# การศึกษาความเป็นไปได้ในการประเมินควบคืบหน้างานด้วยแบบจำลองสามมิติในรูปแบบพอยต์คลาวด์ โครงการก่อสร้างบ้านระบบพรีคาสท์ด้วยซีทูซีอัลกอริทึม และไพทอน

# The study of feasibility to project monitoring with 3D point cloud models on precast house models by C2C algorithm and python

**นางสาววราภรณ์ มีตา[1] วุฒิพงษ์ กุศลคุ้ม[1*] และชัยชาญ ยุวนะศิริ[1]**

*[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ขอนแก่น*

**Corresponding author; E-mail address: w.kusonkhum@gmail.com*

## บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ต้องปรับตัวตามการพัฒนาของเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ในปัจจุบันเป้าหมายการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การดำเนินงานระบบดังเดิมสามารถดำเนินการได้เร็วขึ้น และมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติในรูปแบบพอยต์คลาวด์เพื่อหาแนวทางความเป็นไปได้ในการประเมินความคืบหน้าโครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยระบบพรีคาสท์ โดยเก็บข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับ และเก็บถาพถ่ายด้วยระบบบินอัตโนมัติจากโครงการก่อสร้างที่ผนังคอนกรีตสำเร็จ ณ วันที่ส่วนงานชั้น 1 แล้วเสร็จ และส่วนงานชั้น 2 แล้วเสร็จ โดยประเมินความเป็นไปได้ในการประเมินควบก้าวหน้างาน จะทำการประเมินด้วยด้วยจำนวนพอยต์คลาวด์จากซอฟแวร์ Cloud compare และไพทอน และประเมินด้วยการทับซ้อนของแบบจำลองด้วยซีทูซีอัลกอริทึม เพื่อหาความแต่งต่างของแบบจำลองสามมิติจากวิธีทั้งสอง จากการศึกษาพบว่าจำนวนพอยต์คลาวด์ของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 1 และแตกต่างตากแผนงานร้อยละ 5 ถึง 6 และผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบด้วยการประเมินการทับซ้อนของแบบจำลองด้วยซีทูซีอัลกอริทึมมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาแนวคิดในการใช้เป็นหนึ่งในการติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง

คำสำคัญ: การติดตามงานก่อสร้าง พอยต์คลาวด์ แบบจำลองสามมิติ บ้านระบบพรีคาสท์ และอากาศยานไรคนขับ

## Abstract

The construction industry is one of the industries that has to adapt to the ever-evolving technology development. Currently, the purpose of using technology in construction projects is to hasten the performance of the original system. and effective. In order to assess the viability of monitoring the advancement of a precast home project. This study collected data with unmanned aerial vehicles. Photographs taken with automatic flying system from the construction project at precast concrete walls on the day that the 1st floor section was completed and the 2nd floor section was completed. This study assesses the feasibility of assessing job progress. It is analyzed by the number of point clouds from Cloud compare software and Python and evaluated with the overlap of the model by the C2C algorithm. to find the differences of the 3D models from the two methods. The study found that the number of point clouds of the two methods differed less than 1% and differs from the schedule by 5 to 6 percent. The results from the comparison by evaluating model overlap with the C2C algorithm have the potential to develop concepts that can be used as one of the construction progress monitoring.

Keywords: Construction project monitoring, point cloud, 3D modeling Precast system house and unmanned aerial vehicles.

