

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากการสำรวจ ด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรมในการสร้างแบบจำลองสิ่งปลูกสร้าง

AN APPLICATION OF AERIAL PHOTOS USING THE UAV FOR MODELING OF ENGINEERING STRUCTURE

รจนา คุณพล¹ พรนราณ์ บุญราศรี² สมใจ หมื่นจร³และ ปวีตร ภูริระวณิชย์กุล⁴ จิรวัดณ์ จันทองพูน⁵

^{1,2,3,4,5} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

*Corresponding author : rodjana27@yahoo.com

บทคัดย่อ

การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น การทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และแบบรูปด้านหน้าเฉพาะส่วนของอุโบสถวัดคูเต่า ตำบลแม่ทอม อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา โดยการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งผลที่ได้จะอยู่ในรูปของการประเมินค่าความถูกต้องแบบจำลอง 3 มิติ เหตุผลที่เลือกพื้นที่ศึกษาคูเต่า เนื่องจากต้องการสร้างแบบจำลองสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการบูรณะซ่อมแซมโบราณสถานได้ โดยการประเมินค่าความถูกต้องแบบจำลอง 3 มิติ จะนำมาเปรียบเทียบกับระยะที่วัดด้วยกล้อง total station ผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์งานก่อสร้างทางวิศวกรรม

คำสำคัญ: วัดคูเต่า, การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ, แบบจำลอง 3 มิติ

Abstract

The unmanned aerial vehicle (UAV) surveying for engineering applications can be applied to many types of work such as aerial photos mapping etc. The objective of this research is to evaluate the 3D construction models and the specific front images of Khu Tao Temple, Mae Tom Sub-district, Bang Klam District, Songkhla Province by conducting the UAV survey and showing in form of high accuracy 3D model evaluation. The reason for selection the Khu Tao temple because this temple is planned to renovate following its own ancient architecture. By evaluation of accuracy results of the 3D modeling, it showed that the model had high precision technique for reconstruction ancient temple compared to the ordinary distance measuring with the total station telescope. Moreover, the mentioned results were in the criteria of construction engineering.

Keywords: Khu Tao temple, UAV survey, 3D modeling

1. คำนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

วิวัฒนาการและการตลาดของอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) เติบโตเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความง่ายในการบังคับใช้งาน ความสามารถในการบังคับควบคุมการบินด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อน มีการบันทึกภาพโดยใช้กล้องดิจิทัลที่สามารถบันทึกภาพระยะไกลได้ ซึ่งภาพดิจิทัลที่บันทึกได้จะมีความละเอียดสูง และมีหน่วยความจำที่รองรับภาพได้เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีการนำ UAV มาผลิตแบบก่อสร้างหรือแผนที่ ซึ่งสามารถทำได้สะดวกเร็วและมีความถูกต้อง เสมือนมองเห็นได้ในสภาพเป็นจริง คือ แสดงความลึกสูงต่ำสูง ในรูปแบบภาพ 3 มิติ ซึ่งเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการสื่อความหมายมากขึ้น [1] ปัจจุบันหน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐบาลและเอกชนได้หันมาใช้ภาพถ่ายทางอากาศในการสำรวจกันอย่างแพร่หลายเพื่อสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนใช้ในการวางแผนงานต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง UAV จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ เช่นงานผลิตแผนที่ งานสร้างแบบจำลองสถาปัตยกรรมโบราณสถาน เป็นต้น ดังนั้นคณะวิจัยทั้งจึงใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจาก UAV เป็นข้อมูลมาศึกษาการสร้างแบบจำลองสถาปัตยกรรมไทยในพื้นที่อุโบสถวัดคูเต่า ตำบลแม่ทอม อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา เริ่มก่อสร้างเมื่อราวพุทธศตวรรษที่ 24-25 สมัยรัตนโกสินทร์ ซึ่งอุโบสถก่ออิฐถือปูนก่อปิดทับทั้งหลัง มีทางเข้าอยู่ทางด้านหน้าและด้านหลัง โครงหลังคาชั้นเดียวต่อด้วยปีกนกประดับด้วยปูนปั้นรูปครุฑแบก หน้าบันตกแต่งด้วยลายปูนปั้นรูปพระอินทร์ทรงช้างเอราวัณ และรูปพระพรหมทรงหงส์มีลายกนกและรูปสัตว์ประกอบที่ผนังด้านข้าง และข้างบันไดมีซุ้มประดิษฐานพระพุทธรูปนั่ง ระหว่างฐานกับช่องหน้าต่างประดับด้วยปูนปั้นรูปสิงห์หมอบ รูปพระพุทธรูป และลายเครือเถา ภายในอุโบสถมีภาพจิตรกรรมฝาผนังเขียนด้วยสีฝุ่นฝีมือช่างพื้นเมืองที่มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์ สะท้อนถึงคตินิยมและเทคนิควิธีของช่างซึ่งหาได้ยากจากแหล่งอื่น ๆ เนื้อเรื่องที่เขียนเป็นเรื่องแพร่หลายในวัฒนธรรมพื้นบ้านของภาคใต้ เช่น เวสสันดรชาดก ภาพเทพชุมนุม [2] เพื่อใช้เป็นแบบจำลอง

