายอยู่ในหน้าโฮมเพจ เพื่อให้อาสาสมัครสามารถอ่านทำความเข้าใจก่อนการเก็บข้อมูลเพื่อการรายงาน

2. มาที่ส่วนอาสาสมัคร หลังจากอาสาสมัครอ่านทำความเข้าใจแล้วก็ดำเนินการตามขั้นตอนในเว็ปไซต์โดยการวาง Scale Bar บริเวณรอบ ๆ หลุมที่ต้องการเก็บข้อมูลภาพ

3. ทำการถ่ายภาพเก็บข้อมูล ในขั้นตอนนี้อาสาสมัครควรเก็บข้อมูลระบบพิกัดเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจากการถ่ายภาพในส่วนคุณสมบัติของภาพ (Properties) จะมีระบบพิกัด

แสดงอยู่ แต่หากอาสาสมัครไม่ได้อนุญาตให้กล้องถ่ายภาพเข้าถึงการระบุตำแหน่ง จะทำให้คุณสมบัติของภาพไม่มีข้อมูลระบบพิกัดอยู่ ดังนั้นจึงควรเก็บค่าพิกัดจากแอพอื่นควบคู่ไปด้วย

4. ทำการส่งข้อมูลรูปภาพผ่านทางเมลที่ระบุไว้ในเว็ปไซต์ หากส่งข้อมูลจำนวนมากจะมีการอัพโหลดผ่าน Google Drive โดยอัตโนมัติ

5. เมื่อหน่วยงานได้รับข้อมูลแล้วจะทำการตรวจสอบข้อมูลรูปภาพ หากข้อมูลรูปภาพสามารถนำไปใช้ได้จะมีการอัพเดทสถานะไปที่เว็ปไซต์ในหน้า Map เพื่อแจ้งให้อาสาสมัครทราบว่าหลุมบริเวณไหนมีการรายงานเข้ามาแล้ว เพื่อลดความซ้ำซ้อนข้อข้อมูล

6. มาที่ส่วนของหน่วยงาน หน่วยงานจะทำการคัดกรองรูปภาพเพื่อนำภาพที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสามมิติออกไป

7. หลังจากนั้นให้ทำการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Agisoft photoscan และกำหนดค่าต่าง ๆ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแบบจำลองสามมิติ

8. ทำการวิเคราะห์จากแบบจำลองด้วยโปรแกรม Agisoft photoscan และ Cloud Compare ควบคู่กัน

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวคิดต้นแบบในการรายงานปัญหาอุบัติเหตุบนพื้นถนน
2. ผู้ใช้รถใช้ถนนทั่วไปสามารถมีส่วนร่วมในการรายงานปัญหาหลุมบนถนน
3. สามารถใช้ข้อมูลการรายงานมาคำนวณงบประมานและจัดเตรียมวัสดุที่ต้องใช้ในการซ่อมแซม
4. หน่วยงานสามารถนำข้อมูลจากการรายงานไปใช้เป็นหลักฐานกับการของบประมานในการซ่อมแซมจากรัฐบาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเพื่อจัดทำระบบการรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนด้วยข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วม ได้มีการศึกษาทบทวนเอกสาร วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านต่าง ๆ ประกอบด้วย การศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลุมบนพื้นถนน (Potholes) และปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิด รวมไปถึงลักษณะในการซ่อมแซมแบบต่าง ๆ การศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดข้อมูลภูมิสารสนเทศแบบมีส่วนรวม (Volunteered geographic information หรือ VGI) ศึกษาวิธีการรังวัดด้วยภาพถ่าย (close-range digital photogrammetry) และ ออกแบบเว็ปไซต์เพื่อเป็นตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล โดยการศึกษาข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สาเหตุของความเสียหายบนพื้นถนน

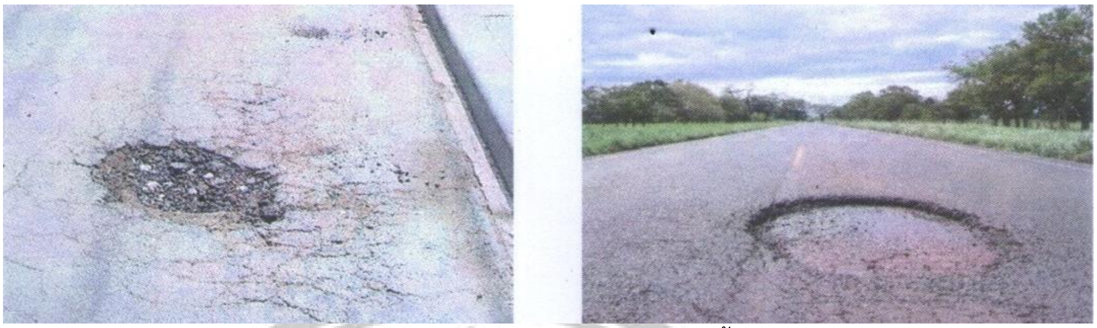
ประเภทของถนนในปัจจุบันนิยมสร้างด้วยคอนกรีตและยางมะตอย ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ราคาในการก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา เช่น คอนกรีตจะมีราคาในการก่อสร้างสูงกว่ายางมะตอย แต่ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาจะน้อยกว่า

<u>สาเหตุสำคัญที่ทำให้ถนนเกิดความเสียหาย</u>

1. ความหนาแน่นของการจราจร เช่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณรถบรรทุก
2. น้ำหนักของยวดยาน เช่น การบรรทุกน้ำหนักเกินมาตรฐาน
3. สถาพ ดิน ฟ้า อากาศ เช่น ฝนตกหนัก น้ำท่วมขัง อากาศร้อนจัด
4. การควบคุมการก่อสร้างของตัวถนนเอง ก็มีผลต่ออายุการใช้งานของถนนเช่นกัน

ผู้ควบคุมงานจะต้องมีความรู้ความสามารถ และความชำนาญในการควบคุมงาน รวมถึงการเลือกใช้วัสดุให้เป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น รู้จักเลือกประเภทและปริมาณของยางแอสฟัลต์ที่ใช้ในแต่ละลักษณะงานให้มีความถูกต้องตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง รวมถึงรู้จักกรรมวิธีในการบดอัด (จตุรงค์ เจริญผล, 2555) ประกอบกับปัจจุบันโฟโตแกรมเมตรีมีการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยการใช้การประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาพถ่ายดิจิตอล กระบวนการดิจิทัลนี้กำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากต้นทุนต่ำและยังสามารถสำรวจโดยไม่ต้องลงพื้นที่จริง ทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำเทคนิคมาใช้กับการแก้ปัญหาหลุมบนพื้นถนน จากงานวิจัยของ (โสธร วงศ์ปราโมทย์ , 2556) มีการแบ่งประเภทความชำรุดเสียหายของถนนมีด้วยกัน 6 ประเภท ได้แก่ หลุมบนพื้นถนน (Pothole) ร่องล้อ (Rutting) รอยปะซ่อม (Patching) ผิวหน้าหลุดร่อน (Raveling) ทรุดตัวเป็นแอ่ง (Depression) และรอยแตกร้าว (Cracks) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จะชี้ประเด็นไปที่ความชำรุดเสียหายของถนนประเภทหลุมบนพื้นถนน โดยจ่าเอก โสธร วงศ์ปราโมทย์ มหาวิทยาลัยบูรพาได้อธิบายลักษณะความชำรุดเสียหายของสถาพถนนประเภทหลุมบนพื้นถนนว่า มีลักษณะเป็นหลุมคล้ายชามลงไปถึงผิวและพื้นทางโดยทั่วไปเกิดจากผิวทางและพื้นทางที่ไม่แข็งแรง อันเนื่องมาจากแอสฟัลต์น้อยเกินไป มีวัสดุละเอียดมากเกินไปหรือน้อยเกินไป หรือจากระบบการระบายน้ำไม่ดี ดังแสดงใน**ภาพที่ 2.1**

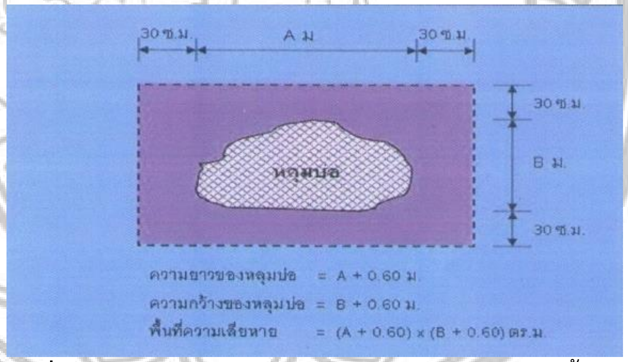
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 2.1 ความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน
(สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบและสำนักงานบริหารบำรุงทาง 2550)

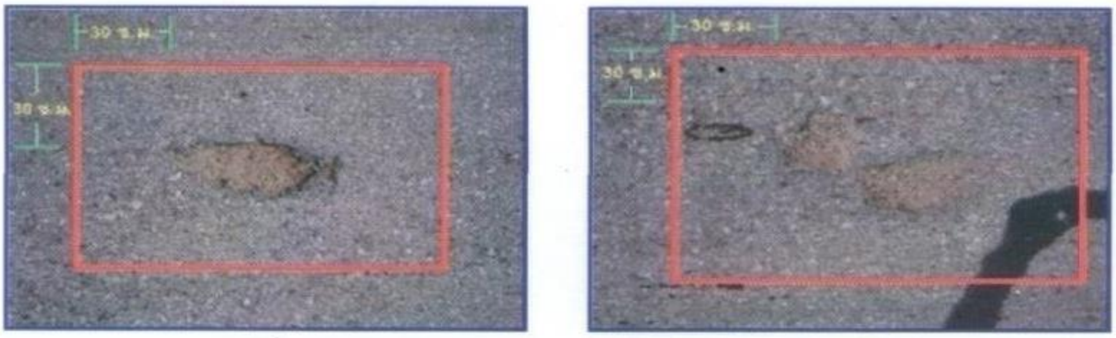
2.2 วิธีการวัดความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน (Pothole)

การวัดปริมาณความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน จะวัดพื้นที่ความเสียหายโดยวัดความกว้างและความยาวออกจากพื้นที่เสียหายจากขอบด้านละ 30 เซนติเมตร และสรุปพื้นที่ความเสียหายเป็นหน่วยตารางเมตรดังแสดงใน**ภาพที่2.2**



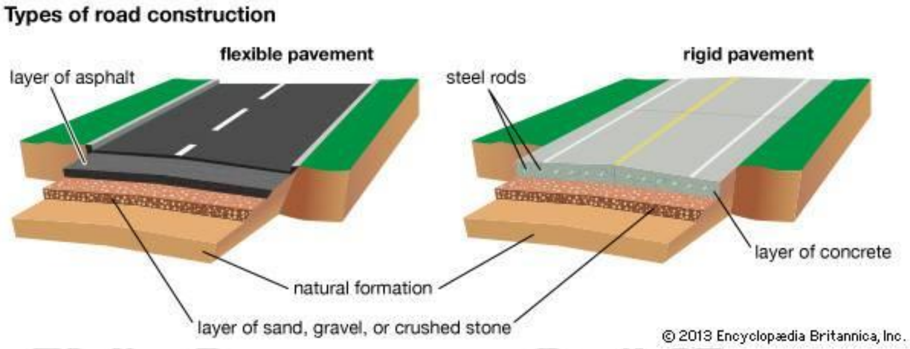
ภาพที่ 2.2 วิธีการวัดปริมาณความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน
(สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบและสำนักงานบริหารบำรุงทาง 2550)

กรณีหลุมบนพื้นถนนมีลักษณะเป็นกลุ่ม โดยแต่ละหลุมมีความห่างของหลุมน้อยกว่า 30 เซนติเมตร ให้วัดพื้นที่ความเสียหายรวม โดยการวัดความกว้างและความยาวออกจากพื้นที่ความเสียหายรวมจากพื้นที่เสียหายด้านละ 30 เซนติเมตร และสรุปปริมาณความเสียหายเป็นตารางเมตรดังแสดงใน **ภาพที่ 2.3**



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างการวัดประมาณความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน
(สำนักงานวิเคราะห์และตรวจสอบและสำนักงานบริหารบำรุงทาง 2550)

2.3 วัสดุของชั้นโครงสร้างถนน



ภาพที่ 2.4 วัสดุแต่ละชั้นโครงสร้างของถนน
(https://www.takumi.in.th/2018/10/05/โครงสร้างถนน 2018)