## 1. บทนำ

ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนซึ่งในปัจจุบันธุรกิจรับเหมาก่อสร้างมีสัดส่วนเฉลี่ยร้อยละ 8.5 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ซึ่งมีผลต่อธุรกิจที่เชื่อมโยงกับการก่อสร้างตั้งแต่ธุรกิจการค้าวัสดุก่อสร้างไปจนถึงธุรกิจการค้าและพัฒนาอสังหาริมทรัพย์อีกด้วย [1] ทำให้การบริหารโครงการก่อสร้างเป็นสิ่งสำคัญโดยมีเป้าหมายเพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามสัญญาและอยู่ในขอบเขตงานอันประกอบไปด้วย การบริหารเวลา การบริหารต้นทุน และการบริหารต้นทุน [2] เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงการก่อสร้าง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการตรวจสอบควบคืบหน้างานอยู่สม่ำเสมอเพื่อให้ทราบถึงสถานะของโครงการ [3] โดยทั่วไปแล้วการประเมินความคืบหน้างานจะดำเนินการโดยให้บุคคลเข้าไปบันทึกข้อมูลปริมาณงานก่อสร้าง และ

ประเมินให้ค่าร้อยละควบคืบหน้างานโดยการกระทำดังกล่าวหากโครงการมีพื้นที่กว้าง และสูงอาจดำเนินการด้วยบุคคลได้ช้า และมีอคติต่อตัวเลขที่ออกมาเพราะอาจจะขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการใช้พอยต์คลาวด์เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลของสถานที่ก่อสร้างติดตามและประเมินงานก่อสร้างให้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น [4, 5] พอยต์คลาวด์ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหานั้นในโครงการก่อสร้างบางแห่งเริ่มมีการนำมาใช้โดยใช้เลเซอร์สะแกนเนอร์ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ [6-7] ซึ่งข้อมูลนั้นถูกจัดเก็บใน ระบบพิกัดสามมิติหรือระบบพอยต์คลาวด์แต่การใช้เลเซอร์อย่างไรก็ตามสแกนเนอร์นั้นยังมีข้อจำกัดเนื่องจากตัวอุปกรณ์มีราคาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่สูง และการทำงานที่ใช้เวลานานและมีโอกาสขัดขวางการทำงานของช่างก่อสร้างในการใช้อุปกรณ์อีกด้วย [8, 9] เพื่อลดจุดด้อยดังกล่าวจึงได้มีการริเริ่มการใช้อากาศยานไร้คนขับในการสร้างประเมินควบคืบหน้าของโครงการ [10] ทั้งนี้ทั้งนั้นตามอาคารก่อสร้างทั่วไปอาจจะไม่เหมาะสมในทุกอาคารผนวกกับในปัจจุบันมีการเกิดขึ้นของเทคโนโลยีจำนวนมาก [11] โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเสนอความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติของอาคารสองชั้นในรูปแบบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป (Precast concrete) จากจำนวนพอยต์คลาวด์ด้วยซอฟแวร์ Cloud compare และไพทอน และนำมาวิเคราะห์ค่าการทับซ้อนของแบบจำลองสามมิติด้วยซีทูซีอัลกอริทึม

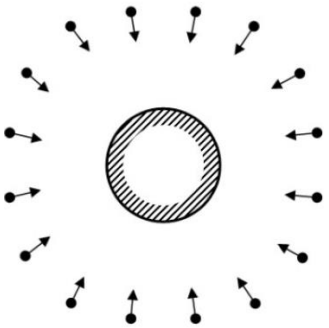
## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

*2.1 เทคโนโลยีการจำลองภาพสามมิติจากภาพถ่าย*

การรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) หรือการสำรวจด้วยภาพถ่ายเป็นศาสตร์การรังวัด ที่มีวัตุประสงค์เพื่อกำหนดพิกัดของวัตถุจากการแปลข้อมูลจากภาพถ่ายที่เก็บลักษณะทางกายภาพของวัตถุนั้นๆ จากความหมายเดิมของ Photogrammetry หมายถึงการวัดบนภาพที่วาดขึ้นมาจากแสง ทั้งนี้จะต้องผ่านกระบวนการบันทึกภาพถ่ายที่เกิดขึ้นมาจากแสง ซึ่งอาจจะเป็นการบันทึกในรูปแบบของฟิล์ม (Film) กระดาษอัดภาพ (Photograph) โดยในปัจจุบันการถ่ายภาพจะถูกบันทึกบนเซนเซอร์รับภาพ (Sensor) แล้วจะเก็บเป็นภาพถ่ายดิจิทัล (Digital Image) แต่ไม่ว่าจะเป็นภาพถ่ายลักษณะใดก็ตามจะต้องเข้าสู่กระบวนการรังวัด (Measurement) การแปลความหมาย และการประมวลผลแต่ละจุดภาพโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล (Digital Image Processing Technology) [12] โดยในปัจจุบันมีการนำมีการนำอากาศยานไร้คนขับเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายเพื่อนำมาประมวลผลเพื่อวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่ง [13]