ในการบูรณะ ซ่อมแซมและทำนุบำรุงอุโบสถให้อยู่ในสภาพที่เหมือนจริง เพื่อช่วยอนุรักษ์ศิลปะที่ทรงคุณค่าไม่ให้สูญหายไปและให้อยู่คู่บ้านคู่มือง เพื่อเป็นที่ยึดเหนี่ยวจิตใจของคนรุ่นหลังได้เห็นถึงความงดงามและเพื่อเป็น เครื่องยึดเหนี่ยวจิตใจ สมกับที่ได้รับรางวัลเพื่อการอนุรักษ์มรดกทาง วัฒนธรรมภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกในปีพุทธศักราช 2554 จากองค์การศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (ยูเนสโก)

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติ บริเวณอุโบสถ และสร้างแบบรูปด้าน เฉพาะส่วนหน้าบันของอุโบสถให้ได้มาตรฐานที่ถูกต้อง จากภาพถ่าย UAV

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษารูปแบบทางสถาปัตยกรรมเฉพาะบริเวณอุโบสถ วัดคู เต่า ตำบลแม่athom อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา โดยสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ครอบคลุมบริเวณอุโบสถ และสร้างแบบรูปด้านเฉพาะส่วนหน้าบันของ อุโบสถ ดังรูปที่ 1



มุมมองด้านบน



หน้าบัน

รูปที่ 1 อุโบสถวัดคูเต่า

1.3.2 ใช้ภาพถ่ายที่ได้จาก UAV DJI Phantom 4 Advanced ประเภท UAVควบคุมระยะไกล ขนาดตัวเครื่อง (ไม่รวมใบพัด) 350 × 350 มิลลิเมตร และตัวรีโมทคอนโทรลขนาด 100 วัตต์

1.4 นิยามศัพท์

1.4.1 แบบจำลอง (Model) หมายถึง สิ่งที่มีมนุษย์ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ แทนของจริง เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา และสามารถทำความเข้าใจ การทำงานของระบบจริงได้ง่ายกว่าศึกษาจากระบบจริงโดยตรง [3]

1.4.2 แบบรูปด้าน (Elevation) หมายถึง ภาพ 2 มิติ ที่เรา มองเห็นวัตถุจากด้านข้าง ด้านหน้า ด้านหลัง จะเห็นว่ามีความหลายด้าน ดังนั้น รูปด้านจึงต้องมีการอ้างอิงว่าเป็นรูปด้านด้านใด [4]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจาก ภายนอก (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) UAV หรืออากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบิน จากภายนอกหรือเรียกสั้น ๆ ว่า โดรน (Drone) เป็นอากาศยานที่ไร้คนขับ หรือนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง แต่สามารถควบคุมได้ มีรูปร่าง ขนาด รูปแบบ และเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันออกไป เป็นอากาศยานที่ควบคุมจาก ระยะไกล ใช้การควบคุมอัตโนมัติซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การควบคุม

อัตโนมัติจากระยะไกลและการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบการบิน ด้วยตนเอง ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีระบบที่ซับซ้อนแล้วมี การติดตั้งไว้ในอากาศยาน และในส่วนของการบินเส้นทางบินนั้น จะต้องมีการบังคับจากศูนย์ควบคุมระยะไกล รวมถึงมีการติดตั้งโปรแกรม ไว้ให้บินไปตามเส้นทางที่กำหนด และวินิจฉัยการเดินทางด้วยคอมพิวเตอร์ บนอากาศยาน โดย UAV ทั่วไปจะคำนึงถึงหลัก 5 ประการ คือ ระยะเวลา บิน ความเร็ว รัศมีทำการ ความสูง และน้ำหนักรวม UAV ถูกนำมาใช้ ประโยชน์และมีรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย เช่น ตรวจสอบ จับ องค์กรประกอบในอากาศ ใช้ในการขนส่ง ใช้ในการโจมตีทางอากาศ ใช้ในการ ถ่ายภาพมุมสูง ดูสภาพจราจร ช่วยเหลือภัยพิบัติต่าง ๆ โดยในประเทศไทย ก็เริ่มมีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการนำ UAV มาใช้เพื่อ บันทึกรูปภาพแต่ละครั้งอาจต้องคำนึงถึงสิ่งที่จะส่งผลการปฏิบัติงาน ได้แก่ สภาพทางภูมิศาสตร์ เช่น พื้นที่ที่ต้องการบันทึกภาพ และสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ สภาพอากาศในวันเวลาที่ขี้นบิน เป็นต้น [5] UAV แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1.1 UAV ปีกคงที่ (Fixed Wing UAV) ซึ่งมีวาวเป็นต้นแบบ

ในการออกแบบ นิยมใช้ในด้านงานทางการทหาร การติดตามเป้าหมาย ระยะไกล การสำรวจที่ต้องใช้ความละเอียดสูงและทำการบินในพื้นที่กว้าง มีความสูงบินตั้งแต่ 600 เมตร ถึง 15,200 เมตร และระยะทำการบินตั้งแต่ 2 กิโลเมตร ถึง 200 กิโลเมตร [6] การบินในอากาศของ Fixed Wing UAV จะมีแรงหลัก ๆ 4 แรงเกิดขึ้นเสมอ ได้แก่ 1) แร้งยก (Lift) ซึ่งจะเกิดแรงยก เมื่อ UAV เคลื่อนที่ผ่านอากาศด้วยความเร็วที่เหมาะสม 2) แร้งต้าน (Drag) ตัวแปรหลักของแรงต้าน คือ ขนาดและรูปร่างของ UAV และความเร็วมุม เคลื่อนที่ แร้งต้านเกิดขึ้นในขณะที่ UAV มีการเคลื่อนที่ผ่านอากาศ 3) น้ำหนัก (Weight) ของ UAV การออกแบบขนาดของปีกแบบนี้ ใช้น้ำหนัก ขณะบินหรือบรรทุกตัวแปรหลักของการเคลื่อนที่และการออกแบบปีก และ 4) แร้งขับเคลื่อน (Thrust) หรือพลัง ฤดู UAV ไปข้างหน้าซึ่งเกิดจากส่วนของ กำลังเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ ของ UAV นั้นเอง