ถนนแบบพื้นแข็ง พื้นฐานประกอบด้วย

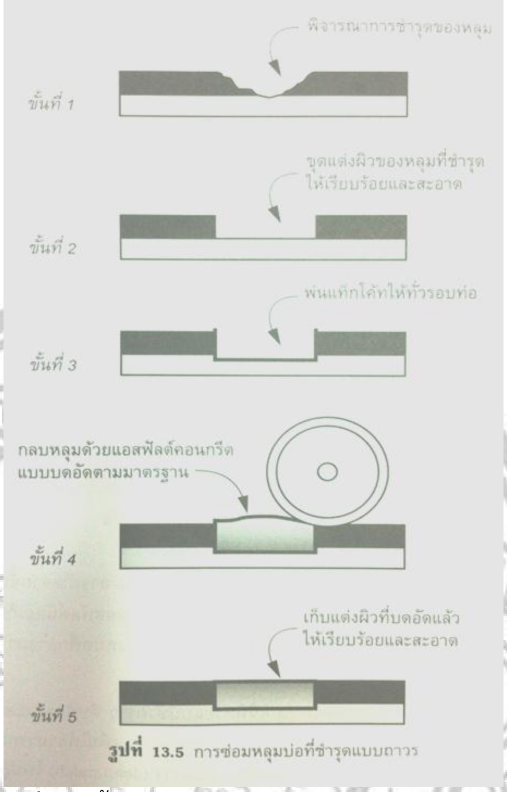
- คอนกรีต (concrete surface)
- ดินลูกรังถมบดอัด (base course)
- ดินธรรมชาติถมบดอัด (compacted subgrade)
- ดินธรรมชาติเดิมบดอัด (natural subgrade)
- ถนนแบบยืดหยุ่น พื้นฐานประกอบด้วย
- ยางมะตอย (asphalt surface)
- หินคลุกถมบดอัด (base course)
- ดินลูกรังถมบดอัด (subbase course)
- ดินธรรมชาติถมบดอัด (compacted subgrade)
- ดินธรรมชาติเดิมบดอัด (natural subgrade)

2.4 ลักษณะการซ่อมแซม

การซ่อมแซมหลุมบนพื้นถนนมักจะซ่อมแบบฉุกเฉินหรือแบบชั่วคราว คือทำความสะอาดหลุมแล้วทำการปะซ่อม (patching) ด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต และบดอัดด้วยเครื่องตบขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถปิดผิวจราจรได้เร็วที่สุด แต่มักจะซ่อมแซมอยู่บ่อยครั้ง เพราะไม่ทนทาน แต่ถ้าซ่อมแซมแบบถาวร (deep patch) ให้ปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้ (จตุรงค์ เจริญผล, 2555)

ขั้นที่ 1 พิจารณาขนาดและความลึกของหลุม
ขั้นที่ 2 ขุดผิวทางและชั้นพื้นทางที่ชำรุดออกให้หมด
ขั้นที่ 3 แต่งหลุมให้เรียบร้อย แล้วพ่นแท็คโค้ทให้ทั่วพื้นล่างและบ่อโดยรอบ
ขั้นที่ 4 กลบหลุมด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตจนเต็ม และบดอัดตามมาตรฐาน
ขั้นที่ 5 เก็บแต่งผิวให้ได้ระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



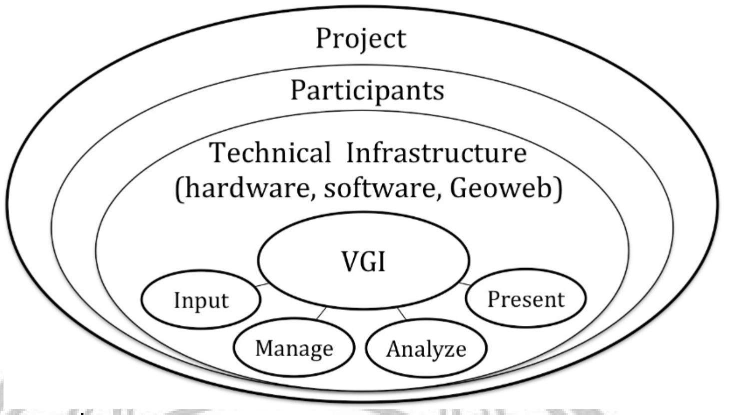
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการซ่อมแซมแบบถาวร Deep patch
(จตุรงค์ เจริญผล, 2555)

2.5 การใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วม (VGI)

VGI หมายถึงการสร้างและแบ่งปันข้อมูลทางภูมิศาสตร์โดยประชาชนภาคเอกชน มักจะทำผ่านแพลตฟอร์ม เช่น เครื่องมือการทำแผนที่ออนไลน์ สื่อสังคมออนไลน์ และแอพพลิเคชั่น

จากงานวิจัยของ Mohsen Manouchehri & Majid Kiavarz Moghaddam (2017) ได้สังเกตุเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนของประชากรโลกและการขยายตัวของเมือง ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม พวกเขาเห็นวิธีในการแก้ไขที่ดีที่สุด คือการมีส่วนรวมของผู้คนพร้อมกับการใช้เทคโนโลยีในการสำรวจตรวจสอบสภาพแวดล้อม แนวคิด VGI นี้จะเป็นผลดีอย่างมากต่อประเทศที่กำลังพัฒนาตัวอย่างเช่น อิหร่าน เป็นประเทศที่เหมาะสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการติดตามตรวจสอบ เพราะมีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้าง ประเทศอิหร่านเป็นประเทศที่มีประชากรมากทำให้การเข้าถึงเทคโนโลยีในการมีส่วนรวมของภาคประชาชนหรือ V G I ก็มีโอกาศมากขึ้นเช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบของระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์อาสาสมัคร VGI
(Mohsen Manouchehri & Majid Kiavarz Moghaddam,2017)

โดยในงานที่กล่าวมา ตัวเซ็นเซอร์มีความพยายามที่จะเข้าถึงการระบุปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ภูมิอากาศ คุณภาพอากาศ และความชื้นในดิน ประกอบกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสาร การเกิดขึ้นของเว็บโซเชียล และตัวเซ็นเซอร์มีการปรับขนาดให้เล็กลง ทำให้ภาคประชาชนมีโอกาศที่จะมีส่วนร่วมในการตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และยังมีการระบุอีกว่า เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อินเตอร์เน็ต และสมาร์ทโฟนมีความง่ายต่อการบันทึกข้อมูล ซึ่งในตัวข้อมูลจะมีการระบุตำแหน่ง และเวลาอีกด้วย

ซึ่งในงานของ Mohsen Manouchehri & Majid Kiavarz Moghaddam (2017) มี interfaces เป็นแผนที่ออนไลน์ ที่อนุญาตให้สาธารณชนสามารถมีส่วนร่วมหรือร่วมกันสร้างข้อมูลในแผนที่เดียวกัน โดยที่ข้อมูลนั้นมีการกำหนดลักษณะของข้อมูล และขอบเขตไว้อย่างชัดเจน ส่วนตัวที่ใช้ในการติดตามการประเมินผล คือตัวโปรแกรมที่สามารถแสดงถึงผลกระทบที่มนุษย์สร้างขึ้น สุดท้ายแล้วคุณภาพของ VGI ที่เกิดขึ้น ก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่อาสาสมัครได้ทำการสร้างไว้ในแผนที่ออนไลน์

2.6 เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

ชาติชาย ไวยสุระสิงห์ (2545) ได้พูดถึงข้อดีของการใช้วิธีการถ่ายภาพระยะใกล้ว่า งานวัดที่ต้องการความละเอียดสูงควรที่จะต้องมีกระบวนการที่สามารถวัดขนาดได้โดยที่ไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุโดยตรง ซึ่งมีวิธีการหนึ่งในปัจจุบันคือ การใช้เลเซอร์สแกนเนอร์ ผลที่ได้จะเป็นพื้นผิวเชิงเลข แต่ก็มีข้อเสียเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เพราะอุปกรณ์มีราคาแพง และการสแกนพื้นผิวของวัตถุจะมีความคลาดเคลื่อนแฝงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวสแกนเนอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ด้วยเหตุนี้ วิธีการรังวัดขนาดด้วยการถ่ายภาพระยะใกล้ (Close-Range Photogrammetry) จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ควรศึกษา เนื่องจากกล้องดิจิตอลที่มีขายในปัจจุบันมีราคาที่ถูกลง พร้อมกับความละเอียดในการถ่ายภาพที่สูงขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงายวิจัยของ Amaneh et al. (2016) เรื่องการสร้างแบบจำลองสามมิติรอยยางรถแทรกเตอร์ ได้มีการอธิบายถึง Digital photogrammetry ว่าเป็นการใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมตรีในการสร้างแผนที่ภูมิประเทศแบบเก่า ซึ่งใช้หลักในการซ้อนทับของภาพ หรือคู่สเตอริโอ ทำให้เกิดภาพสามมิติ แต่ในปัจจุบันโฟโตแกรมเมตรีได้รับ

การทำงานอัตโนมัติ ด้วยการใช้การถ่ายภาพดิจิตอลและการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ กระบวนการนี้กำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากต้นทุนต่ำและเป็นวิธีการทดสอบแบบ non-contact ลักษณะสำคัญของวิธีนี้ คือ ต้องใช้ภาพถ่ายจากผิวดินในมุมมองที่ต่างกัน โดยมีการซ้อนทับกัน 60-80% ทั้งในแนวแกน x และในแนวแกน Y ในขนาดที่ซอฟต์แวร์โฟโตแกรมเมตรี สามารถสร้างแบบจำลองสามมิติได้โดยใช้ภาพอย่างน้อย 2 ภาพ แต่อย่างไรก็ตามควรจะต้องมีจำนวนภาพที่เพียงพอเพื่อลดความคลาดเคลื่อนหรือข้อผิดพลาดที่อาดเกิดขึ้น และลดบริเวณจุดบอดของภาพ การถ่ายภาพดินให้ชัดเจนเป็นสิ่งที่สำคัญในการพัฒนาภาพแบบจำลองรอยยางรถยนต์สามมิติ

การสร้างแบบจำลองสามมิติ ในงานวิจัยดังกล่าว จำเป็นจะต้องใช้ซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan ปัจจัยด้านแสงก็มีความสำคัญอย่างมากในการถ่ายภาพดิน ระหว่างดินดำและดินทรายสีอ่อน ซึ่งใช้แสงไฟนีออนจากห้องแลป พบว่า แสงที่ตกกระทบดินทรายสีอ่อน มีความเพียงพอต่อการถ่ายภาพ ในขนาดที่ดินดำ ต้องใช้ปริมาณแสงที่มากกว่า เมื่อแสงเพียงพอก็ดำเนินการถ่ายภาพ ซึ่งทำการถ่ายด้วยมือ และกำหนดค่าพื้นฐานของกล้อง เช่น ความยาวโฟกัส ISO และรู้รับแสง เป็นต้น

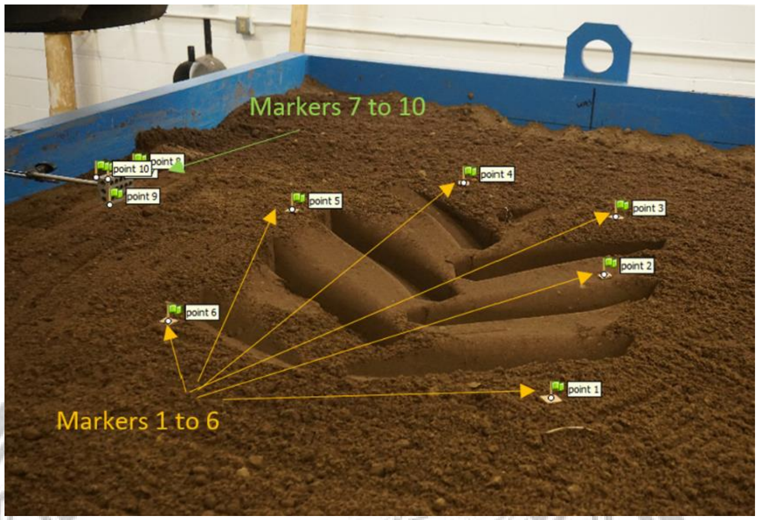
มีการทดสอบการสร้างแบบจำลองสามมิติ ของร่องยางเดียว ใช้กล้อง aless ILCE-6000 ของ Sony a6000 ในการถ่ายภาพ โดนใช้มือกดถ่าย

<u>1.รอยยางเดี่ยว และการทดสอบแรงกดของยาง</u>

ทำการสร้างรอยยางด้วยการใช้ ระบบทดสอบ servo-hydraulic เพื่อสร้างร่องยางในดินที่ใส่ในถังเหล็กดัง**ภาพที่ 2.7** ถังดินมีขนาด 3x3 เมตร และลึก 1 เมตร โดยทั่วไปแล้วดินที่ใช้ในการทำการเกษตร จะมีแรงกดทับของดินอยู่ในระยะ 45 เซนติเมตร ดังนั้นจึงใช้ถังทดสอบลึก 60 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถจับการกดทับของดินได้

ภาพที่ 2.7 ระบบโหลดยางแบบคงที่ Servo hydraulic
(Kenarsari et al. 2017)

หลังจากนั้น ทำการกำหนดจุดอ้างอิงเพื่อใช้จัดแนวรูปภาพในซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan ซึ่งในที่นี้ มีการกำหนด 6 จุด ดัง**ภาพที่ 2.8**

