การศึกษาความแม่นยำของวิธีการสำรวจแบบต่างๆ เพื่อการก่อสร้าง

The Study of Different Survey Methods Data Accuracy for Building Construction

มศวรรณ เสนาสวัสดิ์[1,*] และ ไพจิตร ผาวัน[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จ.กรุงเทพมหานคร
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จ.กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: paijit.pa@spu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการวางแนวตำแหน่งหมุดอาคารเพื่อการก่อสร้างด้วยเครื่องมือสำรวจ โดยใช้หลักการทางสถิติวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีระบบจากผู้ทำการทดลอง ซึ่งเป็นเงื่อนไขการทดลองที่ควบคุมไม่ได้ ความคลาดเคลื่อนทำให้ค่าที่วัดได้มากกว่าหรือน้อยกว่าที่ควรเป็น การวิจัยเริ่มจากกำหนดตำแหน่งหมุดของอาคารเรียนคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดพื้นที่แตกต่างกัน 3 อาคาร โดยในขั้นตอนการวางตำแหน่งหมุดอาคารใช้เครื่องมือสำรวจ 4 ประเภท ได้แก่ อากาศยานไร้คนขับ เครื่องรับสัญญานดาวเทียม กล้องประมวลผลรวม กล้องวัดมุม จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำกับขนาดพื้นที่ วิธีที่ให้ความแม่นยำที่สุดคือ กล้องประมวลผลรวม วิธีเครื่องรับสัญญานดาวเทียม วิธีกล้องวัดมุม วิธีอากาศยานไร้คนขับ ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าการเลือกใช้เครื่องมือสำรวจในการวางตำแหน่งหมุดอาคารเพื่อการก่อสร้าง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของโครงการ

คำสำคัญ: ความแม่นยำและความเที่ยงตรง, อากาศยานไร้คนขับ, เครื่องรับสัญญานดาวเทียม, กล้องประมวลผลรวม, การวางแนวตำแหน่งหมุด

Abstract

The purpose of this research is to study setting out of building methods in construction using statistical principles analyze accuracy and precision, which occur unsystematically from the surveyors, Uncontrolled experimental conditions the discrepancy causes the measured value to be more or less than it should be. The research began with peg positioning of 3 buildings of different sizes. In the peg positioning process, 4 types of survey instruments are used Drone, GNSS, Total Station and Theodolite. The study found that relationship between precision and area, the most accurate method is Total Station, GNSS, Theodolite and Drone respectively, It can be concluded that the selection of survey instruments to position the building pegs for construction depends on the objectives of the project.

Keywords: Accuracy and precision, Drone, GNSS Receiver, Total Station, Setting out

1. บทนำ

งานวางผังอาคาร เป็นการกำหนดตำแหน่งและขอบเขตของสิ่งก่อสร้างที่จะสร้างโดยอ้างอิงจากแบบก่อสร้างเพื่อให้ทุกฝ่าย ตั้งแต่เจ้าของอาคาร สถาปนิก วิศวกรผู้ออกแบบอาคาร ผู้รับเหมา รวมถึงบริษัทรับเหมางานเสาเข็ม ได้มีความเข้าใจที่ตรงกัน เป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญก่อนจะลงมือก่อสร้างโครงสร้างอาคาร เช่น เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อ เป็นต้น หลังจากการเตรียมพื้นที่ดินเรียบร้อยแล้ว เช่น ถมดิน และรอระยะเวลาให้ดินเซตตัวดีแล้ว ปรับระดับดินแล้ว ขณะการวางผังอาคารนี้ควรตรวจสอบหมุดหลักเขตที่ดินกับโฉนดที่ดินว่าครบถ้วนตามแบบหรือไม่ โดยเริ่มจากหาตำแหน่งเสาต้นแรกที่จะเป็นจุดอ้างอิง กำหนดด้านเริ่มที่จะให้ขนานกับแนวเขตที่ดิน โดยจะกำหนดให้ขนานกับถนนด้านหน้าของอาคารหรือขนานกับที่ดินด้านข้างก็ได้ จากนั้นใช้หลักมุมฉากเพื่อหาแนวอาคารอีกด้าน ซึ่งอาจใช้กล้องทีออโดไลท์หรือกล้องวัดมุม หรือใช้กฎ 3 : 4 : 5 สร้างมุมฉากก็ได้ แล้วจึงหาตำแหน่งกึ่งกลางของฐานรากหรือเสาอาคาร ถัดไปจนครบทุกตำแหน่ง สำหรับอาคารขนาดเล็กอาจใช้วิธีขึงเอ็นให้เห็นเป็นแนว จากนั้นจึงทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งฐานรากให้เห็นชัดเจน อาจใช้วิธีพ่นสี เพื่อแสดงตำแหน่งฐานราก โดยตรวจสอบอีกครั้งว่าองค์ประกอบอาคารที่ยื่นออกมาตามแบบนั้นให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างเมื่อได้ระยะที่จะวางผังแล้วจึงตอกหลักผังให้แน่นและมั่นคง ไม่เกิดการเคลื่อนที่ในภายหลัง ในขั้นตอนนี้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับระยะต่าง ๆ ให้เหมาะสม หากพบอุปสรรคที่หน้างาน เช่น แนวต้นไม้ใหญ่อยู่ใกล้หรืออยู่ในบริเวณที่ตรงกับแนวอาคารที่จะก่อสร้าง แต่ต้องการคงไว้ ไม่อยากตัดทิ้ง อาจพิจารณาขยับผังการก่อสร้างให้เหมาะสม โดยผู้รับเหมาจะนำเสนอแนวทางแก้ไขให้ผู้ออกแบบเซ็นชื่อรับรอง แล้วจึงดำเนินการกำหนดผังการก่อสร้าง สำหรับเจ้าของอาคารเองการอ่านแบบแปลนของฐานรากได้จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สามารถดูการวางผังรอบบริเวณการก่อสร้างของช่างเบื้องต้นได้ว่าตรงตามแบบไหม รวมถึงพิจารณาว่าระยะถอยร่นของแนวอาคารทุกด้าน รวมทั้งส่วนที่ยื่นออกจากตัวอาคาร ถูกต้องตามที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ ทั้งนี้ที่ดินจริงอาจมีความคลาดเคลื่อน ไปจากที่ดินในโฉนดเล็กน้อย เจ้าของอาคารจึงควรดูจาก