2.1.2 UAV ปีกหมุน (Rotor Wing UAV) มีต้นแบบมาจาก

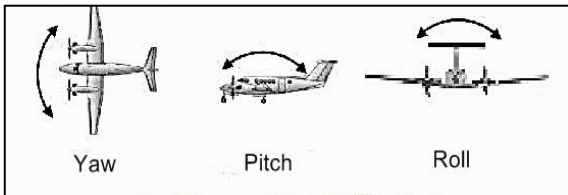
เฮลิคอปเตอร์ ใช้โรเตอร์ไปหมุนใบพัดเพื่อสร้างแรงยกให้ UAV ลอยขึ้นและ ใช้การเอียงโรเตอร์เพื่อให้โรเตอร์เป่าไปทางด้านตรงข้ามกับทิศทางที่ ต้องการให้ UAV เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ UAV ประเภท Rotor Wing นิยมใช้กันมาก เพราะมีหลายระดับราคา ตั้งแต่ต่ำไปจนราคาสูง ซึ่ง ต่างกับ UAV ประเภท Fixed Wing ที่มีราคาสูงกว่า Rotor Wing UAV ถูก ใช้อย่างแพร่หลายในด้านเชิงพาณิชย์การสำรวจ การทำแผนที่ การขนส่ง และงานด้านการทหาร และการบินเพื่อความบันเทิงทั่วไป สามารถบินใน พื้นที่จำกัด เพราะใช้พื้นที่น้อยในการขึ้นบินและลง แต่ข้อจำกัดในการใช้ งานคือมีระยะในการทำการบินที่น้อยทำให้เหมาะกับสภาพงานที่มีพื้นที่ไม่ กว้าง มีความสูงบินที่จำกัดอยู่ในระดับต่ำถึงระดับความสูงปานกลาง โดยทั่วไป จึงนิยมใช้ในการทำแผนที่ 3 มิติ หรือการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีขนาด ไม่กว้าง [7]

2.2 การบินถ่ายภาพด้วย UAV

การบินถ่ายภาพด้วย UAV เพื่อการผลิตแผนที่นั้นมีเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้ [8]

2.2.1 ความสูงบิน ความสูงบินขึ้นกับคุณลักษณะของกล้องที่ใช้ งาน ซึ่งจะสัมพันธ์กับความละเอียดจุดภาพของกล้องถ่ายภาพ (Native Resolution) และความยาวโฟกัสของเลนส์ที่ใช้ ส่วนใหญ่ใช้ความสูง 200 เมตร ถึง 500 เมตร ทั้งนี้ต้องไม่ขัดต่อข้อกำหนด และกฎหมายต่าง ๆ อีก ทั้งอยู่สูงเหนืออาคาร สิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ทำแผนที่

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงระดับของ UAV ในการบินตรง และบินระดับ มี 3 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเครื่องบินตามทิศต่างๆ [9]

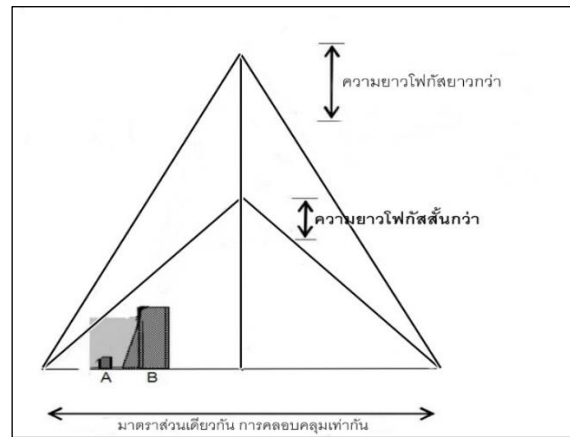
1) TILT เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับของปีก (Roll) ตามแนวแกนลำตัวเครื่องบิน ทำให้แกนของกล้องเปลี่ยนแปลงไปด้วย ไม่ตั้งฉากกับพื้นโลก ในการถ่ายภาพจึงทำให้มาตราส่วนของภาพไม่เท่ากันทั้งแผ่น หรือในการถ่ายภาพเฉียงมุมกอดของกล้องจะยกขึ้นหรือลดลงจากที่กำหนดไว้จะทำให้ภาพถ่ายเฉียงนั้นผิดจากความประสงคไป โดยค่าที่ยอมให้ได้ไม่เกิน ± 5 องศา