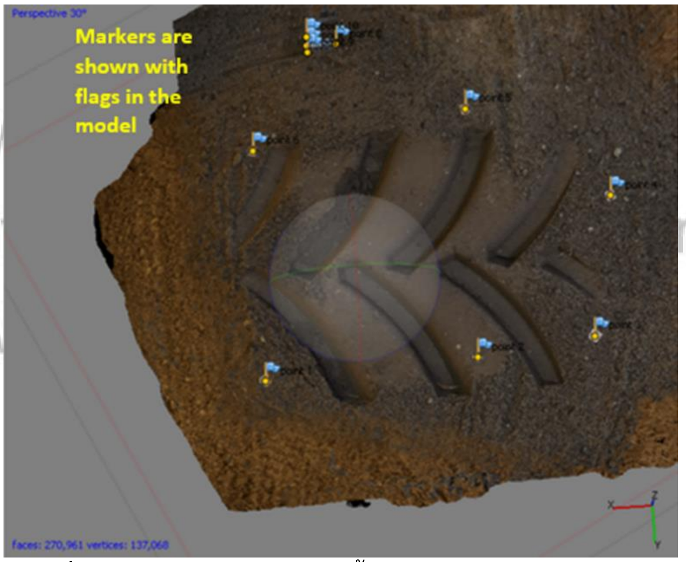


ภาพที่ 2.8 จุดควบคุมในซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan Professional
(Kenarsari et al. 2017)

ส่วนจุดที่ 7-10 ใน**ภาพที่ 2.8** ตรงบริเวณแท่งเหล็ก มีความสำคัญมากเนื่องจากใช้เป็นการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ ซึ่งจะคงที่ตลอดการทดสอบ อย่างไรก็ตามการกำหนดจุดอ้างอิงไม่จำเป็นที่จะต้องทราบค่าระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งจริง ๆ บนพื้นโลก เพียงแต่ใช้สำหรับการจัดตำแหน่งของภาพเท่านั้น

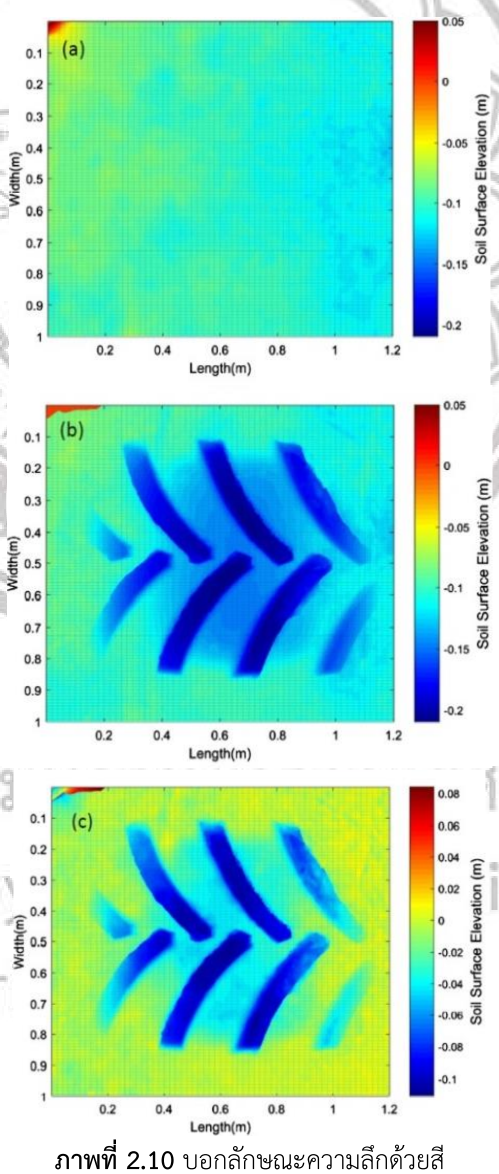
หลังจากนั้นได้ทำการเดินถ่ายภาพไปรอบ ๆ ถังดิน โดยใช้กล้องดิจิตอล Sony a6000 แล้วโหลดรูปภาพทั้งหมดลงในซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan เพื่อการประมวลผลลัพธ์ และการวิเคราะห์

ส่วนต่อไปนี้จะเป็นการแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์และผลการทดสอบแบบรอยยางเดี่ยว ใน**ภาพที่ 2.9** เป็นภาพจำลองสามมิติ ของพื้นผิวดินที่มีรอยกดทับของยางรถแทรกเตอร์ เครื่องหมายธงในแบบจำลองเป็นการบอกจุดอ้างอิงสำหรับใช้ในการจัดแนวภาพ



ภาพที่ 2.9 แบบจำลองสามมิติของพื้นผิวดินใน Agisoft PhotoScan
(Kenarsari et al. 2017)

ในการสร้างแบบจำลองสามมิติและวัดขนาดรอยเท้ายาง Digital Elevation Model (DEM) ของพื้นผิวดินจะถูกบันทึกในรูปแบบ TIF และนำเข้าสู่กระบวกการ MATLAB เพื่อการประมวลผลและการวิเคราะห์ ดัง**ภาพที่ 2.10** (a) และ (b) เป็นการจัดทำแบบจำลองระดับความสูง โดยใช้รหัสสีเป็นตัวบอกความสูงของก่อนและหลังการกดทับของล้อแทรกเตอร์ ตามลำดับ เนื่องจากพื้นผิวดินในภาพ (a) นั้นส่วนใหญ่เป็นที่ราบจึงมีสีฟ้ากระจายอยู่ทั่ว อย่างไรก็ตามควรสังเกตว่าระดับความสูงนั้นขึ้นอยู่กับระดับความสูงของแท่งเหล็กที่ติดอยู่กับผนังถังเหล็ก แบบจำลองระดับความสูงสำหรับรอยยางรถยนต์ใน**ภาพที่ 2.9** (b) แสดงถึงรอยของยางรถยนต์ ซึ่งทำให้เกิดการกดที่ลึกที่สุด ทำให้สีที่แสดงออกมาเป็นน้ำเงิน เนื่องจากมีความลึกมากกว่า



ภาพที่ 2.10 บอกลักษณะความลึกด้วยสี

(Kenarsari et al. 2017)

บทที่ 3

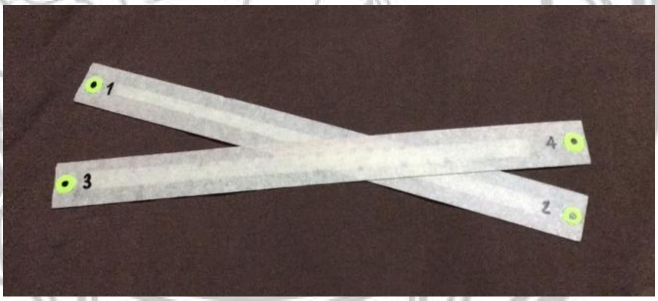
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยนี้เป็นแนวคิดในการจัดทำระบบรายงานหลุมบนพื้นถนนด้วยข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบมีส่วนร่วม ได้มีการดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาขั้นตอนที่มีความง่ายและใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่มีต้นทุนต่ำมาผสานกับเทคโนโลยีที่มีอยู่ปัจจุบัน ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ไม้บรรทัดที่มีการระบุสเกล

ใช้ในการกำหนดจุดภาพ เพื่อทำการปรับแก้ในโปรแกรม Agisoft PhotoScan ซึ่งทำให้แบบจำลองสามมิติของหลุม มีขนาดที่ถูกต้องตามความเป็นจริงมากที่สุด ดัง**ภาพที่ 3.1**



ภาพที่ 3.1 Scale Bar

1.2 มือถือ iPhone 7 กล้อง 12 ล้านพิกเซล

ใช้เก็บข้อมูลภาพถ่าย จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลหลุมบนพื้นถนนบริเวณนอกและในมหาวิทยาลัยนเรศวร แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาทำขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 โปรแกรม Agisoft PhotoScan

โปรแกรมสำหรับการประมวลผลภาพถ่าย โดยนำภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลด้วยขั้นตอนต่าง ๆ โดยผลลัพธ์จะออกมาเป็น point cloud mesh

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1.4 โปรแกรม Cloud Compare

โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลลัพธ์ point cloud mesh ที่ได้จาก Agisoft PhotoScan มาทำการรังวัด เพื่อหาขนาดและความลึกของหลุม

1.5 Sublime Text 3

โปรแกรมสำหรับเขียนโค้ดซึ่งสนับสนุนภาษาที่หลากหลาย เช่น C, C++, C#, CSS, HTML, Java, JavaScript, PHP, Python, SQL เป็นต้น

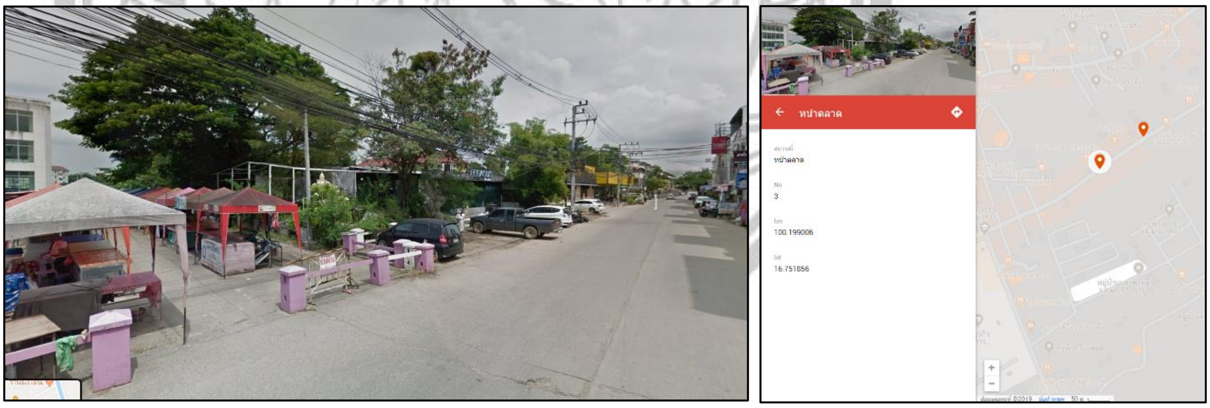
1.6 Xampp Control Panel V 3.2.4

เป็นโปรแกรม Apache web server ไว้จำลอง web server เพื่อไว้ทดสอบ สคริปหรือเว็บไซต์ในตัวเครื่อง โดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตและไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายใด ๆ

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่าย

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ ได้ดำเนินการโดยการลงพื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร รวมไปถึงเส้นทางบริเวณรอบ ๆ มหาวิทยาลัย เพื่อทำการค้นหาหลุมที่ใช้ในการทำการวิจัย หลังจากได้หลุมที่ต้องการแล้ว มีการดำเนินขั้นตอนดังนี้

1. ถ่ายภาพสิ่งก่อสร้างเด่น ๆ หรือถ่ายรูปหลุมพร้อมกับบริเวณโดยรอบ



ภาพที่ 3.2 การถ่ายภาพเพื่ออ้างอิงสถานที่บนเว็ป

ข้อมูลภาพถ่ายในขั้นตอนนี้ จะนำไปใช้แสดงบน Web Mapเพื่อให้อาสาสมัครสามารถทราบตำแหน่งของหลุมบนพื้นถนนได้พอสังเขป

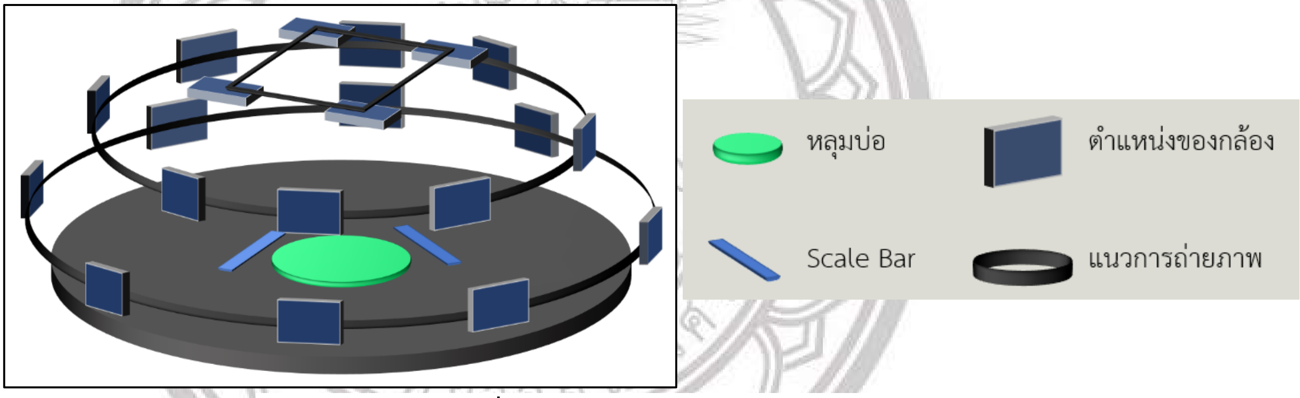
สงวนลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2. ถ่ายภาพหลุม

ก่อนทำการถ่ายภาพ ได้ทำการนำสิ่งกีดขวางออกจากบริเวณในหลุมและรอบปากหลุม เพื่อแบบจำลองที่ได้จะสามารถได้ความลึกของหลุมที่แท้จริง แล้วนำ Scale Bar วางไว้บริเวณปากหลุมก่อนทำการถ่ายภาพ

ภาพที่ 3.3 การวาง Scale Bar ก่อนทำการถ่ายภาพ

หลังจากนั้น ได้ทำการถ่ายภาพ ตามเทคนิคการถ่ายภาพที่วางแผนไว้



ภาพที่ 3.4 เทคนิคการถ่ายภาพ

เทคนิคนี้มีการอธิบายไว้ในส่วนของ Web site เพื่อให้อาสาสมัครสามารถอ่านทำความเข้าใจและถ่ายรูปได้ถูกต้องตามที่ต้องการ