จุดอ้างอิงจุดแรกเป็นหลัก และพิจารณาว่าแนวอาคารด้านไหนที่วางตัวขนานกับแนวเขตที่ดิน แล้วจึงค่อยพิจารณาจุดอื่น ๆ เทียบกับเส้นอ้างอิงตรวจสอบศูนย์กลางเสา ระยะห่างระหว่างเสา ระยะรวมทั้งหมด ให้สัมพันธ์กันทั้งเรื่องของตำแหน่ง ทิศทาง และแนวฉาก โดยควรให้ผู้รับเหมาทำเครื่องหมาย แสดงตำแหน่งแนวเสา พื้นที่ฐานรากให้ชัดเจน โดยขึ้นอยู่กับการตกลงกันตั้งแต่แรก เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบแนวผังอาคารว่าเป็นไปตามแบบหรือไม่ เมื่อติดตั้งการวางผังอาคารเสร็จ จะทำให้รู้ตำแหน่งระยะกึ่งกลางของเสาและฐานราก เพื่อให้สามารถดำเนินตามขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้าง ได้อาคารที่ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ และให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

การศึกษาโครงงานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคการทำแผนที่ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในการวางผังอาคารเพื่อเปรียบเทียบกับการวางผังโดยใช้อุปกรณ์ 4 ชนิดที่ใช้ในงานด้านการวางผังอาคาร ได้แก่ อากาศยานไร้คนขับ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม กล้องประมวลผลรวม และกล้องวัดมุม เพื่อดูค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์แต่ละชนิดร่วมถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน และปัจจัยในด้านต่าง ๆ ของอุปกรณ์ 4 ชนิดในการวางผังอาคาร

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียมความแม่นยำในการวางผังอาคารของอุปกรณ์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ กล้องวัดมุม กล้องประมวลผลรวม (Total Station) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมชนิดความละเอียดสูง และอากาศยานไร้คนขับ

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 การศึกษาในครั้งนี้ใช้พื้นที่ในการวางผังอาคาร 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก มีขนาดเท่ากับ 22.00 x 9.00 เมตร ขนาดกลางมีขนาดเท่ากับ 9.00 x 45.00 เมตร และขนาดใหญ่มีขนาดเท่ากับ 80.00 x 14.50 เมตร โดยทำการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ทั้ง 4 ชนิดในการวางผังอาคารและเปรียบเทียบในด้านเวลาที่ใช้ในการวางผังอาคาร

1.2.2 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการบิน ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4

1.2.3 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ยี่ห้อ SOUTH รุ่น New Galaxy G1

1.2.4 เครื่องควบคุมของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ยี่ห้อ SOUTH รุ่น H5

1.2.5 กล้องประมวลผลรวม (Total Station) ยี่ห้อ SOUTH รุ่น N40 (ความละเอียด 2")

1.2.6 กล้องวัดมุม ยี่ห้อ SOUTH รุ่น DT02 (ความละเอียด 2")

1.2.7 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT363

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบพิกัดกริด

ระบบพิกัดกริด เป็นระบบที่ใช้สำหรับกำหนดค่าจุดตำแหน่ง หรือค่าพิกัดภูมิศาสตร์ในระบบแผนที่ บนตำแหน่งของทรงกลมโลก ที่ไม่มีการอ้างอิงเส้นสมมุติใด ๆ หลังจากได้มีการกำหนดเส้นสมมุติต่าง ๆ ขึ้นในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน เช่น เส้นละติจูด เส้นลองจิจูด และเส้นศูนย์สูตร เพื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดของพื้นที่หรือตำบลใดๆ หรือพิกัดทางภูมิศาสตร์ เป็นรูปแบบตารางที่เส้นสมมุติมาตัดกัน ทำให้เป็นวิธีที่เข้าใจง่ายและใช้กันแพร่หลาย โดยระบบพิกัดเส้นโครงแผนที่นั้นมีอยู่หลายแบบ แต่ที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย คือ ระบบพิกัดฉากยูทีเอ็ม โดยจะแบ่งเป็นโซนมีค่าพิกัดตะวันออก เท่ากับ 500,000 เมตร และค่าพิกัดเหนือเท่ากับ 0 เมตร [1]