2) TIP เป็นลักษณะที่เครื่องบินมีการเปลี่ยนแปลงด้านขึ้น-ลงของหัวเครื่อง (Pitch) เป็นการหมุนตามแกนด้านข้าง กล่าวคือ เครื่องบินมีลักษณะหัวสูงหรือหัวต่ำกว่าทำบินตามปกติ จะมีความผิดเพี้ยนมาตราส่วนของภาพถ่ายในแผ่นเดียวกัน ไม่เท่ากันทางด้านข้างจากซ้ายมาขวา หรือจากขวามาซ้าย เกิดจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น จากกระแสลมพัดกรรโชกไม่สม่ำเสมอ แต่ส่วนใหญ่มักเกิดจากการควบคุมของนักบิน โดยค่าที่ยอมให้ได้ไม่เกิน ± 5 องศา

3) CRAB เป็นลักษณะที่เครื่องบินมีการเปลี่ยนแปลงโดยรอบแกนตั้งหรือเปลี่ยนทิศทางหัวเครื่อง (Yaw) เพื่อรักษาแนวบินทางด้านข้าง ซึ่งมีความแรงพอที่จะทำให้เครื่องบินเซออกจากแนวบินดังกล่าวมักจะกำหนดให้ไม่เกิน 3-5 องศา

2.2.3 พารามิเตอร์การบิน ในการบินถ่ายภาพค่าพารามิเตอร์ของภาพจะมีส่วนซ้อนกันของภาพทั้งสองด้าน ได้แก่ ส่วนซ้อนด้านหน้า (Overlap) $\geq 80\%$ และ ส่วนซ้อนด้านข้าง (Sidelap) $\geq 60\%$

2.2.4 ความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายภาพรูป ในงานภาพถ่ายทางอากาศ การเลือกใช้ความยาวโฟกัสที่ไม่ถูกต้องนั้น อาจส่งผลภาพที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ในรูปที่ 3 เป็นการถ่ายภาพในเขตเมืองแต่ใช้ความยาวโฟกัสสั้นทำให้ภาพที่ได้มาเกิดการบิดบังวัตถุที่ไม่สามารถเข้าถึงของแนวโฟกัสเลนส์ ดังนั้น การบินถ่ายภาพในเมืองควรใช้ความยาวโฟกัสยาวและบินสูง จึงจะได้ภาพที่มีขนาดของวัตถุที่ถูกต้อง



รูปที่ 3 การมองเห็นของกล้องที่มีความยาวโฟกัสต่างกัน [10]

2.3 ค่าพารามิเตอร์ของการประมวลผลภาพถ่าย

เพื่อการผลิตภาพที่มีคุณภาพ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องให้ความสำคัญกับการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการประมวลผล และตรวจสอบรายงานการประมวลผลให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน โดยมีขั้นขั้นตอนดังนี้ [11]

2.3.1 การจับคู่ภาพเพื่อสร้าง Tie Points เป็นขั้นตอนเริ่มต้น ตั้งแต่การคำนวณตำแหน่งของภาพ จับคู่ภาพ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และส่งผลต่อขั้นตอนการประมวลผลในขั้นต่อไปโดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การกำหนดขนาดภาพที่จะสกัดหาข้อมูลจุดสำคัญ และกำหนดจำนวนข้อมูลจุดสำคัญ เมื่อสร้าง Tie Points จะต้องตรวจสอบการประมวลผล โดยมีเกณฑ์การตรวจสอบผลการประมวลผล ดังนี้ค่าเฉลี่ย GSD ที่ประมวลผลต้องได้ไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ของแผนการบิน ขนาดพื้นที่การประมวลผลต้องไม่น้อยกว่าแผนการบินที่วางแผนจุดสำคัญในภาพต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ และภาพถ่ายที่นำไปใช้คำนวณต้องวัดสอบได้ร้อยละ 100

2.3.2 การโยกยัดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย ขั้นตอนในการปรับแก้ค่าพิกัด Tie Points ด้วยวิธี Bundle Block Adjustment นั้น กำหนดไว้ว่า ค่าความถูกต้องของการวัดจุดควบคุมภาพถ่ายบนภาพต้องไม่เกิน 2 พิกเซล และค่าความถูกต้องของ Tie Point ต้องเท่ากับ 1 พิกเซล เมื่อประมวลผลการโยกยัดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่ายจะต้องตรวจสอบการประมวลผลจากรายงานการประมวลผลให้เป็นไปตามเกณฑ์ดังนี้ จำนวนจุดควบคุมภาพถ่ายต้องครอบคลุมพื้นที่โครงการ และค่า Reprojection Error ต้องไม่เกิน 0.3 พิกเซล

2.3.3 การสร้างพอยต์คลาวด์ คือการสร้างจุดพิกัดสามมิติที่มีจำนวนมาก เพื่อให้เห็นรายละเอียดข้อมูลในการประมวลผลชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งพอยต์คลาวด์ที่สร้างขึ้นขั้นตอนนี้จะถูกนำไปประมวลผลเพื่อสร้าง Mesh Model โดยกำหนดให้ ขนาดภาพสำหรับการสร้างพอยต์คลาวด์ต้องเท่ากับ 0.5 ถึง 1 เท่าของภาพ และความหนาแน่นของจุดต้องตรงตามความต้องการในการนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งคุณภาพของพอยต์คลาวด์จะขึ้นกับคุณภาพของภาพถ่าย ดังนั้นเมื่อพบจุดที่มีพอยต์คลาวด์ผิดปกติหรือฟุ้งกระจายบางส่วนสามารถจัดจุดผิดปกติเหล่านั้นได้ทันที เพื่อใช้ในการประมวลผลขั้นต่อไป