*2.2 ข้อจำกัดในการถ่ายภาพถ่ายทางอากาศ*

แนวบินของอากาศยานไร้คนขับถือว่าจุดที่ส่งผลต่อแบบจำลองสามมิติโดยสิ่งก่อสร้างหรือวัตุที่มีพื้นผิวที่มันวาวเพราะอาจทำให้เกิดการสะท้อนของภาพถ่ายและได้สีหรือภาพไม่ชัดเจน ประมวลภาพสามมิติและจำเป็นต้องมีการซ้อนทับกันของภาพ ที่เพียงพอคือการซ้อนทับด้านข้าง (side overlap) ไม่น้อยกว่า 60% ของพื้นที่แต่ละภาพและการซ้อนทับด้านหน้า (forward overlap) ไม่น้อยกว่า 80% ของพื้นที่แต่ละภาพ [14] โดย แบ่งเป็น 3 มุมมองในการถ่ายซึ่งมุมมองที่จะถ่ายนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และรูปแบบของแบบจำลองที่ต้องการ[15] โดยการบินที่ต้องควรเป็นไปดังภาพที่ 1 [10]



**รูปที่ 1** การบินรอบอาคาร [10]

*2.3 การตรวจสอบควบคืบหน้างานโครงการก่อสร้าง*

การตรวจสอบควบคืบหน้างานของโครงการก่อสร้างเป็นเรื่องที่มีความสำคัญในการบริหารโครงการสัญญา [16] โดยหนึ่งในความสำคัญที่เกี่ยวข้องของการตรวจสอบควบคืบหน้างานคือการเบิกงวดงานและการดำเนินงานให้เป็นไปตามหลักการบริหารสัญญา [17] ในยุคปฏิวัติอุสาหกรรมจากเทคโนโลยีโดยมีการนำเทคโนโลยีมากมายมาใช้ปรับปรุงและพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้าง [11] และในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้พอยต์คลาวด์ในการตรวจสอบความแม่นยำในการประเมินความควบคืบหน้างาน ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติของอาคารคอนกรีตเสริม เหล็กในรูปแบบของพอยต์คลาวด์เพื่อประเมินปริมาณงาน ก่อสร้างหรือความคืบหน้าของงานก่อสร้าง [10] และยังพบการประยุกต์ใช้พอยต์คลาวด์ในการเป็นส่วนหนึ่งของการสนับสนุนการตรวจสอบคุณภาพของงานก่อสร้าง [18] อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านยังพบข้อจำกัดในบ้างมุมที่ไม่สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติได้ [10] ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงเลือกใช้บ้านพักอาศัยสองชั้นในรูปแบบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป (Precast concrete) ซึ่งมีความหมาะสมมากกว่าในการประเมิณความคืบหน้าจากภายนอกอาคาร

## 3. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการสร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายของกรณีศึกษาบ้านพักอาศัยสองชั้น จังหวัดนครราชสีมาโดยแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

*3.1 กลุ่มประชากร*

บ้านพักอาศัยสองชั้นในรูปแบบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูป (Precast concrete) โดยเก็บข้อมูลที่โครงการเมื่อแล้วเสร็จ 1 ชั้น และ 2 ชั้น โดยเป็นอาคารคนละหลัง ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้มีจำนวน 2 ตัวอย่าง