2.2 การสำรวจหาตำแหน่ง

การสำรวจเป็นการวัดหาตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ รวมไปถึงการกำหนดตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ที่ต้องการจะก่อสร้างขึ้นใหม่ในพื้นที่ ที่ต้องการถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในแวดวงการก่อสร้าง และยังเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลต่อขั้นตอนการวางแผนงานของโครงการรวมไปถึงขั้นตอนของการออกแบบการก่อสร้างให้ได้ตรงตามแบบที่กำหนดไว้ ไม่ว่าจะเป็นการก่อสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำ อาคาร รวมไปถึงงานก่อสร้างถนน [2]

2.3 ประเภทของงานรังวัด (TYPE OF SURVEYING)

งานสำรวจสามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.3.1 งานรังวัดควบคุม (Control Survey) เป็นการสร้างหมุดอ้างอิงเพื่อใช้ในการรังวัดอื่น ๆ โดยจะเป็นตัวควบคุมทั้งแนวราบและแนวดิ่ง

2.3.2 งานรังวัดภูมิประเทศ (Topographic Survey) เป็นการรังวัดเพื่อสำรวจสภาพภูมิประเทศ

2.3.3 งานรังวัดที่ดิน (Cadastral Survey) เป็นงานรังวัดเพื่อหาแนวเขตของพื้นที่

2.3.4 งานรังวัดเส้นทาง (Route Survey) เป็นการรังวัดเพื่อก่อสร้างเส้นทางต่าง ๆ เช่น ถนน ทางรถไฟ แนวท่อต่าง เป็นต้น

2.3.5 งานรังวัดเพื่อการก่อสร้าง (Construction Survey) เป็นการรังวัดเพื่อวางตำแหน่งของสิ่งก่อสร้าง

2.3.6.งานรังวัดเหมืองแร่ (Mine Survey) เป็นงานรังวัดที่บูรณาการทั้งการรังวัดภูมิประเทศ และการรังวัดควบคุมมาใช้ในงานเหมืองต่าง ๆ นอกจากนี้แล้วยังมีการรังวัดอีกหลากหลายประเภทโดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงาน [2]

2.4 ความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนและสาเหตุการของการเกิดความคลาดเคลื่อนในงานรังวัดในการรังวัดผู้รังวัดนั้นไม่สามารถที่จะรู้ได้ว่าค่าที่ถูกต้องนั้นเป็นเท่าไหร่ แม้ว่าผู้รังวัดจะทำการรังวัดในลักษณะเดิมซ้ำ ๆ ค่าที่ได้อาจจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลากหลายปัจจัยทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในงานรังวัดทั้งสิ้น [2]

2.6.1 MAE (Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|Error| \quad (1)$$

2.6.2 MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

$$M = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right| \times 100 \quad (2)$$

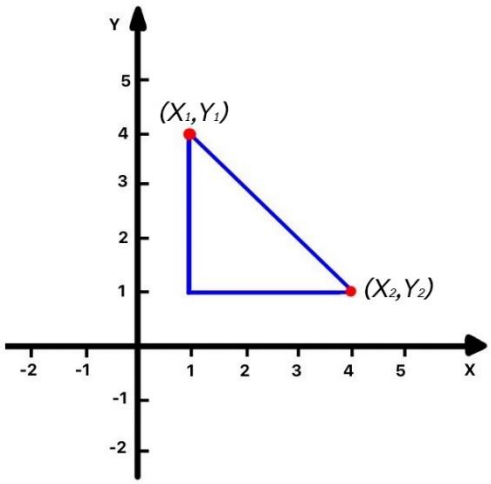
2.6.3 ความคลาดเคลื่อนทางราบ คือ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (ROOT MEAN SQUARE ERROR: RMSE) [7]

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Error)^2} \quad (3)$$

2.6.4 การคำนวณระยะทางจากพิกัด

เมื่อมีพิกัดกริดสองตำแหน่ง โดยเป็นรูปแบบจุดสองจุด (x1, y1) และ (x2, y2) สามราถหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดนี้ได้โดยใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส เพื่อหาความยาวของด้านที่สาม ซึ่งเป็นด้านตรงข้ามมุมฉากของสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังรูปที่ 1

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (4)$$



รูปที่ 1 หาระยะจากพิกัดสองตำแหน่ง

3. ระเบียบ และวิธีการวิจัย

โครงการศึกษานี้มีกระบวนการทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์โดยแยกออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 การวางแผนและเตรียมข้อมูล

การสำรวจบริเวณพื้นที่เพื่อทำการวางแผนการลงหมุดตำแหน่งตามขนาดพื้นที่ของอาคารทั้ง 3 ขนาด ดังรูปที่ 4 คือ แบบมาตรฐานการก่อสร้างอาคารเรียน ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยคัดเลือกตัวอย่างอาคารเรียนมา 3 ขนาด ที่ครอบคลุมแบบอาคารเรียนทั้งหมด ที่มีขนาดเล็ก กลางใหญ่ ตามลำดับ

3.2 เครื่องมือสำรวจและอุปกรณ์ ดังรูปที่ 2

3.2.1 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการบิน เป็นอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุนขนาดเล็ก ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4

3.2.2 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ยี่ห้อ SOUTH รุ่น New Galaxy G1

3.2.3 เครื่องควบคุมของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ยี่ห้อ SOUTH รุ่น H5

3.2.4 กล้องประมวลผลรวม (Total Station) ยี่ห้อ SOUTH รุ่น N40 (ความละเอียด 2”)

3.2.5 กล้องวัดมุม ยี่ห้อ SOUTH รุ่น DT02 (ความละเอียด 2”)