2.3.4 การสร้าง Mesh Model เป็นขั้นตอนที่ประมวลผลสร้างข้อมูลพื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบเวกเตอร์ ที่ใช้แสดงลักษณะรูปร่างของโมเดล ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปประมวลผลสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ ซึ่งจะต้องกำหนดความละเอียดของ Mesh Model เทียบเท่าความหนาแน่นของพอยต์คลาวด์ ส่วนวิธีการเติมเต็มพื้นผิวนั้นใช้การ Interpolation

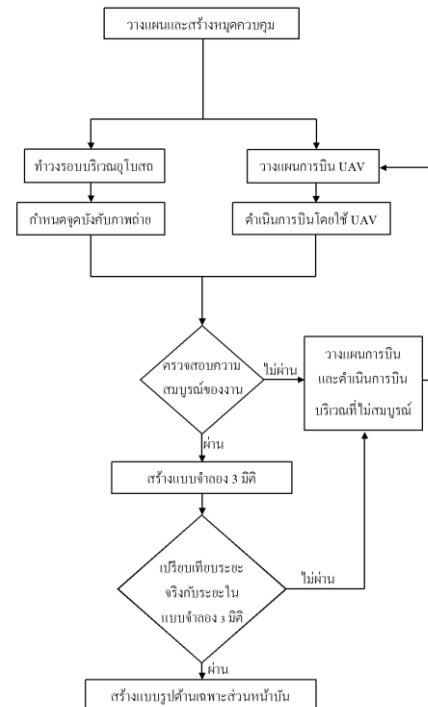
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชาญ ทูมทอง และคณะ [12] ได้ทำการวิจัยเรื่องระบบสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ UAV สำหรับการทำแผนที่ชุมชน โดยใช้ระบบการทำงานได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกันคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ซึ่งได้พัฒนา UAV ขึ้นมาเพื่อใช้ในการบริการชุมชนในการถ่ายภาพมุมสูง การสร้างแผนที่ชุมชนจากภาพถ่ายทางอากาศ และ UAV นี้เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญ และอำนวยความสะดวกในการถ่ายภาพมุมสูง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้สถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยได้ดังตัวอย่าง เช่น ใช้เป็นระบบการตรวจการลาดตระเวนรักษาความปลอดภัย นอกจากนี้ระบบยังสามารถสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถนำไปสร้างเป็นแผนที่มาตราส่วนใหญ่ได้โดยมีข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน และการปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายนั้นทำได้โดยใช้ระยะเวลาและงบประมาณน้อยกว่าการใช้เครื่องบิน

ธนรัตน์ มิตรยอดวงศ์ [13] ได้ทำการศึกษาเรื่อง เรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพพานอรามาเพราะคิดว่ากล้องถ่ายภาพทั่วไปมีข้อจำกัดที่สำคัญคือ มีมุมรับภาพแคบ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้กล้องถ่ายภาพพานอรามา ซึ่งเป็นกล้องที่สามารถถ่ายได้รอบทิศทางในการถ่ายภาพครั้งเดียว การเก็บข้อมูลจึงสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น ทำให้กล้องชนิดนี้นิยมนำมาใช้กับระบบการทำแผนที่แบบเคลื่อนที่ แต่ก่อนที่จะนำข้อมูลภาพพานอรามาที่ได้จากระบบมาใช้งานนั้น ต้องมีการปรับแก้ ซึ่งวิธีการปรับแก้ของบล็อกลำแสงเป็นวิธีที่ให้ความละเอียดถูกต้องและความเชื่อมั่นสูงสุด โดยการใช้ความสัมพันธ์ของสมการสภาวะร่วมเส้น ค่าพิกัดใน 3 มิติ การวัดจุดยังยึด และการคำนวณปรับแก้โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการรังวัดบนภาพพานอรามา และการประยุกต์ใช้ในการรังวัดจาก ภาพพานอรามาภาพเดียว สามารถหาพิกัด และวัดความสูงของวัตถุภายในภาพได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด รวมทั้งมีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับการปรับแก้ของบล็อกลำแสง เพื่อการรังวัดบนภาพพานอรามา สำหรับข้อมูลที่ได้จากระบบการทำแผนที่แบบเคลื่อนที่ ทำการคำนวณหาตำแหน่งของจุดเปิดถ่ายภาพพานอรามา และทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดของ จุดตรวจสอบที่ได้ระหว่างการทำการรังวัดภาคพื้นดินและการปรับแก้ของบล็อกลำแสง โดยกล้องถ่ายภาพพานอรามาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กล้อง Ladybug 3 ลักษณะเส้นทางที่ใช้ในการศึกษามีสองกรณีด้วยกันคือ กรณียานพาหนะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และกรณียานพาหนะเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง กรณียานพาหนะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ใช้จุดควบคุมภาพถ่ายจำนวน 15 จุด และ จุดตรวจสอบอิสระ 20 จุด จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดของจุดตรวจสอบอิสระจากการรังวัด