*3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย*

ในการเก็บภาพเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่าย สามารถใช้เครื่องมือได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ของการ เก็บข้อมูล ทั้งนี้ต้องการเก็บข้อมูลภาพถ่ายอาคารในมุมสูงเพื่อ เก็บบริเวณรอบตัวอาคารและพบว่าอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถ เก็บภาพในมุมสูงได้ดี, การติดตั้งและใช้งานง่าย, มีราคาที่ไม่สูงมาก, สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกและมีความละเอียดของ กล้องเพียงพอที่สามารถเก็บภาพ รายละเอียดของตัวอุปกรณ์ ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ข้อมูลจำเพาะของกล้องและอากาศยานไร้คนขับ(UAV)

| หัวข้อ | ลักษณะ |
|---|---|
| น้ำหนักตัวเครื่อง | 570 กรัม |
| ขนาดตัวเครื่อง | ขนาด 180×97×84 mm. |
| ความเร็วสูงสุด | 68 กม. / ชม. |
| ความละเอียดของกล้อง | ด้วยความละเอียดสูงถึง 48 ล้านพิกเซล |
| ระยะบินไกลสุด | 10 กม. |
| ระยะเวลาในการบิน | 34 นาที |
| เลนส์กล้อง | 22 มม. |
| ประเภทของไฟล์ภาพ | JPEG, DNG (RAW) |

*3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล*

3.3.1 การวางแผนเก็บข้อมูลภาพถ่าย

ภาพถ่ายอาคารจะถูกเก็บโดยการบินแบบอิสระ เพื่อจำลองสถานการณ์จริงต่อผู้ไม่มีประสบการณ์ในการใช้งานอากาศยานไร้คนขับ อย่างไรก็ตามการบินยังคงเป็นไปตามหลักการในการบินวนรอบอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง โดยความสูงขึ้นอยู่กับสิ่งกีดขวางและความสูงอาคารในการศึกษานี้มีความสูงการบินที่ 15 เมตร และ 25 เมตร ของอาคาร 1 ชั้น และ 2 ชั้นตามลำดับ เพื่อให้ได้ภาพด้านข้างอาคารร่วมด้วย ดังรูปที่ 2 และ 3

**รูปที่ 2** ภาพการถ่ายอาคารเมื่อแล้วเสร็จ 1 ชั้น

**รูปที่ 3** ภาพการถ่ายอาคารเมื่อแล้วเสร็จ 2 ชั้น

3.3.2 การสร้างแบบจำลองในรูปแบบพอยด์คลาวด์

ภาพถ่ายจะถูกเป็นแบบจำลอง 3 มิติด้วยซอฟแวร์สำเร็จรูป โดยซอฟต์แวร์จะสร้างโดยคำนึงถึงพิกัดของภาพที่ถ่ายไว้และจะจับคู่แต่ละจุดที่อยู่ในตำแหน่งแนๆที่คล้ายกัน อย่างไรก็ตามจะมีจุดส่วนเกินเกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้ทำให้ต้องมีการลบจุดส่วนเกินนี้ออกจากแบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5

**รูปที่ 4** แบบจำลอง 3 มิติอาคารเมื่อแล้วเสร็จ 1 ชั้น

**รูปที่ 5** แบบจำลอง 3 มิติอาคารเมื่อแล้วเสร็จ 2 ชั้น

หลังจากที่ลบจุดส่วนเกินออกจึงนำไปประมวลผลต่อโดย โดยแบบจำลองสามมิติจะมีความชัดเจนต่ออาคารที่เราต้องการจะนำมาทำการทดลองมากขึ้น ดังรูปที่ 6 และ 7

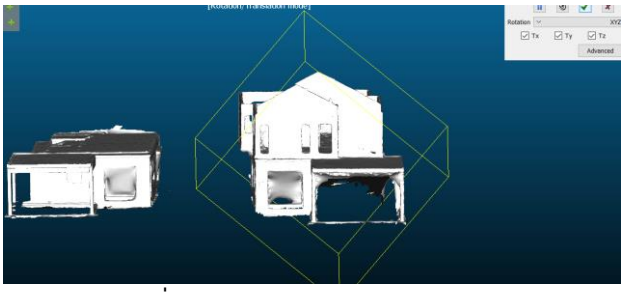
**รูปที่ 6** แบบจำลอง 3 มิติอาคารเมื่อแล้วเสร็จ 1 ชั้น เมื่อเตรียมข้อมูลแล้วเสร็จ

**รูปที่ 7** แบบจำลอง 3 มิติอาคารเมื่อแล้วเสร็จ 2 ชั้น เมื่อเตรียมข้อมูลแล้วเสร็จ

3.3.3 การประเมินความคืบหน้างานจากแบบจำลองพอยต์คลาวด์

1) Cloud compare

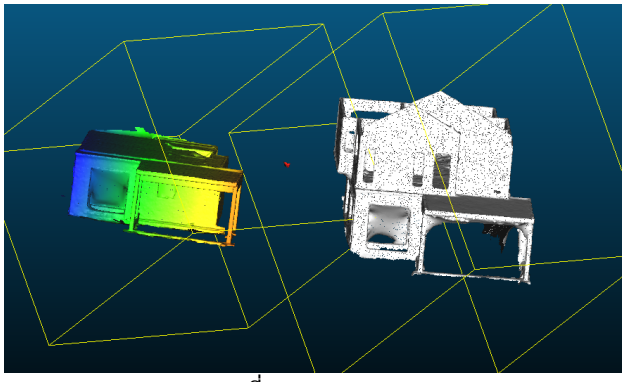
ใช้ซอฟต์แวร์ Cloud Compare ประมวลผลการเปรียบเทียบของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นตามแผนการทำงาน ณ วันที่ 140 กับแบบจำลองสามมิติจากพอยต์คลาวด์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Cloud Compare เปิดไฟล์ของแบบจำลองสามมิติจากพอยต์คลาวด์ ซึ่งเป็นไฟล์นามสกุลที่ระบุพิกัดจุดสามมิติ (.xyz) และไฟล์ของแบบจำลองสามมิตินามสกุลไฟล์เป็น (.obj) ดังแสดงในภาพที่ 8



**รูปที่ 8** การปรับแบบจำลองให้มีตำแหน่งเดียวกัน

แต่เนื่องจากแบบจำลองสามมิติจากแบบก่อสร้างนั้นยังไม่เป็นพอยต์คลาวด์ จึงต้องสร้างพิกัดจุดสามมิติขึ้นบนพื้นผิวของแบบจำลองนั้นโดยใช้คำสั่ง Sample points on mesh เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบทั้งสองแบบจำลองสามมิติได้

ทำการปรับแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันโดยใช้คำสั่ง Translate/Rotate หมุนแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้คำสั่ง Align to cloud by packing เพื่อกำหนดจุดอ้างอิงแต่ละจุดบนแบบจำลองสามมิติให้ตรงกันในรูปแบบอัตโนมัติ จากนั้นใช้อัลกอรีทึม C2C จากคำสั่ง Compute cloud เพื่อคำนวณหาระยะห่างระหว่างแบบจำลองสามมิติ ดังแสดงในภาพที่ 9



**รูปที่ 9** Compute cloud

2) Python 3

เพื่อนำเข้าไฟล์พอยต์คลาวด์ที่มีนามสกุล .obj เข้าสู่ Python และนับจำนวน points ในไฟล์ สามารถทำได้โดยใช้ไลบรารี PyWavefront ดังนี้

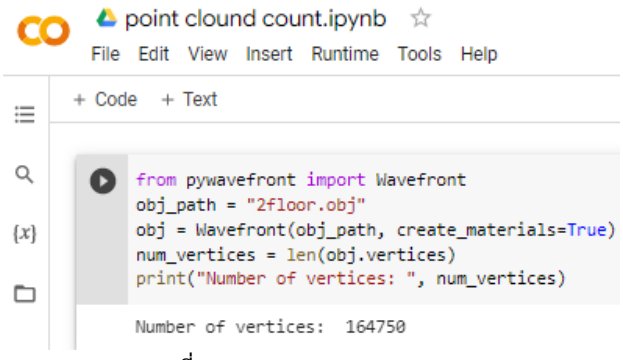
1) ติดตั้ง PyWavefront โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้ใน Command Prompt หรือ Terminal

2) เขียนโค้ด Python เพื่อนำเข้าแบบจำลองสามมิติ และทำการนับจุดพอยต์คลาวด์ของแบบจำลองทั้งสองภาพ ดังแสดงในภาพที่ 10

```python
from pywavefront import Wavefront
obj_path = "1floor.obj"
obj = Wavefront(obj_path, create_materials=True)
```

**รูปที่ 10** โค้ด Python เพื่อนำเข้าแบบจำลองสามมิติ

ในการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเขียน Python ผ่านแฟลตฟอร์ม google colaboratory ดังแสดงในรูปที่ 11




**รูปที่ 11** google collaboratory

## 4. ผลการวิเคราะห์ และอภิปรายผล

ผลการศึกษาแบ่งเป็นการหาจำนวนพอยต์คลาวด์จากแบบขำของด้วยวิธีการจำนวนทั้ง 2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแต่ละวิธีเพื่อใช้ประเมินแนวทางการประมาณความคืบหน้าโครงการก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1) ปริมาณพอยต์คลาวด์

ปริมาณจำนวนพอยต์คลาวด์เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนร้อยละความคืบหน้างานของโครงการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น เมื่อดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ 1 ชั้น และ 2 ชั้นควรมีร้อยละความคืบหน้าต่างกันที่ร้อยละ 5-6 ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยทั้งสองวิธีมีจำนวนพอยต์คลาวด์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อดูที่ความแตกต่างแล้วมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันโดยต่างกันเพียงร้อยละ 0.13

**ตารางที่ 2** จำนวนพอยต์คลาวด์แต่ละเทคนิคพร้อมร้อยละความแตกต่าง

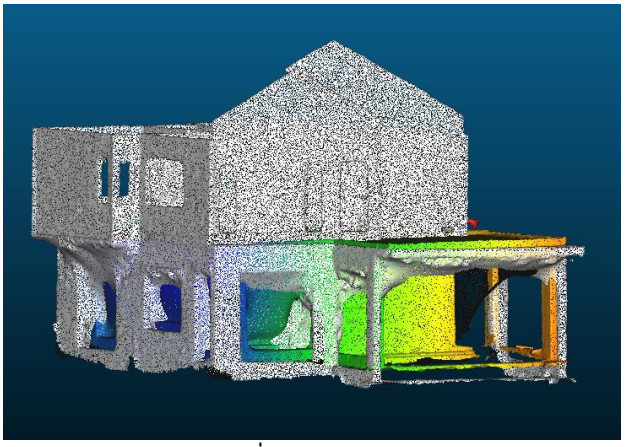
| เทคนิค | จำนวนพอยต์คลาวด์ 1 ชั้น (จุด) | จำนวนพอยต์คลาวด์ 2 ชั้น (จุด) | ร้อยละความแตกต่าง |
|---|---|---|---|
| Cloud Compare | 281,272 | 327,539 | 14.12% |
| Python | 141,689 | 164,750 | 13.99% |

**ตารางที่ 3** ผลการเปียบเทียบจำนวนพอยต์คลาวด์ต่อร้อยละความแตกต่างความคืบหน้างาน

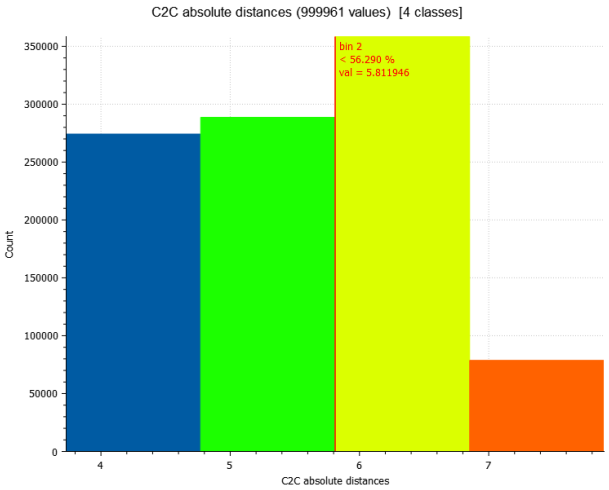
| Cloud Compare | Python | ร้อยละความแตกต่างจากแผนงาน | Error |
|---|---|---|---|
| 14.12% | 13.99% | 20% | 5-6% |

4.1) ค่าเบี่ยงเบน (Root mean square error)

ค่าเบี่ยงเบนจากการวิเคราะห์ด้วยซอฟแวร์ **Cloud Compare** พบว่ามีค่า **RMS** เท่ากับ 0.143 โดยขั้นตอนนี้ดำเนินการหลังอัลกอรึทึม C2C ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13 โดยจากการทับซ้อนของอัลกอริทึมพบว่ามีการทับซ้อนที่บริเวณก่อสร้างได้ร้อยละ 56.29**%** ซึ่งมีความกับใกล้เคียงจากแผนงานหากไม่นับผนังภายในของชั้นแรก



**รูปที่ 12** ภาพการซ่อนทับ




**รูปที่ 13** C2C อัลกอริทึม

จากผลการศึกษามีความเป็นไปได้ที่จะนำขั้นตอนดังกล่าวไปพัฒนาและต่อยอดเพื่อตรวจสอบความคืบหน้างานในโครงการก่อสร้างที่ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ [3] อย่างไรก็ตามวิธีนี้เหมาะต่อการรวบรวมข้อมูลในแนวราบ หรือโครงการก่อสร้างที่สามารถยึดพื้นผิวภายนอกเป็นหลักในการอธิบายความคืบหน้างานได้ [10] ซึ่งข้อจำกัดนี้อาจจะไม่เหมาะกับอาคารที่มีความซับซ้อนภายในอาคารหรือมีมูลค่าภายในอาคารมากกว่า และประมาณการได้ยากจากพื้นผิวภายนอกหรือภาพถ่ายภายในอาคาร [19] โดยในอนาคตอาจนำวิธีนี้ไปต่อยอดกับการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine learning) เพื่อสร้างแบบจำลองในการประเมินความคืบหน้างานอัตโนมัติ [11] โดยอาคารที่เหมาะสมอาจจะเป็นอาคารประเภทโกดังสินค้า เป็นต้น

## 5. บทสรุป

จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามมิติจากพอยต์คลาวด์ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในประเมิณความคืบหน้างานโดยใช้ 2 เทคนิค ได้แก่การเก็บข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับ และนำไปวิเคราะห์ปริมาณจำนวนพอยต์คลาวด์ด้วย Could compare และ python พบว่ามีความแตกต่างจากร้อยละควบคืบหน้างานคลาดเคลื่อนที่ ร้อยละ 5-6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามมิติจากพอยต์คลาวด์มีความเป็นไปได้ในการใช้ประเมินความคืบหน้า ของโครงการก่อสร้างโดยในครั้งนี้เลือกใช้การก่อสร้างแบบชิ้นส่วนผนังสำเร็จรูปซึ่งมีความเหมาะสมต่อแนวคิดในการศึกษาครั้งนี้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ให้การสนับสนุนและให้ความอนุเคราะห์ในการจัดทำและศึกษาเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับในการพัฒนาการบริหารงานก่อสร้าง

## เอกสารอ้างอิง

[1] Srirayup, C. (2022). แนวทาง การ บริหารธุรกิจ อุตสาหกรรมก่อสร้าง SMEs อย่าง ยั่งยืน. Journal of Social Science and Buddhistic Anthropology, 7(3), 539-554.

[2] วิสูตร จิระดำเกิง. การบริหารงานก่อสร้าง. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์กรรณกวี; 2558.

[3] Haughey, D. (2013). The project management body of knowledge (PMBOK). Obtenido de https://www. projectsmart. co. uk/pmbok. php.

[4] Golparvar- Fard M, Peña- Mora F, Savarese S. Monitoring of construction performance using daily progress photograph logs and 4d asplanned models. Proceeding of Computing in Civil Engineering ( 2009) . June 24- 27; Austin, Texas: 2009.p.53-63.

[5] Bohn JS, Teizer J. Benefits and barriers of construction project monitoring using highresolution automated cameras. Journal ofconstruction engineering and management. 2010;136(6):632-40.

[6] Pučko, Z., Šuman, N., & Rebolj, D. (2018). Automated continuous construction progress monitoring using multiple workplace real time 3D scans. Advanced Engineering Informatics, 38, 27-40.

[7] Kiziltas S, Akinci B, Ergen E, Tang P, Gordon C. Technological assessment and process implications of field data capture technologies for construction and facility/infrastructure management. Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2008;13(10):134-154.

[8] Ibrahim YM, Kaka AP. Review of photographic/ imaging applications in construction. The Built & Human Environment Review. 2008;1(1):99-117.

[9] Memon ZA, Majid MZ, Mustaffar M. An automatic project progress monitoring model by integrating auto CAD and digital photos. Proceeding of Computing in Civil Engineering (2005). July 12-15; Cancun, Mexico: 2005.p. 1-13.

[10] สุภานัน รัตนพงษ์วณิช, กอปร ศรีนาวิน, วุฒิพงษ์ กุศลคุ้ม, & ธนายุทธไชย ธงรัตน์. (2022). ความแม่นยำของแบบจำลองสามมิติใน รูปแบบพอยต์คลาวด์กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็กจังหวัดขอนแก่น. Journal of Engineering and Innovation, 15(2), 88-95.

[11] Srinavin, K., Kusonkhum, W., Chonpitakwong, B., Chaitongrat, T., Leungbootnak, N., & Charnwasununth, P. (2021). Readiness Applying Big Data Technology for Construction Management in Thai Public Sector. Journal of Advances in Information, 12(1).

[12] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2020). การสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ. บริษัท แอคซีฟ 888 จำกัด

[13] Rattanapongwanich S, Srinavin K, Kusonkhum W, Leungbootnak N, Charnwasununth P. Accuracy of 3 - D Model Based on Point Cloud: A New Technology for Construction Progress Evaluation. International Journal of Engineering and Technology. 2020;2(2):27–30.

[14] กิตติศักดิ์ ศรีกลาง. การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ. กรุงเทพฯ: โรงเรียนแผนที่ กรมแผนที่ทหาร; 2559.

[15] Rosado EQ. Introduction to applied photogrammetry and cartography for civil engineering. Universidad de Extremadura: 2018.

[16] Burke, R. (2013). Project management: planning and control techniques. John Wiley & Sons.

[17] Griffith, A., & Watson, P. (2017). Construction management: Principles and practice. Bloomsbury Publishing.

[18] ศักดินนท์ นพฤทธิ์, & วัชระ เพียรสุภาพ. (2021). การประยุกต์ใช้ข้อมูลพอยท์คลาวด์เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบคุณภาพ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26, 26.

[19] Batty, M. (1979). Progress, success, and failure in urban modelling. Environment and planning A, 11(8), 863-878.