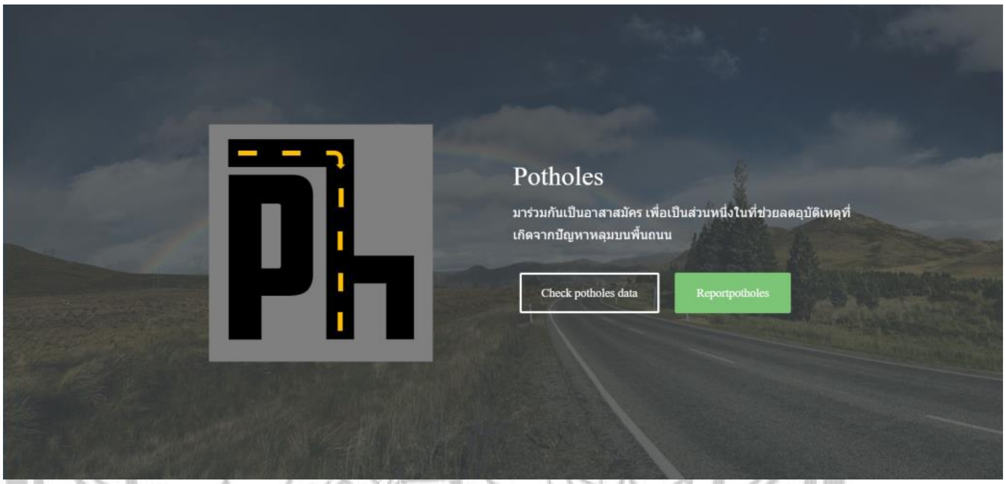
3. วัดความกว้างและความลึกจริงของหลุม เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบความถูกต้องกับแบบจำลองที่ได้จากโปรแกรม Agisoft PhotoScan

ลิขสิทธิ์ Copyright ersity Al

ภาพที่ 3.5 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลการวัดจริง

3.3 การรายงานปัญหาหลุมบนพื้นถนนจากผู้ใช้งาน

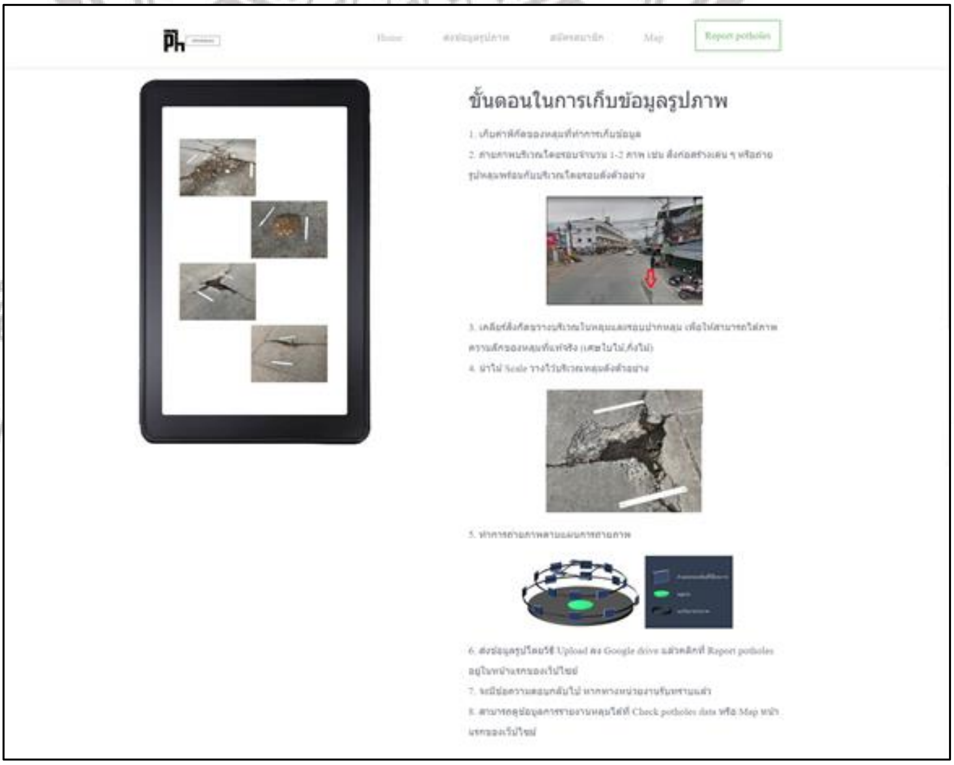
ในส่วนของ web site ได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปภาพหลุมบนพื้นถนนที่อาสาสมัครได้ทำการรายงานเข้ามา ซึ่งมีแนวคิดมาจาก VGI หรือ Volunteered Geographic Information



ภาพที่ 3.6 โฮมเพจของเว็ปไซต์

ซึ่งใน web site จะประกอบด้วย

1. การอธิบายขั้นตอนในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย

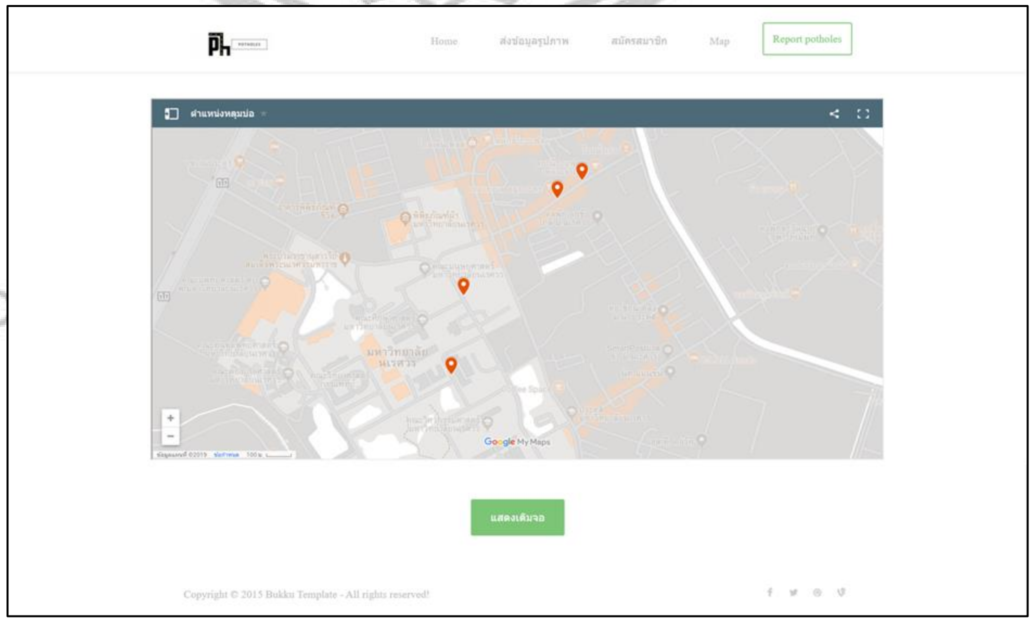


ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลรูปภาพในหน้าโฮมเพจ

2. การอธิบายขั้นตอนในการส่งข้อมูลภาพถ่าย

ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการส่งข้อมูลรูปภาพ

3. Web Map



ภาพที่ 3.9 หน้า Web Map

อาสาสมัครสามารถเช็กข้อมูลหลุมได้ว่า หลุมใดมีการรายงานข้อมูลแล้ว ซึ่งทางหน่วยงานจะมีการอัพเดทข้อมูลหากมีการรายงานหลุมเข้ามาใหม่ เพื่อลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล

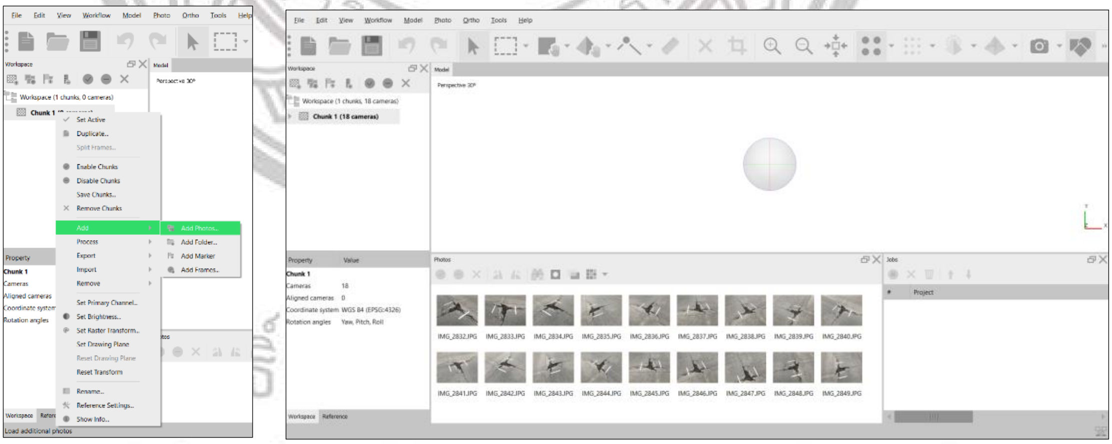
3.4 การประมวลผล

ประมวนผลโดยใช้โปรแกรม Agisoft PhotoScan

1. เตรียมข้อมูลภาพที่ต้องการจะสร้างแบบจำลอง

ภาพที่ 3.10 เตรียมข้อมูลภาพ

2. นำข้อมูลภาพเข้าสู่โปรแกรม Agisoft PhotoScan โดยคำสั่ง Add > Add Photos

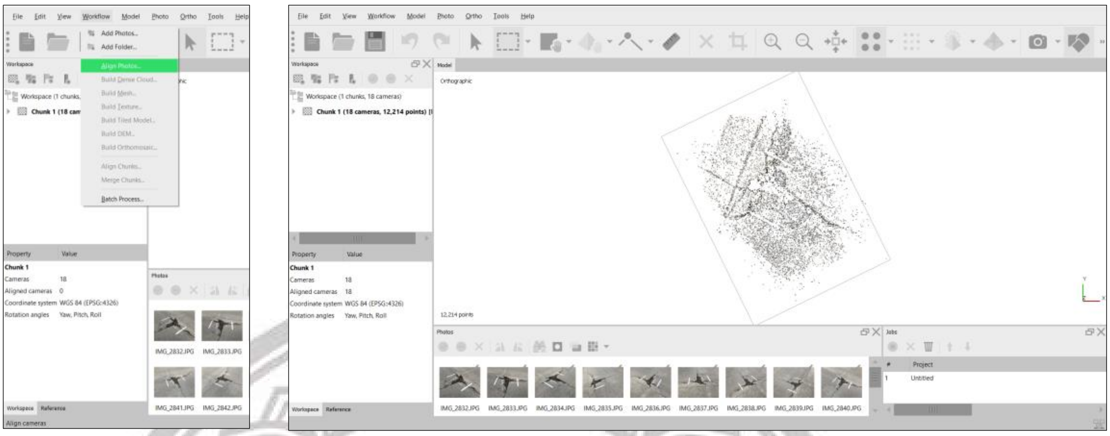


ภาพที่ 3.11 Add Photos

Copyright by Naresuan University

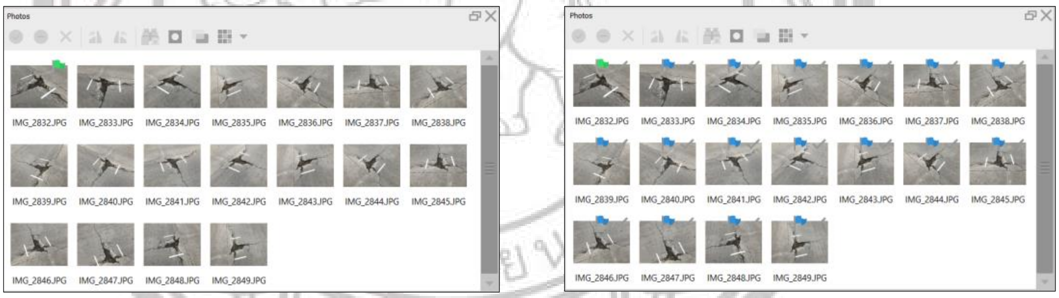
3. จัดเรียงรูปภาพ (Align Photos) Workflow >> Align Photos ในขั้นตอนนี้ทำการ Align Photos เพื่อใช้ข้อมูลรูปที่จัดเรียงแล้ว มาทำการกำหนดค่า Scale Bars และ พิกัดของรูปภาพ

All rights reserved



ภาพที่ 3.12 ผลการ Align Photos

4. หากไม่ทำการจัดเรียงรูปภาพ หรือ Align Photos จะทำให้ Pont Marker ไม่แสดงตำแหน่งที่ใกล้เคียงในภาพถัดๆไป