3.2.6 เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT363

3.2.7 ขาตั้งกล้อง

รูปที่ 2 เครื่องมือสำรวจและอุปกรณ์

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

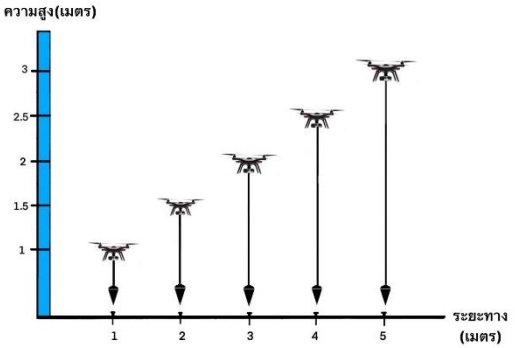
3.3.1 กำหนดตำแหน่งในการวางผังตามแบบที่กำหนดไว้ทั้ง 3 ขนาด ดังรูปที่ 4

3.3.2 วางตำแหน่งผังอาคารด้วยกล้องประมวลผลรวม โดยทำการวางผังในรูปแบบพิกัด เริ่มจากจุดเริ่มต้นขอบเขตที่ดิน จากอาคารขนาดเล็ก กลางและใหญ่ตามลำดับ

3.3.3 วางตำแหน่งผังอาคารด้วยกล้องวัดมุม ทำการวางผัง เริ่มจากอาคารขนาดเล็ก กลางและใหญ่ตามลำดับ พร้อมกับจับเวลาในการปฏิบัติงานของอาคารทั้ง 3 ขนาด

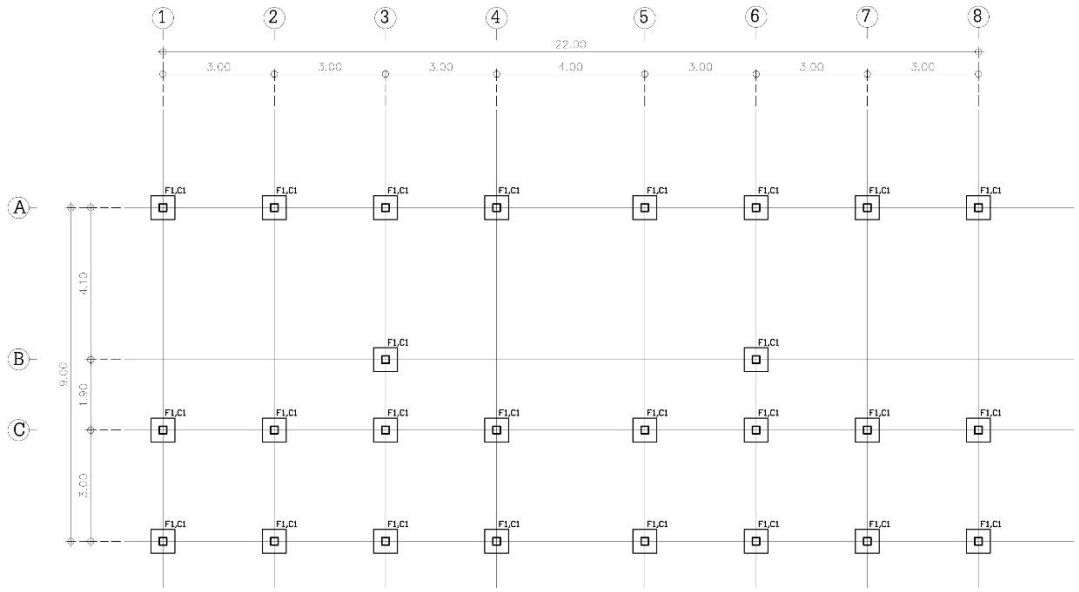
3.3.4 วางตำแหน่งผังอาคารด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยทำการวางผังในรูปแบบพิกัด เริ่มจากจุดเริ่มต้นขอบเขตที่ดิน จากอาคารขนาดเล็ก กลางและใหญ่ตามลำดับ

3.3.5 วางตำแหน่งผังอาคารด้วยเครื่องอากาศยานไร้คนขับโดยทำการวางผัง เริ่มจากอาคารขนาดเล็ก กลางและใหญ่ ในการวางผังจะใช้ความสูงในการบินที่ 1.50 เมตร โดยทำการหาความสูงการบินที่เหมาะสมเพื่อลงตำแหน่ง ดังรูปที่ 3