ภาคพื้นดินกับการคำนวณจากการปรับแก้ของบล็อกลำแสง ได้ว่า $RMSE_x = 0.038$ เมตร $RMSE_y = 0.029$ เมตร และ $RMSE_z = 0.219$ เมตร กรณียานพาหนะเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง มีจุดควบคุมภาพถ่าย 5 จุด จุดตรวจสอบอิสระทั้งหมด 10 จุด จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดของ จุดตรวจสอบอิสระ ได้ผลดังนี้ $RMSE_x = 0.024$ เมตร $RMSE_y = 0.031$ เมตร และ $RMSE_z = 0.169$ เมตร

ธราวุฒิ บุญเหลือ [14] ทำการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ เพื่อจัดทำภาพถ่ายทางอากาศสำหรับการออกแบบชุมชนเมือง ในพื้นที่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตขามเรียง การศึกษาวิจัยนี้จะถ่ายทอดถึงกระบวนการในการจัดทำภาพถ่ายทางอากาศอย่างรวดเร็ว (Rapid Aerial Photography) เพื่อใช้ในการออกแบบชุมชนเมือง โดยการนำ UAV ราคาถูก (Low Cost UAV) มาใช้ รวมถึงเทคนิคการถ่ายภาพทางอากาศ และขั้นตอนการจัดทำภาพถ่ายทางอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ข้อค้นพบของการวิจัย คือสามารถใช้ UAV มาประยุกต์ใช้ เพื่อจัดทำภาพถ่ายทางอากาศได้ในพื้นที่ศึกษาได้ครอบคลุมพื้นที่ถึง 4 ตารางกิโลเมตร โดยมีความละเอียดที่คมชัด ใช้เวลาการดำเนินการที่สั้น โดยสามารถนำผลการศึกษาวินิจฉัยเพื่อใช้ต่อยอดในเชิงระบบภูมิสารสนเทศ และถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญของสถาปนิกผังเมือง ในการออกแบบชุมชนเมืองและสาขาที่เกี่ยวข้องต่อไป



รูปที่ 4 วิธีการดำเนินงาน

3. วิธีการดำเนินงาน

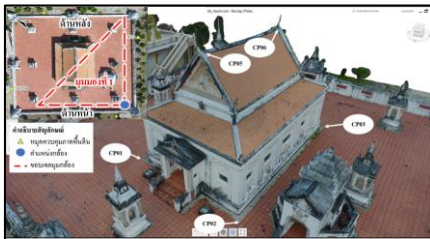
ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถาปัตยกรรมไทยด้วยภาพถ่ายจาก UAV บริเวณอุโบสถวัดคูเต่า สามารถอธิบายขั้นตอนได้ ดังรูปที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 หมดควบคุมภาคพื้นดิน ในงานวิจัยนี้ ทำการรังวัดค่าพิกิตโดยเดินวงรอบแบบศูนย์ล้อยอดด้วยกล้องประมวลผลรวม ซึ่งมีทั้งหมด 4 หมดกระจายโดยรอบบริเวณอุโบสถ ดังรูปที่ 5

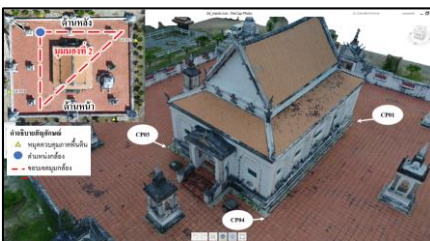


รูปที่5 ตำแหน่งหมดควบคุมภาคพื้นดิน

3.2 การกำหนดจุดควบคุมภาพถ่าย เพื่อให้ค่าพิกิตของจุดต่างๆบนภาพมีความถูกต้องสูง จึงกำหนดจุดควบคุมภาพถ่ายให้กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ไว้ ดังแสดงในรูปที่ 6 และมีกรังวัดค่าพิกิตโดยเดินวงรอบแบบศูนย์ล้อยอดด้วยกล้องประมวลผลรวม และควบคุมให้อยู่ในงานชั้นที่ 3 โดย CP01 ถึง CP04 ใช้การส่องแบบ Prism ส่วน CP05 และ CP04 ใช้การส่องแบบ Non Prism



มุมมองที่ 1



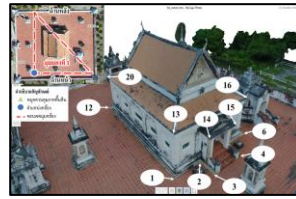
มุมมองที่ 2

รูปที่6 จุดควบคุมภาพถ่าย

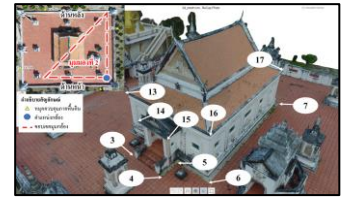
3.3 การกำหนดจุดอ้างอิงในการวัดระยะ

3.3.1 จุดอ้างอิงในการวัดระยะที่ใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางระยะที่วัดได้จากภาพ 3 มิติ จึงกำหนดให้จุดอ้างอิงครอบคลุมอุโบสถทั้ง 4 ด้าน ด้วยจุดควบคุมทั้งหมดที่กระจายโดยรอบจำนวน 20 จุด ดังแสดงในรูปที่ 7

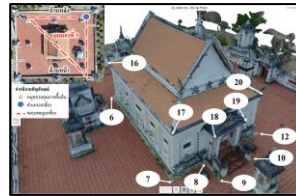
3.3.2 การกำหนดจุดอ้างอิงในการวัดระยะที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบรูปด้านเฉพาะหน้าบันของอุโบสถ บริเวณหน้าบันของอุโบสถถูกกำหนดจุดอ้างอิงให้ครอบคลุมจำนวน 3 จุด ดังแสดงในรูปที่ 8