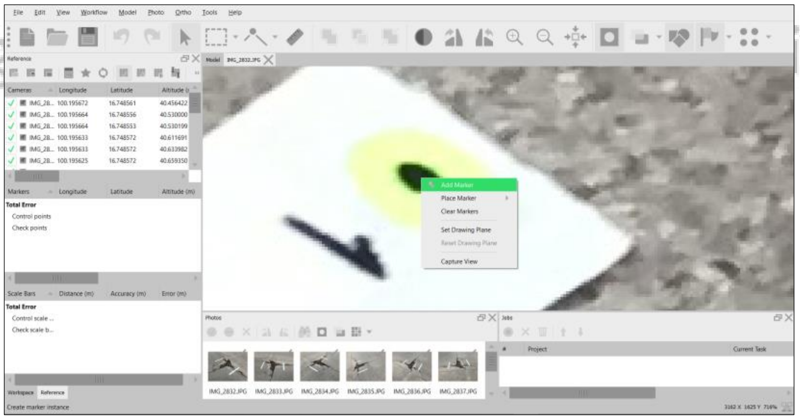


(ก) ไม่ได้ทำการ Align Photos (ข) ทำการ Align Photos แล้ว

ภาพที่ 3.13 การเปรียบเทียบระหว่างการ Align Photos และ ไม่ได้ Align Photos ก่อนทำการกำหนดจุดควบคุมภาพ

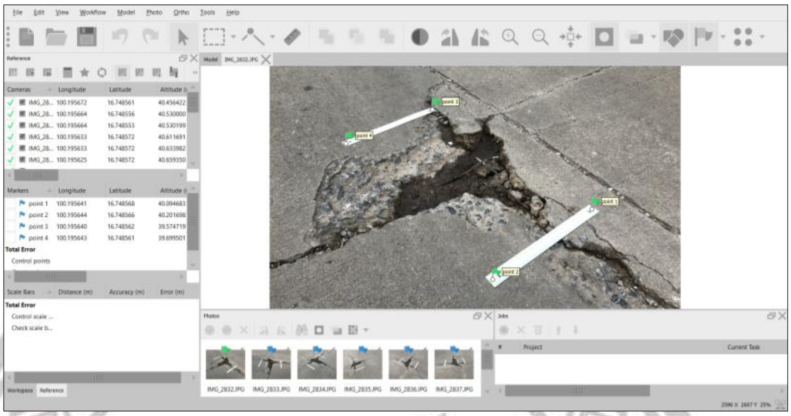
5. ทำการกำหนดจุดควบคุมภาพ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของแบบจำลอง โดยจะปรากฏสัญลักษณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University



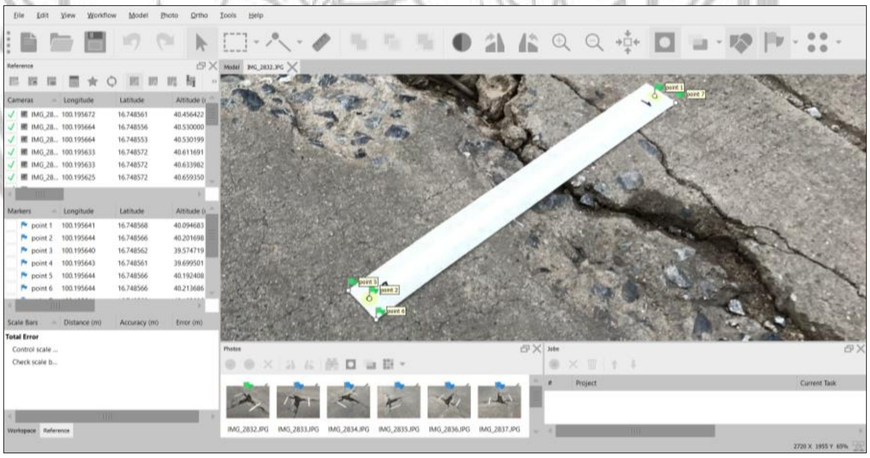
ภาพที่ 3.14 การกำหนดจุดควบคุม

ในงานนี้ได้กำหนด Scale Bar ทั้งหมด 2 ตัว ซึ่งจะใช้ Point Marker ทั้งหมด 4 จุด



ภาพที่ 3.15 Point Marker ทั้งหมด 4 จุด

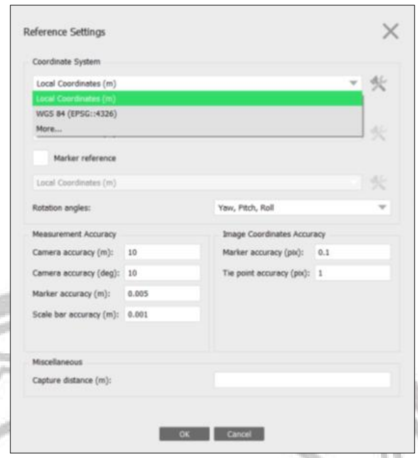
6. เพิ่มจุดกำหนดพิกัดของรูปภาพ จำนวน 3 จุด คือจุดที่ 5 6 และ 7 เพื่อให้แบบจำลองอยู่ในระนาบแกน x y z ที่ถูกต้อง



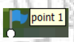
ภาพที่ 3.16 การกำหนดจุดควบคุมเพื่อให้แบบจำลองอยู่ในแกนที่ถูกต้อง

7. ปรับระบบพิกัดจาก WGS 84 เป็น Local coordinates โดยมาที่แถบ Reference เลือก Settings >> จะปรากฏหน้าต่าง Reference Settings ในช่อง Coordinates System ให้เปลี่ยนเป็น Local coordinates

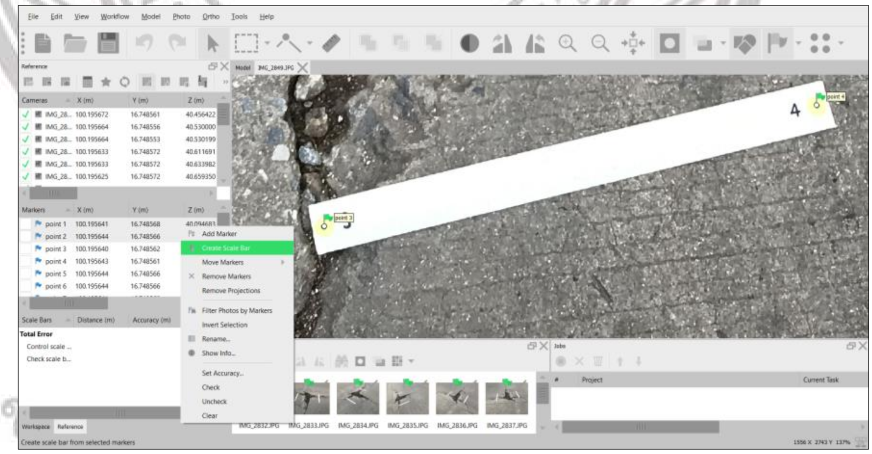
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 3.17 การเปลี่ยนระบบพิกัดจาก WGS 84 เป็น Local coordinates

8. ทำการปรับตำแหน่งของ Pout Marker ในทุก ๆ ภาพ ให้ตรงตามตำแหน่งที่กำหนดในภาพแรก ซึ่งจุดจะเปลี่ยนจากธงสีฟ้า  เป็นสีเขียว

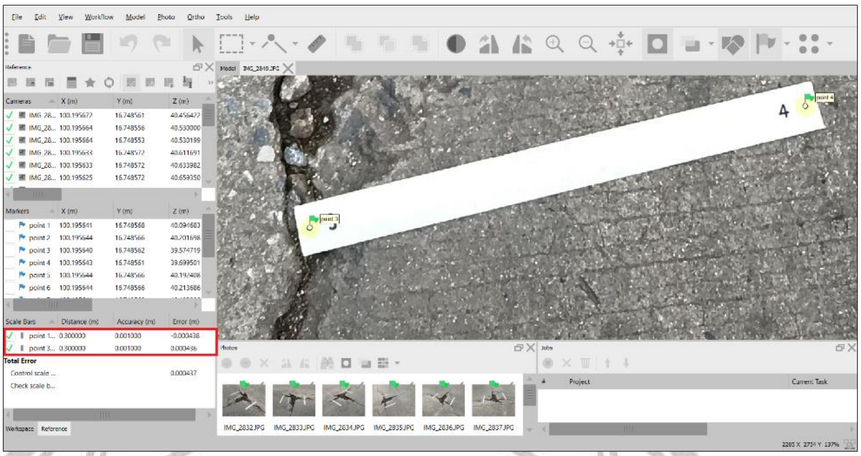
9. กำหนดระยะของ Scale Bar โดยการกด Ctrl แล้วคลิกเลือก จุด 1 และ จุด 2 แล้ว คลิกขวา >> Create Scale Bar



ภาพที่ 3.18 การเลือกจุดควบคุมที่ต้องการกำหนดระยะ Scale Bar

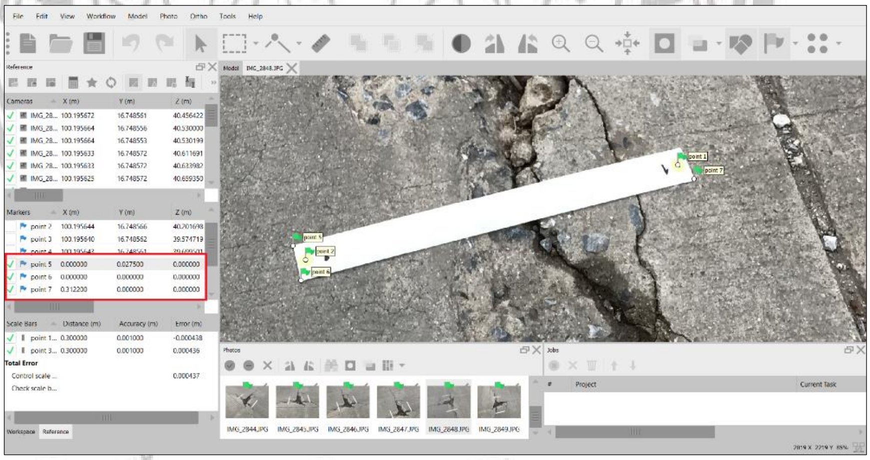
ในงานนี้ใช้ระยะ 30 เซนติเมตร

Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 3.19 กำหนดระยะ Scale Bar ทั้ง 2 Scale Bar

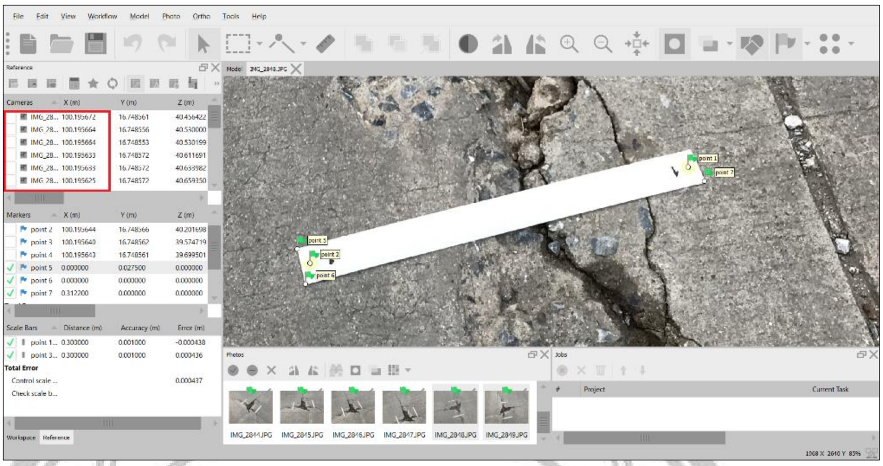
10. กำหนดพิกัดของรูปภาพ โดยอ้างอิงจาก 4 มุมของ Scale Bar คือตำแหน่งของจุด 5 6 และ 7 ซึ่งความยาวในแนวแกน X = 31.22 เซนติเมตร ละความยาวในแกน Y = 2.75 เซนติเมตร ส่วนแกน Z จะให้เท่ากับ 0 ขั้นตอนนี้ทำขึ้นเนื่องจากต้องการให้แบบจำลองอยู่ในระนาบที่ถูกต้อง



ภาพที่ 3.20 กำหนดแนวแกน

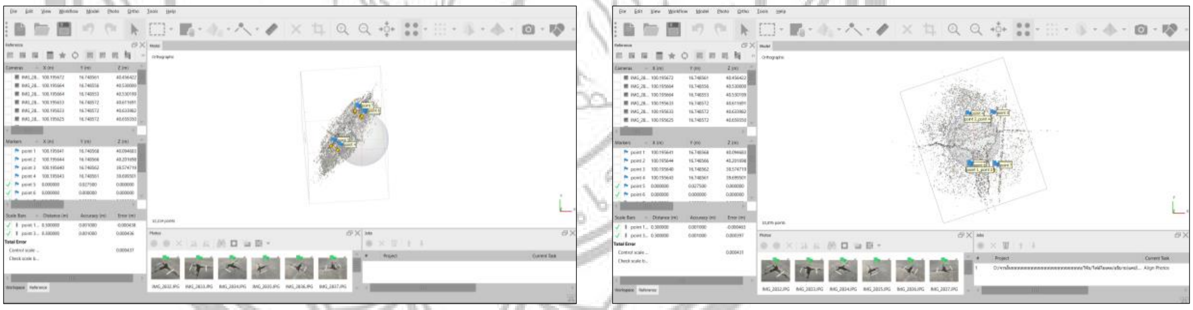
11. เนื่องจากในงานนี้เป็นงานที่มีขอบเขตขนาดเล็ก จึงควรทำการปิดพิกัดของภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 3.21 ปิดระบบพิกัดของภาพ

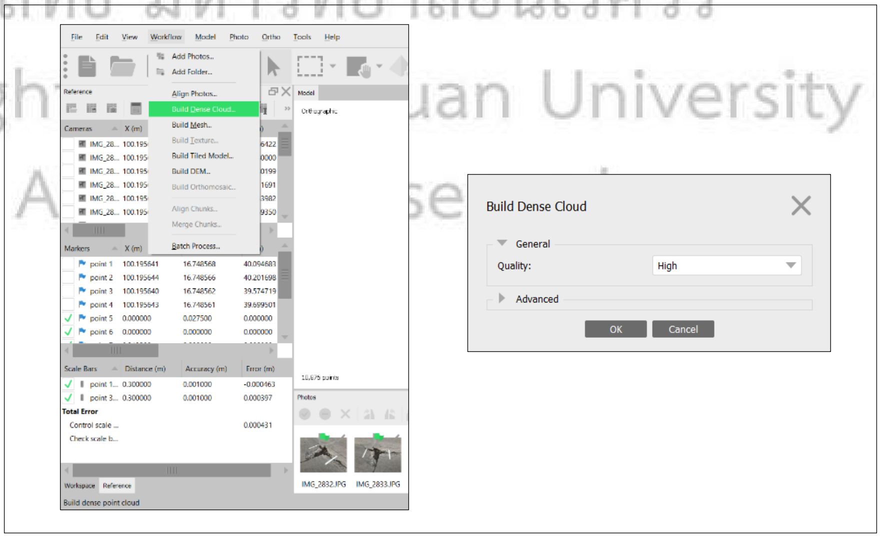
12. ทำการจัดเรียงรูปภาพ หรือ Align Photos ใหม่อีกครั้ง ซึ่งในครั้งนี้จะได้ผลของ Tie Point ที่ถูกต้องตามแนวแกน



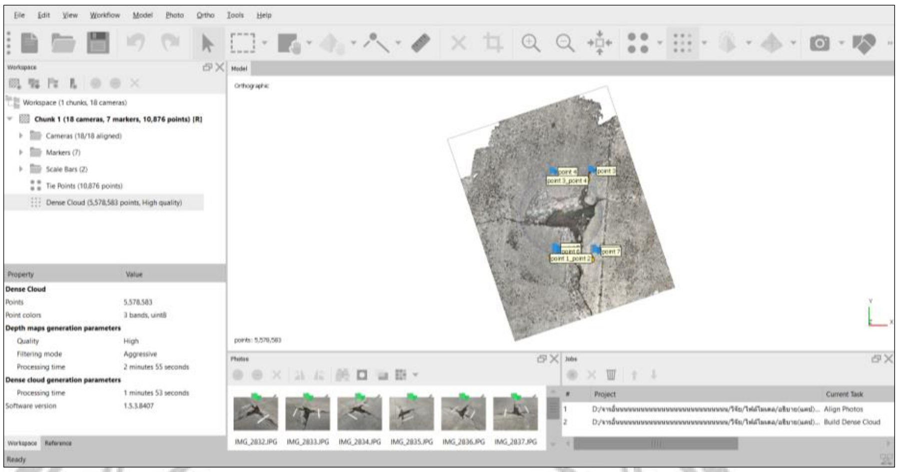
(ก) ก่อนทำการ Align Photos อีกครั้ง (ข) หลังทำการ Align Photos อีกครั้ง

ภาพที่ 3.22 Align Photos ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้แบบจำลองอยู่ในระนาบที่ถูกต้อง

13. หลังจากนั้นทำการ Build Dense Cloud ไปที่ Workflow เลือก Build Dense Cloud จะมีหน้าต่าง Build Dense Cloud ขึ้นมา ปรับค่าตามความต้องการ แล้วคลิก ok

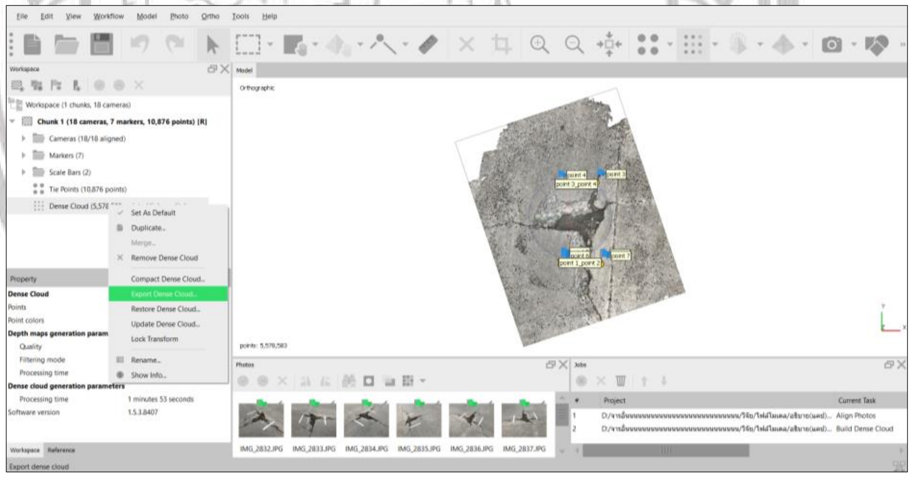


ภาพที่ 3.23 การ Build Dense Cloud



ภาพที่ 3.24 ผลการ Build Dense Cloud

14. ทำการ Export Point Cloud เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



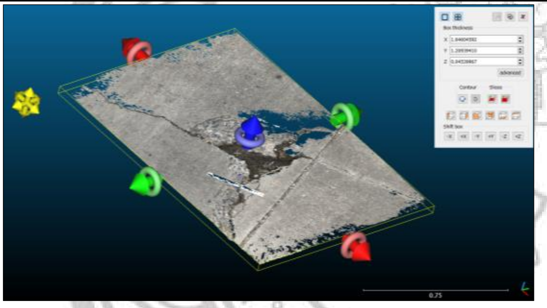
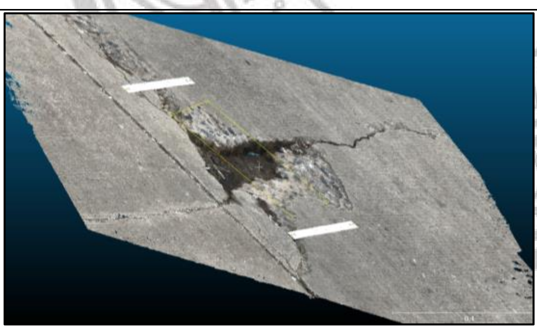
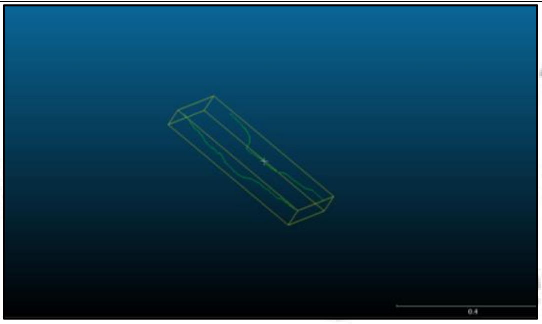
ภาพที่ 3.25 Export Point Cloud เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลุมสามมิติที่ทำการประมวลผลแล้ว ทำให้สามารถมองเห็นภาพของหลุมได้ง่ายกว่าการถ่ายรูปในแนวสองมิติ การวิเคราะห์ผลมีการใช้โปรแกรมด้วยกันสองโปรแกรม ได้แก่ Agisoft PhotoScan และ Cloud Compare

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

เนื่องจาก Agisoft สามารถวิเคราะห์หาความกว้างของหลุมได้เพียงอย่างเดียว จึงใช้ Cloud Compare ควบคู่ไปด้วย ซึ่งใช้สำหรับการหาค่าความลึกของหลุม

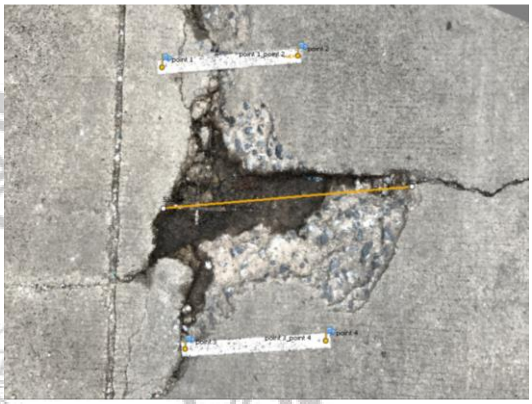
	(ก) การวัดความลึกของแบบจำลองหลุมบนพื้นถนน
	(ข) การตีเส้นที่ต้องการทราบความลึกในแบบจำลอง
	(ค) ลักษณะความลึกของหลุม

ภาพที่ 3.26 การวิเคราะห์ความลึกของแบบจำลองหลุมบนพื้นถนน

3.6 การประเมินความถูกต้อง

การประเมินความถูกต้องในแนวราบจากการวัดด้วยเทปวัดระยะในพื้นที่จริง และการวัดจากแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan

(ก) การวัดด้วยเทปวัดระยะในพื้นที่จริง

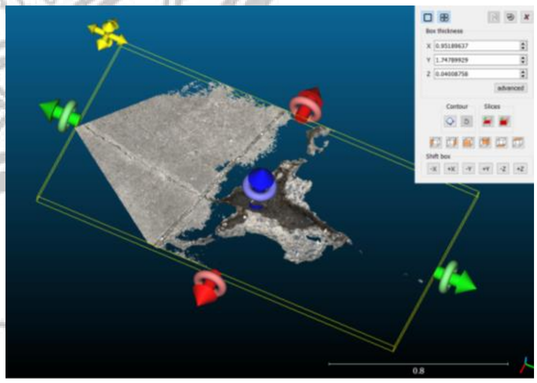


(ข) การวัดจากแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan

ภาพที่ 3.27 การประเมินความถูกต้องในแนวราบ

การประเมินความถูกต้องในแนวลึกจากการวัดด้วยเทปวัดระยะในพื้นที่จริง และการวัดจากแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Cloud Compare

(ก) การวัดด้วยเทปวัดระยะในพื้นที่จริง



(ข) การวัดจากแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Cloud Compare

ภาพที่ 3.28 การประเมินความถูกต้องในแนวลึก

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ทั้ง 5 หลุมดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1

หลุมบริเวณแยกคณะสังคม มหาวิทยาลัยนเรศวร จากการเก็บข้อมูลหลุมมีการใช้จำนวนรูปภาพทั้งหมด 18 รูป

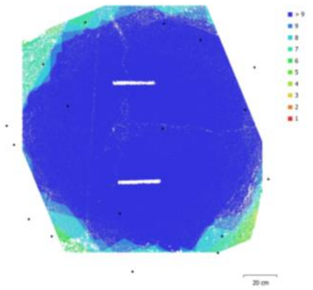
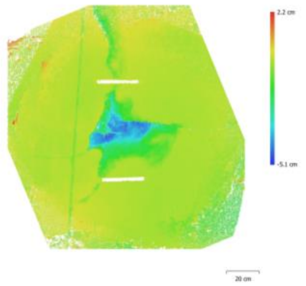
ภาพที่ 4.1 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 1

โดยวิธีการดำเนินการดังนี้

1. ทำการตรวจสอบรูปภาพ ว่ามีความชัดเจนทุกรูป หากมีรูปภาพที่ไม่ชัดเจน ให้ทำการลบออก เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อแบบจำลองที่ได้
2. ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Agisoft PhotoScan ตามขั้นตอนการประมวลผลในบทที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

<u>ผลลัพธ์ดรูปภาพที่ 1</u>

(ก) ผลลัพธ์ Point Cloud	 (ข) ตำแหน่งและการซ้อนทับของภาพ	 (ค) แบบจำลองความสูง DEM

ภาพที่ 4.2 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 1

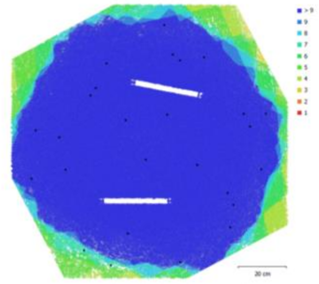
กรณีที่ 2

หลุมบริเวณหน้าซอยหอสมุดหลังคณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร จากการเก็บข้อมูลหลุมมีการใช้จำนวนรูปภาพทั้งหมด 26 รูป

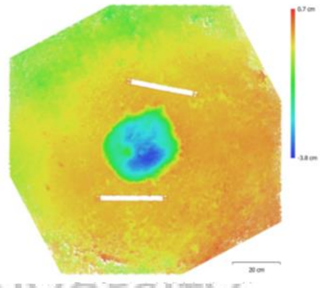
ภาพที่ 4.3 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 2

<u>ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 2</u>

(ก) ผลลัพธ์ Point Cloud



(ข) ตำแหน่งและการซ้อนทับของภาพ



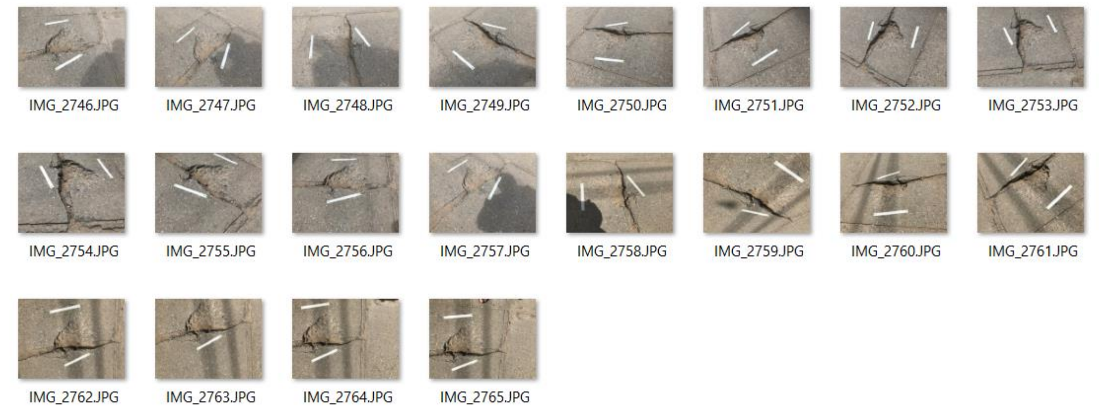
(ค) แบบจำลองความสูง DEM

ภาพที่ 4.4 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 2

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

กรณีที่ 3

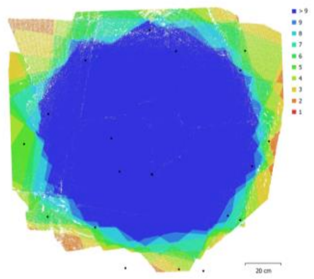
หลุมบริเวณหน้าตลาดประตู 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร จากการเก็บข้อมูลหลุมมีการใช้จำนวนรูปภาพทั้งหมด 20 รูป



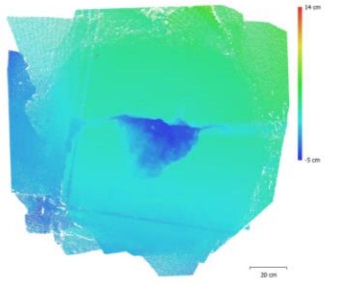
ภาพที่ 4.5 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 3

<u>ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 3</u>

(ก) ผลลัพธ์ Point Cloud



(ข) ตำแหน่งและการซ้อนทับของภาพ



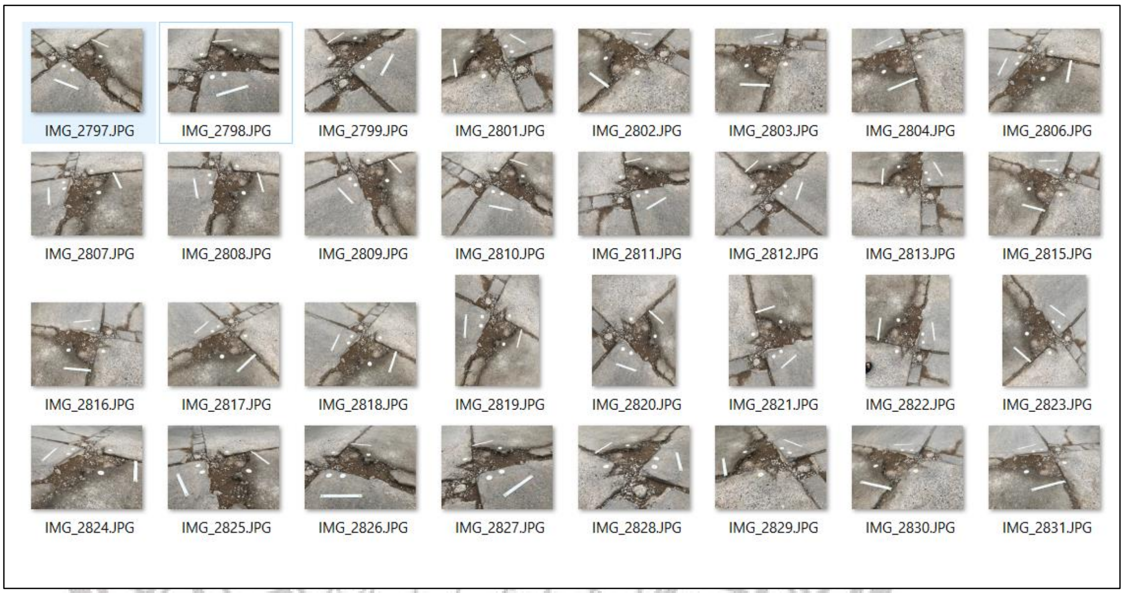
(ค) แบบจำลองความสูง DEM

ภาพที่ 4.6 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

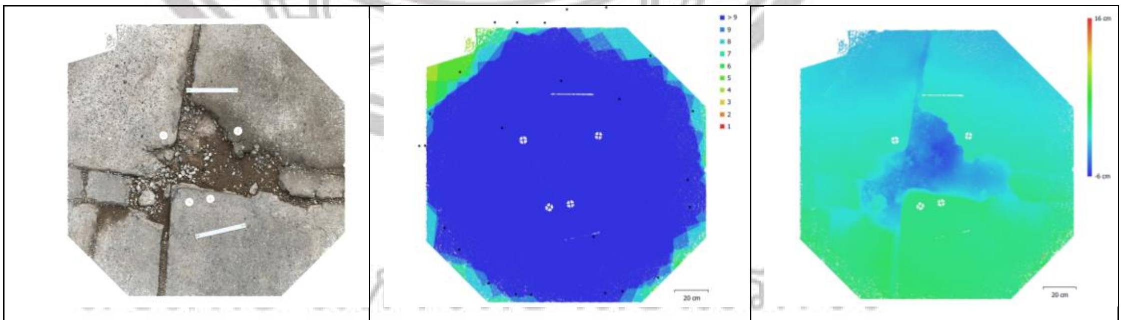
กรณีที่ 4

หลุมบริเวณประตู 5 ตรงข้าม backyard มหาวิทยาลัยนเรศวร จากการเก็บข้อมูลหลุมมีการใช้จำนวนรูปภาพทั้งหมด 32 รูป



ภาพที่ 4.7 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 4

<u>ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 4</u>



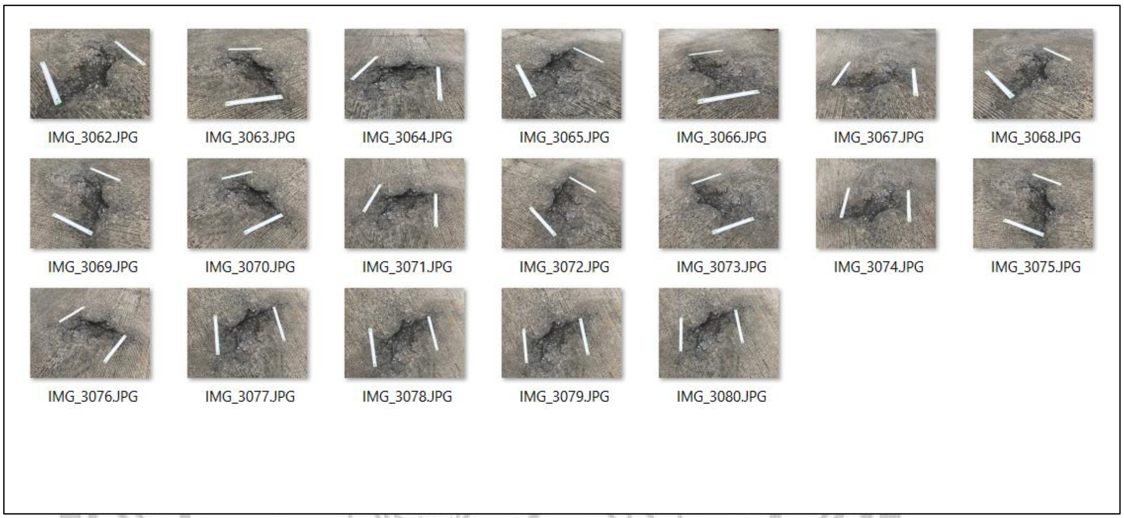
(ก) ผลลัพธ์ Point Cloud (ข) ตำแหน่งและการซ้อนทับของภาพ (ค) แบบจำลองความสูง DEM

ภาพที่ 4.8 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 4

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

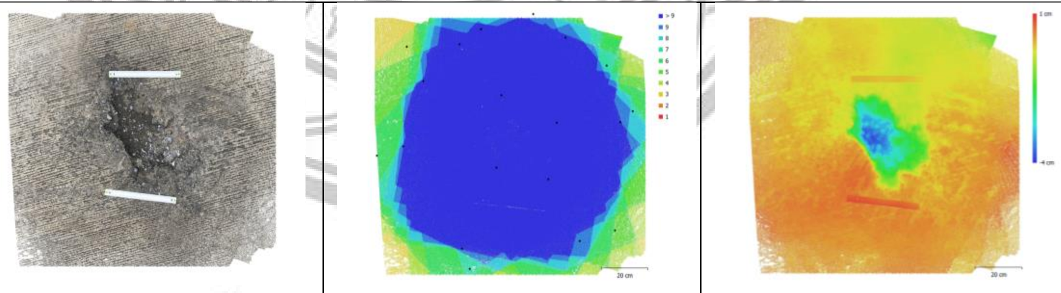
กรณีที่ 5

หลุมบริเวณโครงการแสงพรหมแลนด์ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร จากการเก็บข้อมูลหลุมมีการใช้จำนวนรูปภาพทั้งหมด 19 รูป



ภาพที่ 4.9 จำนวนภาพที่ใช้ในกรณีที่ 5

<u>ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 5</u>



(ก) ผลลัพธ์ Point Cloud | (ข) ตำแหน่งและการซ้อนทับของภาพ | (ค) แบบจำลองความสูง DEM

ภาพที่ 4.10 ผลลัพธ์ของชุดรูปภาพที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

และจากการสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ของทั้ง 5 ตัวอย่างหลุม สามารถแสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลดังใน**ตารางที่ 1**

ตาราง 1 สรุปผลการคำนวณการรังวัดด้วยภาพถ่าย

Dataset	Cameras (Photos)	Tip Points (Points)	RMS reprojection error	Max reprojection error	Effective overlap	Point Cloud (Points)
1	18	13,658 of 14,686	0.387505 (1.27022 pix)	1.1842 (42.9339 pix)	2.24009	5,219,396
2	26	28,422 of 30,652	0.367482 (1.133 pix)	1.11132 (23.0012 pix)	3.24031	6,034,967
3	20	21,801 of 27,287	0.701242 (1.21319 pix)	2.17847 (17.8416 pix)	2.57515	7,321,204
4	32	24,069 of 25,462	0.411991 (1.80851 pix)	1.24056 (31.6311 pix)	2.64304	6,718,394
5	19	19,824 of 20,715	0.473811 (0.806377 pix)	1.42566 (12.3026 pix)	2.80652	5,910,246

จากข้อมูลในตาราง กรณีที่ 1 มีจำนวนรูปภาพที่ใช้อยู่ที่ 18 รูปภาพ ซึ่งจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan ในขั้นตอนการจัดเรียงรูปภาพ (Align Photos) ทำให้เกิดจำนวน Tip Points อยู่ที่ 14,686 Points แต่จากการปรับแก้และกำหนดจุดควบคุมภาพก่อนทำการ Build Dense Cloud ทำให้มี Tip Points บางส่วนที่ไม่จำเป็นลดหายไป จาก 14,686 Points กลายเป็น 13,658 Points เมื่อทำการ Build Dense Cloud เพื่อให้ได้แบบจำลอง จำนวน Point Cloud ที่ปรากฏทั้งหมดของแบบจำลองนี้อยู่ที่ 5,219,396 Points ซึ่งมีการสร้างแบบจำลองในระดับ High เท่านั้น ส่วนค่า RMSE ของแบบจำลองในกรณีที่ 1 อยู่ที่ 0.387505 ส่งผลต่อการแสดงผลบนหน้าจอเท่ากับ 1.27022 Pixels ค่า Max error อยู่ที่ 1.1842 และ จุดที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพ หรือ Effective overlap อยู่ที่ประมาณ 2.24 ภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

นอกจากนี้การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของทั้ง 5 ตัวอย่างหลุม เมื่อเทียบกับการวัดขนาดโดยตรงด้วยเทปวัดระยะ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2** และ **3**

ตาราง 2 การประเมินความถูกต้องของความกว้างจากการวัดระยะในพื้นที่จริงเทียบกับการวัดจากแบบจำลองสามมิติทั้ง 5 หลุม

	หลุมที่ 1	หลุมที่ 2	หลุมที่ 3	หลุมที่ 4	หลุมที่ 5
ความยาวที่วัดในพื้นที่จริง (cm)	53.30	33.00	49.50	50.00	48.00
ความยาวจากแบบจำลอง (cm)	53.10	33.10	49.70	48.3	48.70
Error (cm)	0.20	0.10	0.20	1.7	0.70
Mean (cm)	0.58				
RMSE (cm)	0.83				

จากการเปรียบเทียบผลจากการวัดความถูกต้องในแนวความกว้างในพื้นที่จริงด้วยเทปวัดระยะกับแบบจำลองสามมิติพบว่า มีค่า Mean อยู่ที่ 0.58 เซนติเมตร จากการสังเกตผลจากการวัดผลที่ 4 มีค่า Error อยู่ที่ 1.7 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าผลอื่น ๆ ผลเกิดจากในการทดสอบการวัดจริง ตำแหน่งในการวัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน เพราะมีรถที่สัญจรไปมาทำให้จุดที่ทำการทดสอบการวัดเกิดการเคลื่อนตัวเล็กน้อย แต่เมื่อทำการหาค่า RMSE พบว่าค่าที่ได้อยู่ที่ 0.83 เซนติเมตร ซึ่งยังเป็นผลที่สามารถยอมรับได้

ตาราง 3 การประเมินความถูกต้องของความลึกจากการวัดระยะในพื้นที่จริงเทียบกับการวัดจากแบบจำลองสามมิติทั้ง 5 หลุม

	หลุมที่ 1	หลุมที่ 2	หลุมที่ 3	หลุมที่ 4	หลุมที่ 5
ความลึกที่วัดในพื้นที่จริง (cm)	4.20	4.40	4.70	7.80	3.80
ความลึกจากแบบจำลอง (cm)	4.34	3.6	4.98	6.97	3.71
Error (cm)	0.14	0.8	0.28	0.83	0.09
Mean (cm)	0.43				
RMSE (cm)	0.54				

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

จากการเปรียบเทียบผลจากการวัดความถูกต้องในแนวความลึกในพื้นที่จริงด้วยเทปวัดระยะกับแบบจำลองสามมิติพบว่า มีค่า Mean อยู่ที่ 0.43 เซนติเมตร จากการสังเกตผลจากการวัดผลที่ 4 ยังมีค่า Error สูงกว่าแบบจำลองอื่น ๆ อยู่ มีค่าอยู่ที่ 0.83 ทำให้ทราบว่า จากการเก็บข้อมูลไม่ควรทำให้ Scale Bar เคลื่อนตัว เนื่องจากทำให้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ผลลัพธ์ของค่า RMSE มีค่าอยู่ที่ 0.54 เซนติเมตร ซึ่งยังเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ มาใช้กับการรางงานปัญหาตามหลักแนวคิดภูมิศาสตร์อาสาสมัคร หรือ VGI เนื่องจากหลุมบนพื้นถนนก็สามารถทำให้อุบัติเหตุได้ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลภาพถ่ายบริเวณถนนในมหาวิทยาลัยนเรศวรและถนนโดยรอบทั้งหมด 5 สถานที่ ดังนี้ 1.)บริเวณหลุมหน้าทางเข้าคณะสังคมศาสตร์ 2.)ทางเข้าหอสมุดหลังคณะเกษตรศาสตร์ 3.)หน้าตลาดมอประตู 5 4.) ตรงข้าม backyard ประตู5 และ 5.) บริเวณโครงการแสงพรหมแลนด์2 จากนั้นนำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft PhotoScan เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ และทดสอบแบบจำลองว่ามีความคลาดเคลื่อนมากน้องเพียงใด ซึ่งผลที่ได้มีค่า RMSE อยู่ที่ประมาณ 0.47 จากนั้นออกแบบระบบในส่งผ่านข้อมูลรูปภาพจากอาสาสมัครไปยังหน่วงงานโดยการสร้างเว็ปไซต์ ซึ่งในเว็ปไซต์ยังมีการอธิบายขั้นตอนในการเก็บข้อมูลภาพเพื่อให้อาสาสมัครได้อ่านทำความเข้าใจก่อนการเก็บข้อมูล ตัวกลางในการรองรับภาพจะใช้ Google Drive และอาสาสมัครสามารถตรวจสอบข้อมูลการรางงานได้จากแผนที่บนเว็ปไซต์จาก Google My Map ทำให้ทราบข้อมูลของหลุมว่ามีการรายงานปัญหาเข้ามาหรือไม่ เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล

5.2 อภิปราย

จากผลการทดสอบแบบจำลองสามมิติ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองน้อยกว่าระดับเซนติเมตรทำให้มันใจได้ว่าสามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้จริง ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำแนวคิดภูมิศาสตร์อาสาสมัคร กับการถ่ายภาพระยะใกล้เพื่อใช้ในการรายงานปัญหามาใช้ร่วมกันได้ ซึ่งในงานนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Quan Li et al. (2016) ที่ว่าการใช้กล้องถ่ายรูปแบบ non-metric ซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan สามารถสร้าง Point Cloud ของพื้นที่ที่ศึกษาได้อย่างรวดเร็วและยังสามารถสร้างแบบจำลองความสูง (DEM) ได้อีกด้วย อีกทั้งแบบจำลองสามมิติที่ได้มีความแม่นยำสูงและค่าใช้จ่ายที่ต่ำ ในส่วนของเทคนิคและวิธีการก็มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kenarsari (2017) ในเรื่อง Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry. ที่นำเทคนิคการถ่ายภาพระยะใกล้มาใช้ร่วมกับการเกษตร โดยการสร้างแบบจำลองสามมิติของรอยล้อรถแทรกเตอร์แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความลึกของรอยยาง ซึ่งการกดทับของรอยยางนี้จะมีผลกับการเจริญเติบโตของพืช พบว่าสภาพของแสงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เช่น ดินดำจะมีการสะท้อนแสงที่น้อยกว่าดินทราย เป็นต้น และที่สำคัญอีกอย่างการถ่ายภาพควรลดเงาที่เกิดขึ้นในภาพให้มากที่สุดเพราะส่วนใหญ่มักจะส่งผลต่อความถูกต้องของแบบจำลอง จากงานของ โสธร วงศ์ปราโมทย์ (2556) ทำให้ได้รู้ถึงเทคนิคที่ใช้ในการซ่อมแซมความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน ดังนี้ การวัดปริมาณความเสียหายประเภทหลุมบนพื้นถนน จะวัดพื้นที่ความเสียหายโดยวัดความกว้างและความยาว ออกจากพื้นที่เสียหายจากขอบด้านละ 30 เซนติเมตร หากมีหลุมบนพื้นถนนเป็นกลุ่มให้ใช้วิธีการวัดพื้นที่ความเสียหายรวม โดยการวัดความกว้างและความยาวออกจากพื้นที่ความเสียหายรวมจากพื้นที่เสียหายด้านละ 30 เซนติเมตร จากข้อมูลนี้ทำให้แบบจำลองสามารถที่จะวัดขนาดที่จะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ซ่อมแซม ของหลุมบนพื้นถนนได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการจะได้มาซึ่งข้อมูลรูปภาพที่รวดเร็วจำเป็นต้องมีการออกแบบระบบ ทำให้เกิดแนวคิดในการใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์อาสาสมัคร (VGI) ซึ่งแนวคิดนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Manouchehri & Moghaddam (2017) ที่มีการใช้ OpenStreetMap เป็นตัวกลางในการรวบรวมข้อมูล แต่ในงานวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ดัดแปลงโดยใช้ Google Drive เป็นตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลจากอาสาสมัครมายังหน่อยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลรูปภาพที่ได้จะมีข้อมูลระบบพิกัดอยู่ หากแนวทางในการรายงานนี้ได้รับความนิยม จะสามารถทำให้ได้รับข้อมูลเป็นจำนวนมากและครอบคลุมในเวลาที่ไม่นาน เนื่องจากความเคยชินในพื้นที่อยู่อาศัยและจำนวนคนที่มากกว่าหน่วยงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ระบบการรายงานปัญหาควรออกแบบให้อาสาสมัครใช้งานง่าย ในงานนี้มีการออกแบบระบบการรายงานผ่านเว็ปไซต์เท่านั้น หากออกแบบในรู้ของแอพพลิเคชั่นจะทำให้มีความง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น
2. ระบบการรายงานควรมีการลงชื่อเข้าใช้หรือสมัครสมาชิก เพื่อเพิ่มความหน้าเชื่อถือของข้อมูลภาพถ่ายที่อาสาสมัครทำการรายงานปัญหาเข้ามายังระบบ

5.4 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1. แสงสะท้อนจาก Scale Bar

ในการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan ให้มีขนาดที่ถูกต้อง จำเป็นต้องมีการกำหนดระยะของ Scale Bar แสงสะท้อนจาก Scale Bar ทำให้การกำหนดระยะไม่สามารถกำหนดได้อย่างถูกต้อง ผลที่ตามมาจะทำให้แบบจำลองสามมิติมีความคลาดเคลื่อนเพิ่มากขึ้น

2. หลุมที่ทำการเก็บข้อมูลมีการซ่อมแซม

ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยต้องการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากหลุมเดิมอีกครั้งแต่หลุมบนถนนได้มีการซ่อมแซมไปแล้ว ทำให้ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลหลุมเดิมได้ จึงต้องทำการเปลี่ยนหลุมที่จะทำการศึกษาใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3. น้ำท่วมขัง

การเก็บข้อมูลในบางครั้ง จำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพอากาศ ปัญหาที่พบเกิดจากฝนตกทำให้มีน้ำท่วมขังจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลภาพได้ หากทำการเก็บข้อมูลขนาดที่ยังมีนำท่วมขังอยู่ จะทำให้การสร้างแบบจำลองสามมิติไม่ได้ความลึกของหลุมที่แท้จริง

4. ยานพาหนะ

ยานพาหนะที่สัญจรไปมาทำให้มีความยากในการเก็บข้อมูล เนื่องจากขนาดเก็บข้อมูลมียานพาหนะเคลื่อนผ่านทำให้ Scale Bar มีการขยับตัวเล็กน้อย ซึ่งผลที่เกิดขึ้นทำให้แบบจำลองสามมิติที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ

5. เงา

จากการประมวลผลทำให้ทราบว่า เงาที่พาดผ่านหลุมบนพื้นถนน หรือเหงาที่เกิดจากตัวผู้เก็บข้อมูลเอง มีส่วนทำให้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย เนื่องจากบริเวณที่เป็นเงาจะมีการสร้าง Tie Point มากกว่าบริเวณอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

จตุรงค์ เจริญผล. (2555). พฤติกรรมของผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โสธร วงศ์ปราโมทย์. (2556). กรณีศึกษาการสำรวจสภาพความชารุดเสียหายของผิวถนนในพื้นที่. กลุ่มวิชาการก่อสร้างและงานโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยบูรพา

Kenarsari, A. E., Vitton, S. J., & Beard, J. E. (2017). Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry. *Journal of Terramechanics*, *74*, 1-11.

Manouchehri, M., & Moghaddam, M. K. (2017). VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION (VGI) AND ENVIRONMENTAL MONITORING, A NEW APPROACH IN DEVELOPING COUNTRIES. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, *42*.

quan Li, X., an Chen, Z., ting Zhang, L., & Jia, D. (2016). Construction and Accuracy Test of a 3D Model of Non-Metric Camera Images Using Agisoft PhotoScan. *Procedia Environmental Sciences*, *36*, 184-190.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ลงพื้นที่เก็บข้อมูล

ลงพื้นที่เก็บข้อมูล

ลงพื้นที่เก็บข้อมูล

ลิขสิท
Copyright rsity
A

ลงพื้นที่เก็บข้อมูล

สถานที่เก็บข้อมูล บริเวณหลุมหน้าทางเข้าคณะสังคมศาสตร์

สถานที่เก็บข้อมูล บริเวณทางเข้าหอสมุดหลังคณะเกษตรศาสตร์

ลิขสิท
Copyright rsity
A

สถานที่เก็บข้อมูล บริเวณหน้าตลาดมอประตู 5

สถานที่เก็บข้อมูล บริเวณ ตรงข้าม backyard ประตู 5

สถานที่เก็บข้อมูล บริเวณโครงการแสงพรหมแลนด์2

ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล สมบูรณ์ ภูครองนาค

วัน เดือน ปี เกิด 12 ธันวาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 430 หมู่ 1 ตำบลยางสาว อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 67130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559 – ปัจจุบัน วท.บ. (ภูมิศาสตร์) เกรดเฉลี่ย 2.42

พ.ศ. 2557 – 2559 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ตำบลท่าโรง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 67130

พ.ศ. 2552 – 2557 ระดับประถมศึกษาตอนปลาย – มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสัมพันธ์วิทยา ตำบลท่าโรง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 67130

กิจกรรมที่เข้าร่วม

1) เป็นสตาฟกลางขององค์การนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ทำหน้าที่ในฝ่ายสวัสดิการ ในปีการศึกษา 2560 และปีการศึกษา 2561
2) จัดทำแผนที่ภาษีโรงเรือนและที่ดิน สำรวจและนำเข้าข้อมูลประเภทอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ภายใต้บริษัท กราฟเมติกซ์ จำกัด
3) จำแนกประเภทของอาคาร และสิ่งปลูกสร้าง สำหรับจัดทำแผนที่ภาษีโรงเรือน บริษัท แมพพ้อยท์เอเชีย (ประเทศไทย)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

รางวัลที่ได้รับ

1) รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 โครงการประกวดดนตรีโฟล์คซอง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปีการศึกษา 2561