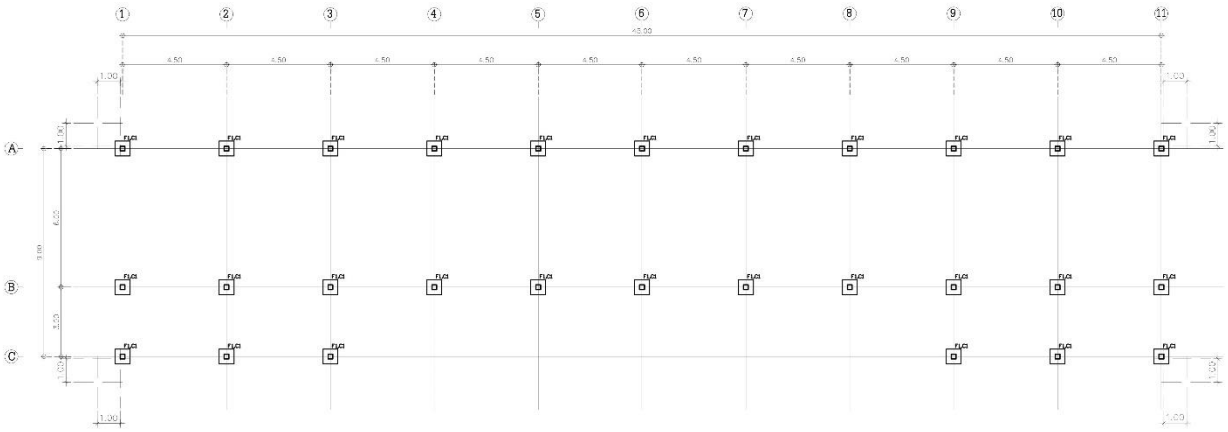


รูปที่ 3 หาความสูงการบิน

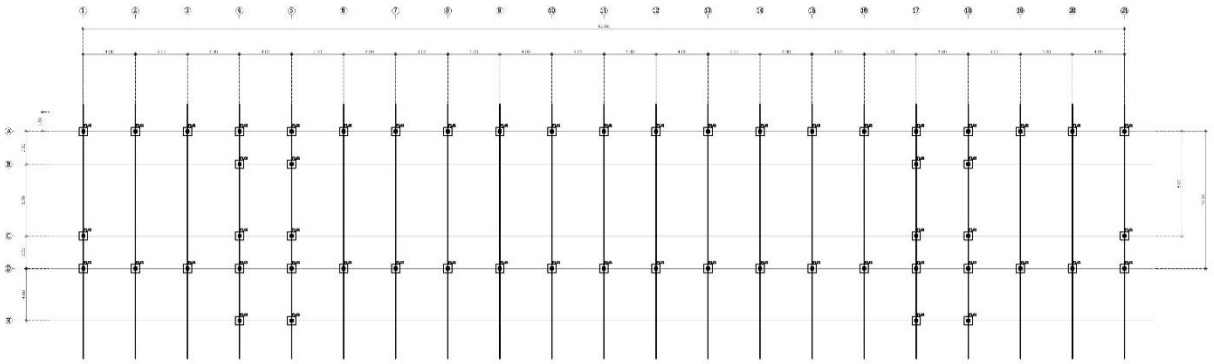
จากรูปที่ 3 ได้ทำการทดสอบการบินหาระดับความสูงที่เหมาะสมเพื่อนำมาบินในการวางตำแหน่งในแบบก่อสร้างอาคารเรียนทั้ง 3 แบบ ผลที่ได้คือ บินในระดับความสูงที่เกิน กว่า 1.50 เมตร ระดับของลูกดิ่งที่ยาวมากทำให้การแกว่งของลูกดิ่งไม่สามารถควบคุมได้ พร้อมแรงลมที่มากขึ้น



(ก) อาคารขนาดเล็กมีขนาดเท่ากับ 9.00x 22.00 เมตร



(ข) อาคารขนาดกลางมีขนาดเท่ากับ 9.00x 45.00 เมตร



(ค) อาคารขนาดใหญ่มีขนาดเท่ากับ 14.50 x 80.00 เมตร

รูปที่ 4 แบบแปลนฐานราก ทั้ง 3 ขนาดที่ใช้ในการวางผังอาคาร

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดที่ทำได้จริงของอุปกรณ์ 4 ชนิด ของอาคารขนาดเล็ก

ค่าพิกัด

ชื่อตำแหน่ง	พิกัดจากแบบ		ความคลาดเคลื่อน (จากพิกัดที่ทำได้จริงในพื้นที่)							
			กล้องวัดมุม		Total Station		RTK		โดรน	
	N เมตร	E เมตร	N เมตร	E เมตร	N เมตร	E เมตร	N เมตร	E เมตร	N เมตร	E เมตร
OCC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A1	2.000	11.000	2.000	11.002	2.000	11.000	2.001	11.000	3.000	12.000
A2	5.000	11.000	5.000	11.000	5.000	11.001	5.000	11.000	6.000	13.000
A3	8.000	11.000	8.000	11.003	8.000	11.000	8.000	11.000	9.000	15.000
A4	12.000	11.000	12.000	11.000	12.000	11.000	12.000	11.000	13.000	12.000
A5	15.000	11.000	15.000	11.000	15.000	11.000	15.000	11.000	18.000	10.000
A6	18.000	11.000	18.000	11.004	18.000	11.000	18.010	11.000	15.000	9.000
A7	21.000	11.000	21.000	11.005	21.000	11.000	21.000	11.000	19.000	9.000
A8	24.000	11.000	24.000	11.000	24.000	11.000	24.000	11.000	24.500	10.300
B3	8.000	6.900	8.002	6.900	8.000	6.900	8.000	6.900	7.300	6.500
B6	18.000	6.900	18.000	6.900	18.000	6.900	18.000	6.900	19.200	6.000
C1	2.000	5.000	2.000	5.000	2.000	5.000	2.000	5.000	3.000	7.000
C2	5.000	5.000	5.002	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	6.000	3.000
C3	8.000	5.000	8.000	5.000	8.000	5.000	8.000	5.001	9.000	4.600
C4	12.000	5.000	12.000	5.005	12.000	5.000	12.000	5.000	12.900	4.200
C5	15.000	5.000	15.000	5.005	15.000	5.001	15.000	5.000	15.600	5.800
C6	18.000	5.000	18.000	5.000	18.000	5.000	18.000	5.000	16.900	4.800
C7	21.000	5.000	21.000	5.000	21.000	5.000	21.000	5.000	22.100	5.500
C8	24.000	5.000	24.000	5.000	24.000	5.000	24.000	5.000	22.800	5.800
D1	2.000	2.000	2.000	2.002	2.000	2.000	2.000	2.000	1.900	2.200
D2	5.000	2.000	5.000	2.000	5.000	2.000	5.000	2.000	5.700	2.100
D3	8.000	2.000	8.000	2.000	8.000	2.000	8.000	2.000	8.800	3.300
D4	12.000	2.000	12.000	2.003	12.000	2.000	12.000	2.001	11.600	2.900
D5	15.000	2.000	15.000	2.000	15.000	2.000	15.000	2.000	16.500	3.200
D6	18.000	2.000	18.000	2.000	18.000	2.000	18.000	2.000	18.700	1.900
D7	21.000	2.000	21.000	2.000	21.000	2.000	21.000	2.000	21.900	3.400
D8	24.000	2.000	24.000	2.004	24.000	2.000	24.000	2.000	25.200	1.800

ตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนต่างๆอุปกรณ์ 4 ชนิด ของอาคารขนาดเล็ก

ความคลาดเคลื่อน (จากพิกัดที่ทำได้จริงในพื้นที่) — กล้องวัดมุม

ชื่อตำแหน่ง	พิกัดจากแบบ		กล้องวัดมุม		APE		MAE		MSE		ระยะคลาดเคลื่อน
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	d
	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	%	%	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร
OCC	0.000	0.000	0.000	0.000							
A1	2.000	11.000	2.000	11.002	0.000	0.018	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002
A2	5.000	11.000	5.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A3	8.000	11.000	8.000	11.003	0.000	0.027	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003
A4	12.000	11.000	12.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A5	15.000	11.000	15.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A6	18.000	11.000	18.000	11.004	0.000	0.036	0.000	0.004	0.000	0.000	0.004
A7	21.000	11.000	21.000	11.005	0.000	0.045	0.000	0.005	0.000	0.000	0.005
A8	24.000	11.000	24.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B3	8.000	6.900	8.002	6.900	0.025	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002
B6	18.000	6.900	18.000	6.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C1	2.000	5.000	2.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C2	5.000	5.000	5.002	5.000	0.040	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002
C3	8.000	5.000	8.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C4	12.000	5.000	12.000	5.005	0.000	0.100	0.000	0.005	0.000	0.000	0.005
C5	15.000	5.000	15.000	5.005	0.000	0.100	0.000	0.005	0.000	0.000	0.005
C6	18.000	5.000	18.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C7	21.000	5.000	21.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C8	24.000	5.000	24.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D1	2.000	2.000	2.000	2.002	0.000	0.100	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002
D2	5.000	2.000	5.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D3	8.000	2.000	8.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D4	12.000	2.000	12.000	2.003	0.000	0.150	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003
D5	15.000	2.000	15.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D6	18.000	2.000	18.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D7	21.000	2.000	21.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D8	24.000	2.000	24.000	2.004	0.000	0.200	0.000	0.004	0.000	0.000	0.004
MAPE (%)					0.003	0.030					
MAE							0.000	0.001			
RMSE									0.000	0.000	

ความคลาดเคลื่อน (จากพิกัดที่ทำได้จริงในพื้นที่) — Total Station

ชื่อตำแหน่ง	Total Station		APE		MAE		MSE		ระยะคลาดเคลื่อน
	N	E	N	E	N	E	N	E	d
	เมตร	เมตร	%	%	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร
OCC	0.000	0.000							
A1	2.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A2	5.000	11.001	0.000	0.009	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
A3	8.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A4	12.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A5	15.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A6	18.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A7	21.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A8	24.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B3	8.000	6.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B6	18.000	6.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C1	2.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C2	5.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C3	8.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C4	12.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C5	15.000	5.001	0.000	0.020	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
C6	18.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C7	21.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C8	24.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D1	2.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D2	5.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D3	8.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D4	12.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D5	15.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D6	18.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D7	21.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D8	24.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAPE (%)			0.000	0.001					
MAE					0.000	0.000			
RMSE							0.000	0.000	

ความคลาดเคลื่อน (จากพิกัดที่ทำได้จริงในพื้นที่) — RTK

ชื่อตำแหน่ง	RTK		APE		MAE		MSE		ระยะคลาดเคลื่อน
	N	E	N	E	N	E	N	E	d
	เมตร	เมตร	%	%	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร
OCC	0.000	0.000							
A1	2.001	11.000	0.050	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
A2	5.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A3	8.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A4	12.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A5	15.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A6	18.010	11.000	0.056	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
A7	21.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A8	24.000	11.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B3	8.000	6.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B6	18.000	6.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C1	2.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C2	5.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C3	8.000	5.001	0.000	0.020	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
C4	12.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C5	15.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C6	18.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C7	21.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C8	24.000	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D1	2.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D2	5.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D3	8.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D4	12.000	2.001	0.000	0.050	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
D5	15.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D6	18.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D7	21.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D8	24.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAPE (%)			0.004	0.003					
MAE					0.000	0.000			
RMSE							0.000	0.000	