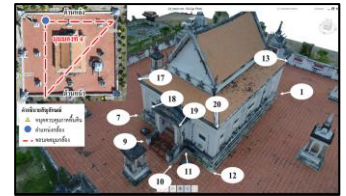
มุมมองที่ 1



มุมมองที่ 2

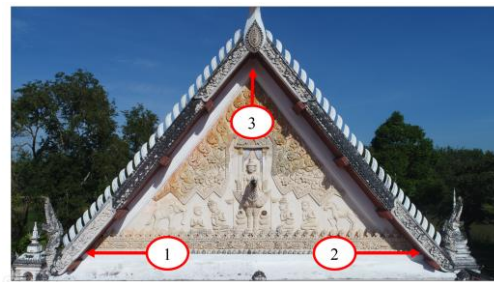


มุมมองที่ 3



มุมมองที่ 4

รูปที่7 จุดอ้างอิงในการวัดระยะ



รูปที่8 จุดอ้างอิงในการวัดระยะในแบบรูปด้าน

3.3 การรังวัดภาพถ่ายทางอากาศ

3.3.1 วาง Premarking บนหมดควบคุมภาคพื้นดินจำนวน 4 หมด แล้วใช้สมอบกยึดทั้ง 4 มุมของ Premarking

3.3.2 วางแผนการบินและทำการบินด้วยโปรแกรม Pix4D Capture โดยจะแบ่งการบินถ่ายภาพเป็น 2 แบบดังนี้

- 1) การบินถ่ายภาพแบบ Double Grid จะกำหนดความสูงที่ 30 เมตร มุมในการถ่ายภาพ 90 องศา Sidelap 70% และ Overlap 80%
- 2) การบินถ่ายภาพแบบ Point of Interest จะเป็นการถ่ายภาพในทุก ๆ ครั้งที่ UAV ทำมุม 10 องศา กับอุโบสถ โดยกำหนดความสูงบินที่ 20 เมตร และ 25 เมตร

3.3.3 สร้างแบบจำลอง 3 มิติ นำข้อมูลภาพถ่ายจาก UAV จำนวน 180 ข้อมูลภาพมาประมวลผลด้วยโปรแกรมประยุกต์ Pix4D Mapper โดยประมวลผลในระดับ Medium จากนั้นกำหนดจุดอ้างอิงในการวัดระยะที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 3 มิติ จำนวน 20 จุด

3.3.4 สร้างแบบรูปด้านเฉพาะส่วนหน้าบัน โดยแปลงข้อมูล Raster ให้เป็นข้อมูล Vector ซึ่งจะต้องเลือกข้อมูลภาพถ่ายจาก UAV จำนวน 1 ข้อมูลภาพในส่วนของบริษัทหน้าบัน เพื่อทำการสร้างแบบรูปด้าน โดยจะทำทีละหนึ่งชิ้นส่วนของหน้าบัน แล้วทำการปรับแต่งข้อมูล Vector ให้มีความคมชัด จากนั้นจึงส่งออกข้อมูลในรูปแบบนามสกุลไฟล์

.Dwg เพื่อให้ง่ายต่อการปรับแต่งข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์และเพื่อใช้เป็นไฟล์ในการพิมพ์แบบรูปการ

4. ผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

รูปที่ 9 แสดงผลจากประมวลผลภาพเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในระดับปานกลาง (Medium) บริเวณอุโบสถ ซึ่งภาพมีความสมจริง แต่บางบริเวณก็ยังไม่สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติให้สมบูรณ์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 9 มีค่า RMSE ทางราบและทางตั้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 เมตร และค่า Reprojection Error เท่ากับ 0.177 Pixel โดยเป็นไปตามมาตรฐานของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรม ส่วนผลการเปรียบเทียบระยะที่วัดด้วยกล้อง Total Station กับระยะที่วัดจากแบบจำลอง 3 มิติ ของแต่ละจุด โดยมีทั้งหมด 22 ระยะ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยสุดเท่ากับ 0.002 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดเท่ากับ 0.069 เมตร และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.021 เมตร ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า ± 0.028 เมตร แสดงว่าระยะในแบบจำลอง 3 มิติ มีความแม่นยำสูง



รูปที่9 แบบจำลอง 3 มิติ บริเวณอุโบสถวัดคูเต่า

4.2 ผลการสร้างแบบรูปด้าน หลังจากแปลงไฟล์ให้สามารถใช้งานด้วยโปรแกรมช่วยในการเขียนแบบแล้ว เราจะสามารถวัดระยะจุดภาพต่างๆได้ ผลการเปรียบเทียบระยะที่วัดได้จากไฟล์ข้อมูล และระยะที่รังวัดได้จากกล้องประมวลผลรวม พบว่ามีค่าต่างกันมากที่สุด -0.047 ม. แตกต่างกันน้อยที่สุด +0.005 ม. หรือกล่าวได้ว่า ค่า Accuracy ที่ดีที่สุดคือ 1:935

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ บริเวณอุโบสถ มีผลการประเมินค่าความละเอียดถูกต้องตามสมการ Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.007 เมตร และมีค่าความละเอียดถูกต้องทางตั้งตามมาตรฐานของ National Standard For Spatial Data Accuracy (NSSDA) ในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เท่ากับ 0.014 เมตร ในส่วนของการประเมินค่าความถูกต้องของแบบจำลอง 3 มิติ โดยการเปรียบเทียบระยะที่วัดด้วยกล้อง Total Station กับระยะที่วัดจากแบบจำลอง 3 มิติ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.002 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดเท่ากับ 0.069 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.021 เมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 0.028 เมตร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์งาน

ก่อสร้างทางวิศวกรรม โดยสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ในการบูรณะซ่อมแซมโบราณสถานได้

การศึกษาครั้งนี้ได้ประมวลผลแบบจำลอง 3 มิติ ในระดับ Medium ซึ่งให้ความคมชัดระดับปานกลาง โดยเครื่องคอมพิวเตอร์มี spec ดังนี้

ชื่อรุ่น : HP ProDesk 400 G4 MT

หน่วยประมวลผล : Intel® Core i7-7700 CPU @3.60GHZ

หน่วยความจำ(แรม) : 8GB DDR4

การ์ดจอ : 4043MB NVIDIA Geforce GT730

ระบบปฏิบัติการ : Wndows 10 Pro

ใช้เวลาในการประมวลผลทั้งหมด 72 ชม. ส่งผลให้การวัดระยะในแบบจำลอง 3 มิติ มีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นควรใช้การประมวลผลในระดับ High ซึ่งมีความคมชัดที่สูง แต่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้ระยะเวลาในการประมวลผลที่นาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] โยธิน มานะบุญ. (2553). อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle:UAV) อุปกรณ์เพื่อภารกิจตรวจการณ์จำเป็นต้องใช้เพื่อลดการสูญเสียเจ้าหน้าที่ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://m.sites.google.com/site/ongcivil2557/khwam-ru-yotha/baeb-kxsrang-laea-prapheth-khxng-baeb-kxsrang-construction-drawing>. (วันที่ค้นข้อมูล : 3 ธันวาคม 2560).
- [2] คุณค่าและความสำคัญของโบราณสถาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://boransathan.wordpress.com/โบราณสถาน/คุณค่าและความสำคัญ/>. (วันที่ค้นข้อมูล : 29 พฤศจิกายน 2560)
- [3] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558). แบบจำลอง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/แบบจำลอง>. (วันที่ค้นข้อมูล : 14 กุมภาพันธ์ 2561).
- [4] วีระเกษตร สอนผกา. (ม.ป.ป.). แปลน รูปด้าน รูปตัด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://dreamroom.in.th/แปลน-รูปด้าน-รูปตัด/> (วันที่ค้นข้อมูล : 26 กุมภาพันธ์ 2561).
- [5] ดุษฎี ขาวญลิต (2551). การขยายจุดควบคุมในรูปถ่ายทางอากาศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14\(25\).pdf](http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(25).pdf) (วันที่ค้นข้อมูล : 10 มกราคม 2561).
- [6] แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ (สสวท.) (2553). อากาศยานไร้คนขับ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://fieldtrip.ipst.ac.th/intro_sub_content.php?content_id34&content_folder_id=469. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 มกราคม 2561).
- [7] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (ม.ป.ป.). อากาศยานวิกิพีเดีย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/อากาศยาน>. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 มกราคม 2561).

- [8] กรมแผนที่ทหาร. การวางแผนบินถ่ายภาพทางอากาศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.rtsd.mi.th/school/images/knowledge/KM/Arial_Project_Planing.pdf/. (วันที่ค้นข้อมูล : 8 มกราคม 2561)
- [9] ไพศาล สันติธรรมนนท์, ภาณุ อุทัยศรี และธีระภัทร ชื่นชม. (2555). สนามทดสอบการทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://docs.google.com/file/d/0B43F2oJQnMOmaDRBcURDMUNBeVE/edit?pli=1/> (วันที่ค้นข้อมูล : 8 มกราคม 2561)
- [10] ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2555). การทำแผนที่และข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับชนิดเบา.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://docs.google.com/file/d/0B43F2oJQnMOmeHowTOLGTEFyZGc/edit?pli=1/>. (วันที่ค้นข้อมูล : 9 มกราคม 2561)
- [11] เตี้ยว ใจบุญ (2551). การวัดการกระจายของข้อมูล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mwit.ac.th/~math/E_Learning/MATH30203/sources/Statistics_06.pdf?Abclid=lwAR0kA9sFsjcA6nUeuKzDFMLVGft2enrMZ6uHYzOWE98HgUU3qi9FP2cjF-Y (วันที่ค้นข้อมูล : 31 มกราคม 2562).
- [12] วิชาญ ทูมทอง และคณะ. (2559). ระบบสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ เข้าถึงได้จาก : <http://202.28.199.61/tdc/> ระบบสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 มกราคม 2561).
- [13] ธนรัตน์ มิตรยอดวงศ์. (2554). การศึกษาเรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพพานอรามา เข้าถึงได้จาก : <https://madlab.cpe.ku.ac.th/ThailandResearch/?itemID=534560>. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มกราคม 2561).
- [14] ธราวุฒิ บุญเหลือ. (2556). การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อจัดทำภาพถ่ายทางอากาศสำหรับการออกแบบชุมชนเมือง. เข้าถึงได้จาก : http://www.arch.chula.ac.th/ejournal/?view=show_abstract&menuId=8&articleID=123&issueID=22 (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มกราคม 2561).