ความคลาดเคลื่อน (จากพิกัดที่ทำได้จริงในพื้นที่) — โดรน

ชื่อตำแหน่ง	โดรน		APE		MAE		MSE		ระยะคลาดเคลื่อน
	N	E	N	E	N	E	N	E	d
	เมตร	เมตร	%	%	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร
OCC	0.000	0.000							
A1	3.000	12.000	50.000	9.091	1.000	1.000	1.000	1.000	1.414
A2	6.000	13.000	20.000	18.182	1.000	2.000	1.000	4.000	2.236
A3	9.000	15.000	12.500	36.364	1.000	4.000	1.000	16.000	4.123
A4	13.000	12.000	8.333	9.091	1.000	1.000	1.000	1.000	1.414
A5	18.000	10.000	20.000	9.091	3.000	1.000	9.000	1.000	3.162
A6	15.000	9.000	16.667	18.182	3.000	2.000	9.000	4.000	3.606
A7	19.000	9.000	9.524	18.182	2.000	2.000	4.000	4.000	2.828
A8	24.500	10.300	2.083	6.364	0.500	0.700	0.250	0.490	0.860
B3	7.300	6.500	8.750	5.797	0.700	0.400	0.490	0.160	0.806
B6	19.200	6.000	6.667	13.043	1.200	0.900	1.440	0.810	1.500
C1	3.000	7.000	50.000	40.000	1.000	2.000	1.000	4.000	2.236
C2	6.000	3.000	20.000	40.000	1.000	2.000	1.000	4.000	2.236
C3	9.000	4.600	12.500	8.000	1.000	0.400	1.000	0.160	1.077
C4	12.900	4.200	7.500	16.000	0.900	0.800	0.810	0.640	1.204
C5	15.600	5.800	4.000	16.000	0.600	0.800	0.360	0.640	1.000
C6	16.900	4.800	6.111	4.000	1.100	0.200	1.210	0.040	1.118
C7	22.100	5.500	5.238	10.000	1.100	0.500	1.210	0.250	1.208
C8	22.800	5.800	5.000	16.000	1.200	0.800	1.440	0.640	1.442
D1	1.900	2.200	5.000	10.000	0.100	0.200	0.010	0.040	0.224
D2	5.700	2.100	14.000	5.000	0.700	0.100	0.490	0.010	0.707
D3	8.800	3.300	10.000	65.000	0.800	1.300	0.640	1.690	1.526
D4	11.600	2.900	3.333	45.000	0.400	0.900	0.160	0.810	0.985
D5	16.500	3.200	10.000	60.000	1.500	1.200	2.250	1.440	1.921
D6	18.700	1.900	3.889	5.000	0.700	0.100	0.490	0.010	0.707
D7	21.900	3.400	4.286	70.000	0.900	1.400	0.810	1.960	1.664
D8	25.200	1.800	5.000	10.000	1.200	0.200	1.440	0.040	1.217
MAPE (%)			12.322	21.669					
MAE					1.100	1.073			
RMSE							0.063	0.072	

4. ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการสำรวจ ดังตารางที่ 1และการวิเคราะห์ผลการวางผังอาคาร ดังตารางที่ 2 ทั้ง 3 ขนาด โดยใช้อุปกรณ์ทั้ง 4 ชนิด คือ กล้องวัดมุม กล้องประมวลผล เครื่องรับสัญญานดาวเทียม และเครื่องอากาศยานไร้คนขับ

4.1 ผลการเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนของการวางผัง

ความคลาดเคลื่อน (จากพิกัดที่ทำได้จริงในพื้นที่) ของเครื่องมือแต่ละชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับพิกัดออกแบบ ผลการสำรวจจากการกำหนดตำแหน่งในการวางผังตามแบบที่กำหนดไว้ 3 ขนาด คือ อาคารขนาดเล็ก อาคารขนาดกลาง และอาคารขนาดใหญ่

4.1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของอาคารขนาดเล็ก

จากตารางการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ 4 ชนิดของอาคารขนาดเล็ก ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนอุปกรณ์ 4 ชนิด ของอาคารขนาดเล็ก

Error / อุปกรณ์	MAE (เมตร)		MAPE (%)		RMSE (เมตร)		d
	N	E	N	E	N	E	เมตร
กล้องวัดมุม	0.000	0.001	0.003	0.030	0.000	0.000	0.037
กล้อง Total Station	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002
RTK	0.000	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000	0.013
โดรน	1.100	1.073	12.322	21.669	0.063	0.072	42.423

พบว่าชนิดเครื่องมือสำรวจกล้องวัดมุม มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.000 และ 0.001 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.003 และ 0.030% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.037 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้อง Total Station มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.000 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.001% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.002 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้อง RTK มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.000 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.004% และ 0.003% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.013 เมตร

และชนิดเครื่องมือสำรวจกล้องโดรน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 1.100 และ 1.073 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 12.322% และ 21.669% เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.063 และ 0.072 เมตร และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 42.423 เมตร

4.1.2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของอาคารขนาดกลาง

จากตารางการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ 4 ชนิดของอาคารขนาดกลาง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนอุปกรณ์ 4 ชนิด ของอาคารขนาดกลาง

Error / อุปกรณ์	MAE (เมตร)		MAPE (%)		RMSE (เมตร)		d
	N	E	N	E	N	E	เมตร
กล้องวัดมุม	0.008	0.000	0.102	0.002	0.000	0.000	0.236
กล้อง Total Station	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.007
RTK	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.011
โดรน	1.161	1.068	10.871	19.405	0.081	0.055	48.688

พบว่าชนิดเครื่องมือสำรวจกล้องวัดมุม มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.000 และ 0.001 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.003 และ 0.030% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.236 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้อง Total Station มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.000 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.001% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.007 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้อง RTK มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.000 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.004% และ 0.003% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำ

ข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.011 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้องโดรน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 1.100 และ 1.073 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 12.322% และ 21.669% เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.063 และ 0.072 เมตร และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 48.688 เมตร

4.1.3 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของอาคารขนาดใหญ่

จากตารางการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ 4 ชนิดของอาคารขนาดใหญ่ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนอุปกรณ์ 4 ชนิด ของอาคารขนาดใหญ่

Error / อุปกรณ์	MAE (เมตร)		MAPE (%)		RMSE (เมตร)		d
	N	E	N	E	N	E	เมตร
กล้องวัดมุม	0.005	0.000	0.052	0.000	0.000	0.000	0.289
กล้อง Total Station	0.001	0.001	0.001	0.005	0.000	0.000	0.054
RTK	0.001	0.001	0.003	0.018	0.000	0.000	0.086
โดรน	1.040	0.933	7.462	13.063	0.023	0.018	79.223

พบว่าชนิดเครื่องมือสำรวจกล้องวัดมุม มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.005 และ 0.000 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.052 และ 0.000% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.289 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้อง Total Station มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.001 และ 0.001 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.001% และ 0.005% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.054 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้อง RTK มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 0.001 และ 0.001 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 0.003% และ 0.018% แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์ ผู้วิจัยจึงมองว่าไม่สามารถนำข้อมูลของค่าความคลาดเคลื่อน RMSE มาเปรียบเทียบได้ เพราะไม่มีค่าความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 0.086 เมตร

ชนิดเครื่องมือสำรวจกล้องโดรน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAE อยู่ที่ 1.040 และ 0.933 เมตร เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน MAPE อยู่ที่ 7.462% และ 13.063% เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน RMSE ผลปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเป็น 0.023 และ 0.018 เมตร และความคลาดเคลื่อนทางด้านระยะรวม ที่คำนวณมาจากพิกัด 2 ตำแหน่ง ที่ตำแหน่งหมุดผังเดียวกัน อยู่ที่ 79.223 เมตร

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์นำอากาศยานไร้คนขับนำมาใช้ในการวางผังอาคารซึ่งมีขนาดอาคารที่แตกต่างกัน 3 ขนาด โดยทำการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวางผังอาคารอีก 3 ชนิดคือ กล้องประมวลผล กล้องวัดมุม และเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม โดยเริ่มต้นที่อาคารขนาดเล็กพื้นที่ 9.00x22.00 เมตร ขนาดกลาง 9.00x45.00 เมตร และขนาดใหญ่ 14.50x80.00 เมตร ตามลำดับ พบว่าผลที่ออกมาของการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการใช้อากาศยานไร้คนขับในการวางผังก็ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าอุปกรณ์อีก 3 ชนิด และมีค่าความคาดเคลื่อนเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานในงานก่อสร้างอาคาร ซึ่งจะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์อีก 3 ชนิด มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่ถึง 1 เซนติเมตร เรียงตามลำดับ คือ กล้องประมวลผลรวม (Total Station) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม และกล้องวัดมุม

สรุปได้ว่าการใช้เครื่องอากาศยานไร้คนขับในการวางผังนั้นสามารถนำมาใช้ในการวางผังได้ในกรณีที่งานไม่ต้องการความละเอียดมาก แต่อากาศยานไร้คนขับเหมาะกับงานถ่ายภาพทางด้านสูงเพื่อประมวลผลภูมิประเทศได้มากกว่าการนำมาวางผังอาคารเนื่องมีปัจจัยในหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านแรงลม ความสูงของการบิน และสัญญาณที่ใช้ในการขับเคลื่อนอากาศยานไร้คนขับ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้ใช้งาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมที่ดิน, (2551) มาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ

[2] สันติพงศ์ วิถียภัณฑ์. (2539). การสำรวจรังวัดเบื้องต้น.

[3] Rakha, T. and Gorodetsky, A.,2018, “Review of Unmanned Aerial System (USA) Applications in the Built Environment : Towards Automated Building Inspection Procedures using Drone,” Automation in Consturction,93,pp.252-264.

[4] Crouch, C.C., 2005, Integration of Mini-Uavs At The Tactical Operations Level:Implications of Operations, Implementation, And Information Sharing, Naval Postgraduate School Monterey CA.

[5] Hassanalian, M. and Abdelkefi, A., 2017, " Classifications, Applications, and Design Challenges of Drones: A Review," Progress in Aerospace Sciences, 91, pp. 99-131.

[6] Fornace, K.M., Drakeley, C.J., William, T., Espino, F. and Cox, J., 2014 " Mapping Infectious Disease Landscapes: Unmanned Aerial Vehicles and Epidemiology," Trends in Parasitology, 30(11), pp. 514-519.

[7] พูนทรัพย์ ทะริ. (2564). การประเมินค่าความถูกต้องทางตำแหน่งโดยใช้ค่าแก้จากระบบดาวเทียม SBAS ร่วมกับการรังวัดด้วยระบบดาวเทียม GPS สำหรับการประมวลผลการรังวัดตำแหน่งแบบจุดเดี่ยว ในพื้นที่ประเทศไทยกรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย