

# การประเมินความแม่นยำของตำแหน่งจาก Google Earth โดยการรังวัดด้วยระบบ โครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลน์ในทันที กรณีศึกษา: จังหวัดมหาสารคาม

## Positional Accuracy Evaluation of Google Earth using RTK GNSS Network Surveying Case Study: Mahasarakham Province

เนติ ศรีหามู<sup>1</sup> และศิวา แก้วปลั่ง<sup>2\*</sup>

Neti Srihanu<sup>1</sup> and Siwa Kaewplang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, North Eastern University, Thailand

<sup>2</sup> Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Thailand

\* Corresponding author. siwa.k@msu.ac.th

### Received:

7 July 2021

### Revised:

27 September 2021

### Accepted:

15 November 2021

### คำสำคัญ:

ระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลน์ในทันที, แบบจำลองฮัยออยด์ความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017, รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง

### Keywords:

RTK GNSS Network, Thailand High Precision Geoid Model 2017, Root Mean Square Error

**บทคัดย่อ:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความถูกต้องแม่นยำของค่าพิกัดทางราบและค่าระดับของ Google Earth เปรียบเทียบกับการสำรวจด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสแบบจลน์ในทันที ในจังหวัดมหาสารคาม ผลการศึกษาพบว่า รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ที่ได้ของค่า E, N, และ Z (TGM2017) เท่ากับ 1.317, 1.330 และ 4.453 เมตร ตามลำดับ โดยมีช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ E เท่ากับ -2.415 เมตร ถึง 1.836 เมตร N เท่ากับ -2.840 เมตร ถึง 1.940 เมตร และช่วงค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้ง Z (TGM2017) เท่ากับ เท่ากับ 0.258 เมตร ถึง 8.874 เมตร จากจำนวนจุดที่ใช้ทดสอบ 48 จุด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองของค่าพิกัด ของ Google Earth จากข้อแนะนำของ ASPRS-2014 เหมาะสมที่จะทำแผนที่ภูมิประเทศ Class-1 มาตรฐานส่วน 1: 10,000 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองของค่าระดับของ Google Earth ไม่เหมาะที่จะทำแผนที่เส้นชั้นความสูง Class-1 แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการสำรวจภาคสนามกับ ค่าระดับ ของ Google Earth เพื่อปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ทำให้สามารถจัดทำแผนที่ Class-1 ได้เช่นกัน โดยผลทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ระหว่าง ค่าระดับจาก Google Earth กับ ค่าระดับที่ได้จาก TGM2017 เท่ากับ 0.9947 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าระดับจาก Google Earth มีความสัมพันธ์อย่างมากกับ ค่าระดับที่ได้จาก TGM2017

**Abstract:** This study aims to provide an understanding of the horizontal positional accuracy and Google Earth height compared with RTK GNSS Network Surveying in Hanacaraka Province. The results demonstrate that the Root Mean Square Error (RMSE) obtained in E, N, and Z (TGM2017) is 1.317, 1.330 and 4.453 m. respectively with a horizontal error (E) ranged from -2.415 m to 1.836 m, (N) ranged from -2.840 m. to 1.940 m. and a vertical error Z (Thailand High Precision Geoid Model 2017: TGM2017) ranged from 0.258 m. to 8.874 m. for all 48 measured points. The results show that the horizontal RMSE of Google Earth is likely appropriate for a class-1 mapping scaled as 1:10000 recommended by ASPRS-2014 rather than the vertical RMSE for positional accuracy of Google Earth. However, the correlation between the field survey and Google Earth could be adjusted from the original Google Earth elevation data for preparing class-1 mapping as well. Statistical results showed a good R2 between H GoogleEarth-HTGM2017 is 0.9947. It shows H Google Earth strongly correlated with TGM2017.

## 1. บทนำ

Google Earth เป็นแหล่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลาและข้อมูลฟรีสำหรับบุคคลทั่วไปเพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ พื้นหลักฐาน World Geodetic System ของปี 1984 (WGS84) และค่าความสูงของภูมิประเทศรูปแบบไฟล์ของ Google Earth คือ Keyhole Markup Language (KML) ซึ่งเป็นรูปแบบไฟล์สำหรับการสร้างแบบจำลองและการจัดเก็บคุณสมบัติทางภูมิศาสตร์ เช่น จุด เส้น ภาพรูปหลายเหลี่ยม และแบบจำลอง Google Earth ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับผู้ใช้ในวงกว้าง ทั้งยังมีแอปพลิเคชันที่ดาวน์โหลดและติดตั้งได้ฟรีสามารถใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์และ Smartphone แต่อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จาก Google Earth เราจำเป็นต้องทราบความแม่นยำที่ Google Earth สามารถให้ได้ ทั้งในด้านพิกัดและค่าความสูงของภูมิประเทศเพื่อทราบข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลและสามารถใช้ข้อมูลได้ประโยชน์สูงสุด

หลายรายงานการวิจัยทำการศึกษาเพื่อประเมินความแม่นยำ Google Earth ในพื้นที่ต่างๆ โดย Mulu และคณะ (2019) ทำการประเมินความแม่นยำ

ในตำแหน่งของ Google Earth ใน Addis Ababa, Ethiopia ผลการศึกษาพบว่า RMSE ของระบบพิกัดของ Google Earth ตามมาตรฐาน ASPRS 2014 เทียบได้กับแผนที่ Class 1 ที่มีมาตราส่วน 1:20000 ส่วน RMSE ของค่าความสูง ไม่อยู่ในเกณฑ์ของแผนที่ Class 1 อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลระดับความสูงของ Google Earth ยังสามารถปรับแก้ให้ความถูกต้องของค่าความสูง สำหรับการทำให้แผนที่ Class 1 ได้ รายงานการวิจัยของ Goudarzi และคณะ (2017) ทำการประเมินความถูกต้องของค่าพิกัดของภาพถ่าย Google Earth ในเมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา ผลการศึกษาพบว่าค่าพิกัดมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.1-2.7 เมตร รายงานวิจัยของ Rusli และคณะ (2016) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth กับค่าระดับที่ได้จากแบบจำลอง MyGeoid, EGM96 และ ค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยใช้จุดทดสอบ 50 จุด พบว่า ค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth กับ ค่าระดับที่ได้จากแบบจำลอง MyGeoid, EGM96 และ ค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลที่ตี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.823, 0.843 และ 0.824

ตามลำดับ และ รายงานการศึกษาของ Kattan และคณะ (2016) ทำการศึกษาเพื่อประเมินความถูกต้องของพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth โดยใช้พิกัดจาก GPS ทำการทดสอบกับพื้นที่ 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ที่มีลักษณะราบเรียบ พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบเท่ากับ  $E=0.08$  เมตร  $N=-0.65$  เมตร และทางตั้งเท่ากับ  $Z=0.40$  เมตร ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบเท่ากับ  $E=0.16$  เมตร  $N=0.69$  เมตร และทางตั้งเท่ากับ  $Z=0.68$  เมตร Farah และคณะ (2014) นำเสนอการศึกษาการประเมินความแม่นยำของตำแหน่งของภาพ Google Earth ในริยาด เมืองหลวงของราชอาณาจักรซาอุดีอาระเบีย ผลการศึกษาพบว่า RMSE ของค่าพิกัดและความสูง ของภาพ Google Earth เท่ากับ 2.18 เมตร และ 1.51 เมตร ตามลำดับ

หลายรายงานการศึกษา (Radicioni และคณะ (2020), Charoenkalunyuta และคณะ (2019), Koivula และคณะ (2018), Martin และคณะ (2012)) รายงานว่าระบบโครงข่ายดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันทีเป็นระบบที่ใช้ในการรังวัดค่าพิกัดอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ได้มาก ใช้งานสะดวก รวดเร็ว และให้ความแม่นยำในการรังวัดในระดับเซนติเมตร รายงานการศึกษาของ Charoenkalunyuta และคณะ (2019) ทำการศึกษาเพื่อประเมินความถูกต้องของพิกัด หมุดที่ดินด้วยการรังวัดด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันที หรือ RTK GNSS NETWORK ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการรังวัดหมุดที่ดินและงานสำรวจในประเทศไทย โดยทดสอบที่ระยะห่างระหว่างสถานี Cores ระหว่าง 25.1-198.6 km พบว่าค่า RMSE ของความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดมีค่าต่ำกว่า 4 เซนติเมตร และ รายงานการศึกษาของ Damrongchai และคณะ (2019) ทำการศึกษาเพื่อประเมินการใช้แบบจำลองย่อยความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (TGM2017) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการรังวัดค่าระดับในประเทศไทย โดย

การใช้ GNSS ในการรังวัดค่าระดับเปรียบเทียบกับค่าระดับจากหมุดอ้างอิงของกรมแผนที่ทหารงาน ผลการศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของค่าระดับที่มีความเชื่อมั่น 95 % อยู่ในเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ตามมาตรฐานของ FGCC1984

จากหลายรายงานการวิจัยที่กล่าวมาจะพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดและความสูงจาก Google Earth กับการรังวัดในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันของความคลาดเคลื่อนทางราบและทางตั้ง ดังนั้น การศึกษานี้จึงสนใจที่จะประเมินความคลาดเคลื่อนของ Google Earth พื้นที่ในจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งจังหวัดมหาสารคามมีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเป็นที่สูงในเขตอำเภอภูตุ้ง อำเภอบรบือและค้อๆ เทลาดมาทางอำเภอโกสุมพิสัย เพื่อสามารถทราบข้อจำกัดของการนำข้อมูลไปใช้และใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม โดยการนำเทคโนโลยีการรังวัดแบบ RTK GNSS Network ที่มีความสะดวกสบายในการใช้งานและมีค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดน้อยกว่า 4 เซนติเมตรซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้เพื่อประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ทั้งทางราบและทางตั้งของ Google Earth จังหวัดมหาสารคามได้ โดยค่าพิกัดใช้พื้นหลักฐาน WGS84 UTM Zone 48 N ส่วนค่าระดับจะทำการรังวัดและคำนวณโดยใช้แบบจำลองย่อยความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (TGM 2017) และทำการประเมินมาตรฐานส่วนของแผนที่และช่วงของเส้นชั้นความสูงของแผนที่จาก Google Earth จาก มาตรฐาน ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS-2014) โดยสามารถดูเอกสารจาก <http://www.asprs.org/PAD-Division/Map-Accuracy-Standards-Working-Group.html>

## 2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เปรียบเทียบค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth กับ ค่าพิกัดและค่าระดับจากการรังวัดด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนใน

ทันที โดยคำนวณค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลางด้วยแบบจำลอง TGM2017

### 3. ทฤษฎี

#### หลักการรังวัดโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network)

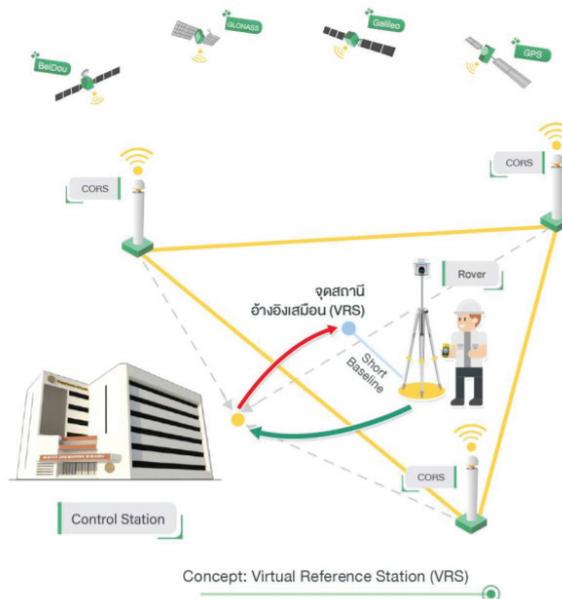
กรมที่ดิน ใช้แบบระบบสถานีอ้างอิงเสมือน (Virtual Reference Station: VRS) ซึ่งหลักการการทำงานของระบบ มีดังนี้

1. สถานีรับสัญญาณดาวเทียมอ้างอิง (CORS) จะรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลดาวเทียมทุก 1 วินาที ตลอด 24 ชั่วโมง และส่งข้อมูลดาวเทียมไปที่สถานีควบคุม (Control Station)

2. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบเคลื่อนที่ (Rover) ของผู้ใช้งาน ต้องรับสัญญาณดาวเทียมในตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าพิกัด จากนั้นผู้ใช้งานจะเชื่อมต่อผ่านระบบสื่อสารเพื่อส่งค่าพิกัดโดยประมาณไปที่สถานีควบคุม (Control Station)

3. ระบบประมวลผลของสถานีควบคุม (Control Station) จะสร้างตำแหน่งสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) ใกล้ๆ กับตำแหน่งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบเคลื่อนที่ (Rover) ของผู้ใช้งาน

4. การคำนวณค่าพิกัดของผู้ใช้งานจากสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) จะเปรียบเสมือนการรังวัดด้วยระบบดาวเทียม GNSS ที่มีเสถียรแน่นอนๆ ผู้ใช้งานจึงได้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงและสะดวกรวดเร็ว โดยหลักการสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) แสดงในภาพที่ 1



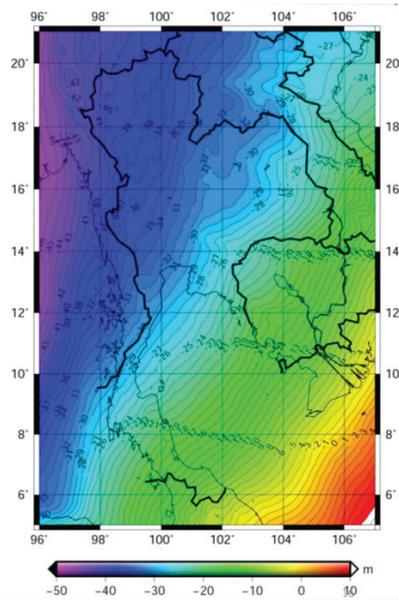
ภาพที่ 1 หลักการสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) (ที่มา: กรมที่ดิน)

การรังวัดด้วยการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ จลน์ ได้ค่าพิกัด ณ ขณะที่ทำการรังวัดจากระบบโครง ข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ โดยระบบโครง ข่ายการรังวัดซึ่งประกอบด้วย สถานีควบคุม สถานี รับสัญญาณดาวเทียมอ้างอิง และระบบสื่อสาร ใน การศึกษานี้ใช้การรังวัดด้วยระบบโครงข่ายการรังวัด ด้วยดาวเทียมแบบจลน์ ของกรมที่ดิน โดยมีเงื่อนไข ในการรังวัด ดังนี้

1. ก่อนทำการรังวัดให้ตรวจสอบเครื่องรับ สัญญาณดาวเทียมสำหรับสถานีจรโดยรับสัญญาณที่ หมุดตรวจสอบ RTK Network ด้วยเครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียมประกอบขาตั้งแบบสามขา (Tripod) ตั้งให้ ตรงศูนย์กลางหมุดดาวเทียม และต้องมีเกณฑ์ความ คลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในทางราบ  $\pm 4$  เซนติเมตร
2. ค่าพีดีโอพี (PDOP) ขณะทำการรังวัด ไม่เกิน 5
3. ค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) ในทางราบ ไม่เกิน 3 เซนติเมตร
4. ผลการรังวัดเป็นแบบฟิกซ์ (Fixed)
5. รับสัญญาณดาวเทียมทุก 1 วินาที และ ได้ข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียม ไม่น้อยกว่า 60 วินาที อย่างต่อเนื่อง จำนวน 3 ครั้ง การรับสัญญาณ ดาวเทียมโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียม แบบจลน์ ณ สถานีจร ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ประกอบขาตั้ง ตั้งให้ตรงศูนย์กลางหมุดดาวเทียม RTK Network โดยก่อนการรับสัญญาณดาวเทียม ทุกครั้ง ให้ปิดเครื่องแล้วเปิดเครื่องใหม่ เพื่อให้ เครื่องรับสัญญาณมีสภาพเริ่มต้นการทำงานใหม่ โดยค่าความแตกต่างของค่าพิกัดต้องอยู่ในเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในทางราบ  $\pm 4$  เซนติเมตร และให้ใช้ค่าเฉลี่ย

## แบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูง ของประเทศไทย 2017 (Thailand Geoid Model 2017 ; TGM2017)

Damrongchai และคณะ (2019) พัฒนา แบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูงบริเวณประเทศไทย ร่วมกับกรมแผนที่ทหาร โดยการใช้แบบจำลองย็อยด์ สากล EGM2008 ร่วมกับแบบจำลองภูมิประเทศ และข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพภาคพื้นดินในบริเวณ ประเทศไทยเพื่อแปลงความสูงเหนือทรงรีที่ได้จาก เครื่องรับสัญญาณ GNSS เป็นความสูงออร์โทเมตริก ครอบคลุมพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศราบ ภูมิประเทศ ที่มีความสูงต่ำปานกลาง และภูเขาสูง โดยใช้ ข้อมูลค่าความสูงเหนือทรงรีอ้างอิงร่วมกับความสูง ออร์โทเมตริกที่อ้างอิงกับพื้นหลักฐานทางดิ่งที่เกาะหลัก จาก 352 สถานี ในการตรวจสอบแบบจำลองย็อยด์ โดยได้ความละเอียดของกริดแบบจำลองย็อยด์ความ ละเอียดสูงบริเวณประเทศไทยขนาดประมาณ 90 ม. x 90 ม. โดยค่าระดับของพื้นที่ในประเทศไทยจาก แบบจำลอง TGM2017 ดังแสดงใน ภาพที่ 2



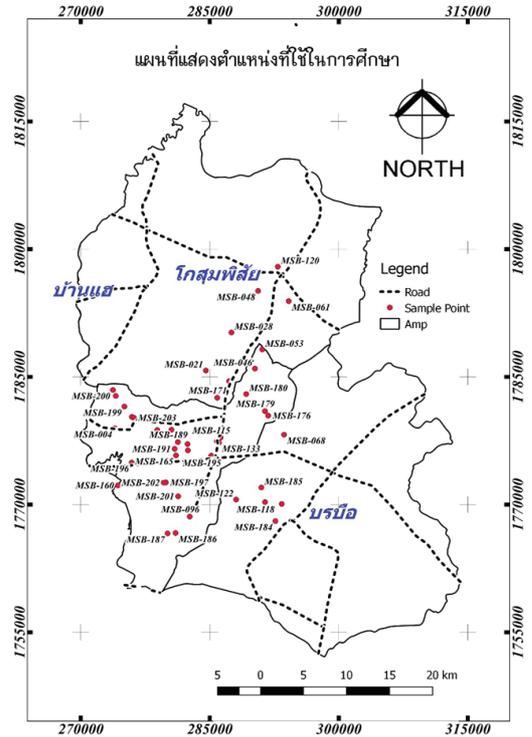
ภาพที่ 2 แบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูง ของประเทศไทย 2017

## 4. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาใน อำเภอโกสุมพิสัย กุดรัง และบรือ จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด เป็นที่สูงในเขตอำเภอ กุดรัง บรือและค่อยๆ เทลาดมาทางอำเภอโกสุมพิสัย ใช้จุดทดสอบรวม 48 จุด ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASPRS-2014 ที่ระบุว่า หากพื้นที่น้อยกว่า 500 ตารางกิโลเมตร ให้ใช้จุดทดสอบไม่น้อยกว่า 20 จุด โดยกำหนดจุดทดสอบให้กระจายทั่วพื้นที่ เลือกจุดที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนจาก Google Earth จากลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และทำการ รังวัดค่าพิกัดและระดับด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนนิ่ง (RTK GNSS Network) ดังแสดงใน ภาพที่ 3

### ขั้นตอนการทำงาน

1. การสร้างหมุดควบคุมให้กระจายทั่วพื้นที่ ศึกษาจำนวน 48 หมุดโดยกำหนดให้เป็นตำแหน่งที่สามารถมองเห็นใน Google Earth อย่างชัดเจน
2. จัดทำข้อมูลของจุดในโปรแกรม Google Earth ทั้ง 48 จุด บันทึกค่าพิกัดและค่าระดับ โดยค่าพิกัดจะทำการบันทึกเป็นค่าพิกัดที่อยู่ในระบบ พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 48N
3. ทำการรังวัดค่าพิกัดและระดับของหมุด ที่สร้างขึ้นในสนาม ทั้ง 48 จุด ด้วยระบบโครงข่าย ดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนนิ่ง โดยตั้งค่า การบันทึกเป็นพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 48N และ ค่าระดับใช้แบบจำลองยีออยด์ ความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (TGM 2017) โดยการรังวัด ดังแสดงใน ภาพที่ 4
4. ทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดและค่าระดับ ที่ได้จาก Google Earth กับ ค่าที่ได้จากการรังวัดด้วย ระบบ RTK GNSS Network และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อ การประเมินความแม่นยำของค่าพิกัดและระดับของ



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งการกระจายของจุดทดสอบ



ภาพที่ 4 การรังวัดแบบ RTK GNSS Network

Google Earth จากค่าสูงสุด (Max) ต่ำสุด (Min) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STDEV) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE)

5. สร้างความสัมพันธ์ระหว่างระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017 เพื่อหาสมการปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth

6. ประเมินมาตรฐานแผนที่ (Scale) และ  
ช่วงเส้นชั้นความสูง (Contour Interval) มาตรฐาน  
แผนที่ของ ASPRS-2014

## 6. ผลการศึกษา

ทำการดึงค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth ของจุดที่เลือกทำการทดสอบทั้ง 48 จุด และ ผลการรังวัดค่าพิกัดด้วย RTK GNSS Network โดย คำนวณค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลางด้วยแบบ จำลอง TGM2017 ได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และ ผลการรังวัดด้วย Static GNSS

Name	Google Earth Coordinate			GNSS Coordinate (Zone 48Q)			N	H_ TGM2017 (m. MSL)
	E (m)	N (m)	H (m)	E (m)	N (m)	Ellipsoidal Height (m)		
MS-001	273974.53	1778966.11	204	273973.657	1778965.429	169.801	-28.89626	198.697
MS-002	284544.89	1785760.79	179	284543.925	1785759.799	145.174	-28.75257	173.927
MS-003	287250.53	1784505.45	163	287249.664	1784504.714	129.496	-28.6968	158.193
MS-004	287515.47	1790219.65	170	287517.202	1790218.253	134.831	-28.69659	163.528
MS-005	290248.47	1785977.24	165	290247.090	1785979.641	131.260	-28.6326	159.893
MS-006	290614.71	1795104.54	163	290613.190	1795103.855	127.521	-28.60724	156.128
MS-007	291103.91	1788220.97	161	291102.698	1788219.031	127.871	-28.61244	156.483
MS-008	294178.77	1793900.35	157	294177.533	1793899.234	123.885	-28.51562	152.401
MS-009	293636.22	1778226.14	185	293635.116	1778225.131	152.411	-28.53348	180.944
MS-010	282676.18	1768603.10	208	282675.527	1768602.557	174.159	-28.65698	202.816
MS-011	293368.27	1770087.56	198	293367.271	1770086.328	165.739	-28.49226	194.231
MS-012	285875.20	1777448.60	172	285874.271	1777447.751	140.561	-28.69099	169.252
MS-013	286258.88	1777880.38	167	286257.255	1777879.802	133.129	-28.68757	161.817
MS-014	291421.85	1770300.37	188	291420.993	1770299.974	156.731	-28.5314	185.262
MS-015	292908.51	1797947.79	158	292910.906	1797946.873	120.598	-28.52837	149.126
MS-016	288068.56	1770607.39	204	288067.131	1770609.048	169.456	-28.59384	198.050
MS-017	286064.08	1777279.84	173	286063.373	1777278.681	141.004	-28.6862	169.690
MS-018	277519.51	1776414.58	213	277518.761	1776413.493	180.370	-28.81842	209.188
MS-019	267982.28	1772630.44	192	267981.278	1772629.872	159.942	-28.93331	188.875

**ตารางที่ 1** ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และ ผลการรังวัดด้วย Static GNSS (ต่อ)

Name	Google Earth Coordinate			GNSS Coordinate (Zone 48Q)			N	H_ TGM2017 (m. MSL)
	E (m)	N (m)	H (m)	E (m)	N (m)	Ellipsoidal Height (m)		
MS-020	273350.62	1769959.17	216	273349.341	1769958.634	182.357	-28.82036	211.177
MS-021	273629.72	1770749.40	212	273631.713	1770748.036	178.691	-28.82256	207.514
MS-022	274322.66	1772264.04	213	274321.229	1772266.629	179.936	-28.82633	208.762
MS-023	281076.95	1775792.47	198	281075.367	1775791.702	165.623	-28.75366	194.377
MS-024	282453.49	1776381.38	179	282452.654	1776380.268	146.701	-28.73619	175.437
MS-025	280549.27	1778802.69	188	280548.761	1778801.892	155.169	-28.78916	183.958
MS-026	285870.64	1782558.12	163	285869.322	1782557.740	130.756	-28.71717	159.473
MS-027	285832.72	1777453.69	170	285834.904	1777452.538	141.050	-28.69172	169.742
MS-028	291791.49	1780451.91	176	291790.054	1780453.927	142.116	-28.58195	170.698
MS-029	291413.98	1780991.37	178	291413.775	1780990.273	144.335	-28.59257	172.928
MS-030	289235.13	1782991.08	162	289234.008	1782990.194	129.482	-28.64981	158.132
MS-031	275945.16	1780311.17	190	275944.943	1780310.745	155.392	-28.8765	184.269
MS-032	292624.38	1768071.99	201	292626.795	1768070.468	169.179	-28.4854	197.664
MS-033	290993.65	1772013.99	195	290992.875	1772016.830	163.019	-28.55694	191.576
MS-034	281020.20	1766675.99	216	281019.516	1766675.473	184.975	-28.6641	213.639
MS-035	280087.95	1766624.47	212	280086.115	1766623.377	177.705	-28.6771	206.382
MS-036	282416.92	1777123.35	179	282415.603	1777122.846	147.923	-28.74374	176.667
MS-037	281296.80	1777354.54	199	281298.333	1777353.103	168.121	-28.76389	196.885
MS-038	280918.04	1776547.84	194	280917.028	1776549.868	161.309	-28.76302	190.072
MS-039	278895.11	1778770.22	194	278894.483	1778769.635	162.599	-28.81482	191.414
MS-040	285184.47	1775756.05	184	285183.452	1775754.305	150.245	-28.68639	178.931
MS-041	275919.96	1774942.20	205	275921.269	1774941.021	171.422	-28.82968	200.252
MS-042	279893.84	1772612.37	214	279892.348	1772614.220	181.468	-28.73963	210.208
MS-043	274069.72	1782776.79	208	274068.043	1782775.508	173.872	-28.92103	202.793
MS-044	275069.20	1781520.67	196	275071.163	1781519.604	163.958	-28.89854	192.857
MS-045	273741.18	1783465.26	208	273740.614	1783467.360	176.107	-28.92996	205.037

**ตารางที่ 1** ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และ ผลการรังวัดด้วย Static GNSS (ต่อ)

Name	Google Earth Coordinate			GNSS Coordinate (Zone 48Q)			N	H_ TGM2017 (m. MSL)
	E (m)	N (m)	H (m)	E (m)	N (m)	Ellipsoidal Height (m)		
MS-046	281323.04	1770985.59	221	281321.414	1770984.384	187.469	-28.70019	216.169
MS-047	279643.86	1772594.82	214	279645.358	1772593.631	181.612	-28.7433	210.355
MS-048	276174.98	1780205.38	193	276174.626	1780207.266	160.314	-28.87208	189.186

ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และผลการรังวัดค่าพิกัดด้วย RTK GNSS Network โดยคำนวณค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลางด้วยแบบจำลอง TGM2017 นำมาทำการคำนวณค่าทางสถิติของข้อมูลได้แก่ ค่าสูงสุด (Max) ต่ำสุด (Min) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STDEV) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) โดยแสดงรายละเอียดผลดังแสดงใน ตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของ Google Earth กับ การรังวัดด้วย RTK GNSS Network และคำนวณค่าระดับด้วยแบบจำลอง TGM2017

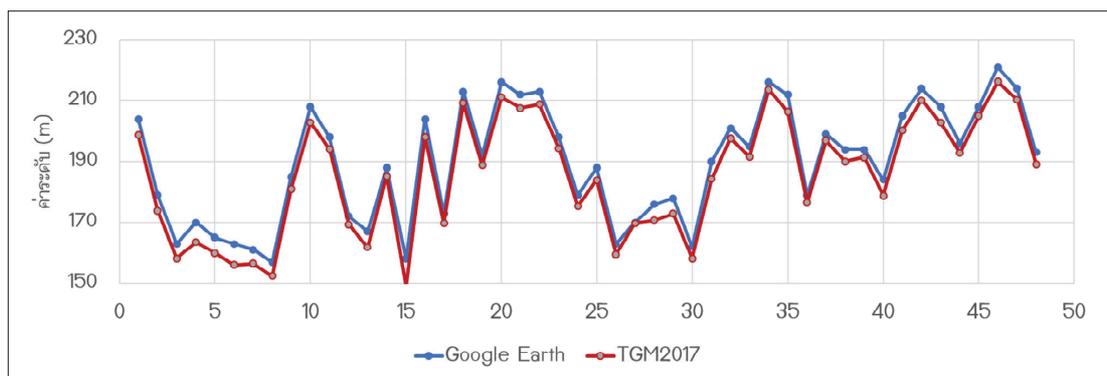
No	Name	Horizontal_Diff (m)		Vertical_Diff (m)
		E(GE)-E(GNSS)	N(GE)-N(GNSS)	Diff H_TGM2017
1	MS-001	0.874	0.682	5.303
2	MS-002	0.966	0.992	5.073
3	MS-003	0.867	0.737	4.807
4	MS-004	-1.732	1.398	6.472
5	MS-005	1.381	-2.401	5.107
6	MS-006	1.521	0.686	6.872
7	MS-007	1.213	1.940	4.517
8	MS-008	1.238	1.117	4.599
9	MS-009	1.105	1.010	4.056
10	MS-010	0.654	0.544	5.184
11	MS-011	1.000	1.233	3.769
12	MS-012	0.930	0.85	2.748
13	MS-013	1.626	0.579	5.183
14	MS-014	0.858	0.397	2.738
15	MS-015	-2.396	0.918	8.874
16	MS-016	1.43	-1.658	5.950

**ตารางที่ 2** ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของ Google Earth กับ การรังวัดด้วย RTK GNSS Network และคำนวณค่าระดับด้วยแบบจำลอง TGM2017 (cont.)

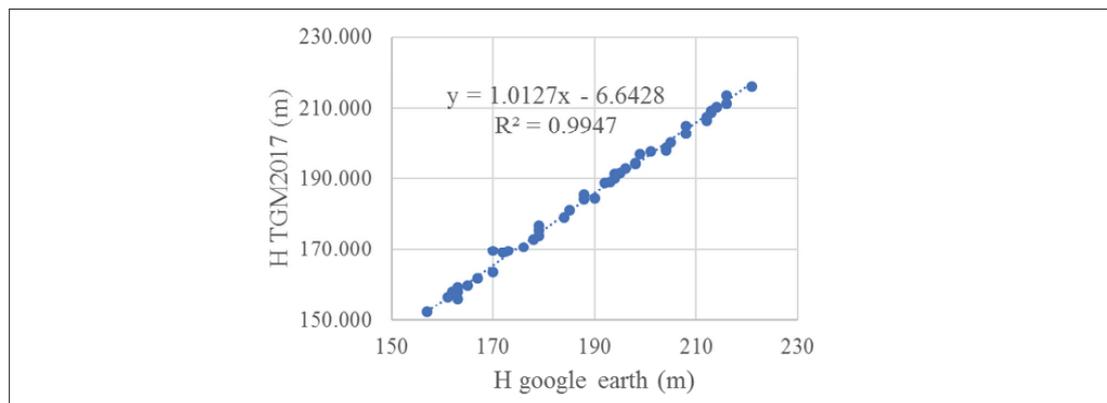
No	Name	Horizontal_Diff (m)		Vertical_Diff (m)
		E(GE)-E(GNSS)	N(GE)-N(GNSS)	Diff H_TGM2017
17	MS-017	0.708	1.160	3.310
18	MS-018	0.750	1.088	3.812
19	MS-019	1.003	0.569	3.125
20	MS-020	1.280	0.537	4.823
21	MS-021	-1.993	1.365	4.486
22	MS-022	1.432	-2.589	4.238
23	MS-023	1.584	0.769	3.623
24	MS-024	0.837	1.113	3.563
25	MS-025	0.510	0.799	4.042
26	MS-026	1.319	0.381	3.527
27	MS-027	-2.184	1.153	0.258
28	MS-028	1.437	-2.017	5.302
29	MS-029	0.206	1.098	5.072
30	MS-030	1.123	0.887	3.868
31	MS-031	0.218	0.426	5.732
32	MS-032	-2.415	1.523	3.336
33	MS-033	0.776	-2.84	3.424
34	MS-034	0.685	0.518	2.361
35	MS-035	1.836	1.094	5.618
36	MS-036	1.318	0.505	2.333
37	MS-037	-1.533	1.438	2.115
38	MS-038	1.013	-2.028	3.928
39	MS-039	0.628	0.586	2.586
40	MS-040	1.019	1.746	5.069
41	MS-041	-1.309	1.180	4.748
42	MS-042	1.493	-1.850	3.792
43	MS-043	1.678	1.283	5.207
44	MS-044	-1.963	1.067	3.143

**ตารางที่ 2** ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของ Google Earth กับ การรังวัดด้วย RTK GNSS Network และคำนวณค่าระดับด้วยแบบจำลอง TGM2017 (cont.)

No	Name	Horizontal_Diff (m)		Vertical_Diff (m)
		E(GE)-E(GNSS)	N(GE)-N(GNSS)	Diff H_TGM2017
45	MS-045	0.567	-2.100	2.963
46	MS-046	1.627	1.207	4.831
47	MS-047	-1.498	1.190	3.645
48	MS-048	0.355	-1.886	3.814
	<b>Max</b>	1.836	1.940	8.874
	Min	-2.415	-2.840	0.258
	Mean	0.501	0.383	4.228
	STDEV	1.231	1.287	1.412
	RMSE	1.317	1.330	4.453



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017

ทำการ plot กราฟเพื่อ เปรียบเทียบค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017 ดังแสดงใน ภาพที่ 5 หาความสัมพันธ์ค่าระดับที่ได้จาก และหาความสัมพันธ์ค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017 เพื่อหาสมการปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ดังแสดงใน ภาพที่ 6

ทำการปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth จากสมการที่ได้  $H_{TGM2017} = 1.0127 * (H_{Google\ Earth}) - 6.6428$  โดยแสดงผลการปรับแก้ในตารางที่ 3 โดยจะพบว่าค่า RMSE ของค่าระดับหลังการปรับแก้มีค่าเท่ากับ 1.378 m.

**ตารางที่ 3** แสดงผลการคำนวณปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ให้เป็นค่าระดับโดยใช้ TGM2017

No	Name	H_TGM2017 (m MSL)	H Google Earth Adj (m MSL)	Diff (m)
1	MS-001	198.697	199.948	-1.251
2	MS-002	173.927	174.6305	-0.704
3	MS-003	158.193	158.4273	-0.235
4	MS-004	163.528	165.5162	-1.989
5	MS-005	159.893	160.4527	-0.560
6	MS-006	156.128	158.4273	-2.300
7	MS-007	156.483	156.4019	0.082
8	MS-008	152.401	152.3511	0.050
9	MS-009	180.944	180.7067	0.238
10	MS-010	202.816	203.9988	-1.183
11	MS-011	194.231	193.8718	0.360
12	MS-012	169.252	167.5416	1.711
13	MS-013	161.817	162.4781	-0.662
14	MS-014	185.262	183.7448	1.518
15	MS-015	149.126	153.3638	-4.238
16	MS-016	198.05	199.948	-1.898
17	MS-017	169.69	168.5543	1.136
18	MS-018	209.188	209.0623	0.126
19	MS-019	188.875	187.7956	1.080

**ตารางที่ 3** แสดงผลการคำนวณปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ให้เป็นค่าระดับโดยใช้ TGM2017 (cont.)

No	Name	H_TGM2017 (m MSL)	H Google Earth Adj (m MSL)	Diff (m)
20	MS-020	211.177	212.1004	-0.924
21	MS-021	207.514	208.0496	-0.536
22	MS-022	208.762	209.0623	-0.301
23	MS-023	194.377	193.8718	0.506
24	MS-024	175.437	174.6305	0.807
25	MS-025	183.958	183.7448	0.214
26	MS-026	159.473	158.4273	1.046
27	MS-027	169.742	165.5162	4.226
28	MS-028	170.698	171.5924	-0.895
29	MS-029	172.928	173.6178	-0.690
30	MS-030	158.132	157.4146	0.718
31	MS-031	184.269	185.7702	-1.502
32	MS-032	197.664	196.9099	0.755
33	MS-033	191.576	190.8337	0.743
34	MS-034	213.639	212.1004	1.539
35	MS-035	206.382	208.0496	-1.668
36	MS-036	176.667	174.6305	2.037
37	MS-037	196.885	194.8845	2.001
38	MS-038	190.072	189.821	0.252
39	MS-039	191.414	189.821	1.593
40	MS-040	178.931	179.694	-0.763
41	MS-041	200.252	200.9607	-0.709
42	MS-042	210.208	210.075	0.134

**ตารางที่ 3** แสดงผลการคำนวณปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ให้เป็นค่าระดับโดยใช้ TGM2017 (cont.)

No	Name	H_TGM2017 (m MSL)	H Google Earth Adj (m MSL)	Diff (m)
43	MS-043	202.793	203.9988	-1.206
44	MS-044	192.857	191.8464	1.011
45	MS-045	205.037	203.9988	1.039
46	MS-046	216.169	217.1639	-0.995
47	MS-047	210.355	210.075	0.281
48	MS-048	189.186	188.8083	0.378
<i>Max</i>				<b>4.226</b>
<i>Min</i>				<b>-4.238</b>
<i>Mean</i>				<b>0.008</b>
STDEV				<b>1.392</b>
RMSE				<b>1.378</b>

#### 4. วิจัยรณัผลการศึกรษา

จากผลการศึกรษาพบว่า ค่าพึกรัดทางราบ E, N จาก Google Earth ของจุดทดสอบทั้รหมุม มีคลาดเคล็รนเฉล็รยเท่ากับ 0.501 เมตร และ 0.383 เมตร ตามล้าดับ ซึ่งสอดคล็รองกับการศึกรษาทั้รหมุมของ Kattan และคณะ (2016) และ Rusli และคณะ (2016) ที่มีความคลาดเคล็รนเฉล็รยทางราบเท่ากับ ไม่เกิน 0.69 m. ซึ่งพบว่า ค่าเฉล็รยของความคลาดเคล็รนทางราบอยู่ในเกณัรท์ใกล้เคียงกัน และจากผลการศึกรษาพบว่าค่า RMSE ของ Google Earth E=1.317 m. และ N=1.330 m. โดยมาตรฐาน ASPRS-2014 สำรหรับมาตราส่วนของแผนที่พบว่า Google Earth มีความเหมาะสมที่จะทำแผนที่ภูมิประเทศ Class-1 มาตราส่วน 1: 10,000 ในขณะที่ผลการศึกรษาพบว่า ค่าความคลาดเคล็รนทางดึรงของ Google Earth เมื่อเป็รียบเทียบกับ TGM2017 อยู่ในช่วง 0.258 m.

ถึง 8.874 m. และค่า RMSE ทางดึรง ของ Google Earth เท่ากับ 4.452 m. โดยมาตรฐาน ASPRS 2014 ระบุว่าจะไม่สามารถที่จะทำแผนที่เส้นัร้นความสูง Class-1 ได้ แต่อย่างไรก็ตามการศึกรษานึ้ได้ทำการสร้างควมสัมพันธ์ระหว้าการสำรหวจภาคสนามจาก TGM2017 กับ ค่าระดับ ของ Google Earth เพื่อปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth โดยจากควมสัมพันธ์ระหว้าค่าระดับของ Google Earth กับ TGM2017 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดลึรนใจ (R2) สูงถึง 0.9947 และค่าระดับหลังการปรับแก้จากผลการทดสอบมีค่า RMSE เท่ากับ 1.378 m. ทำให้ผลการปรับแก้สามารถจัดทำแผนที่ Class-1 ได้โดยสามารถแสดงค่าช่วงเส้นัร้นความสูง (Contour Interval) 5 เมตร หลังการปรับแก้ค่าระดับ ซึ่งสอดคล็รองกับผลการศึกรษาของ Mulu และคณะ (2019) ที่ระบุว่า Google Earth สามารถปรับแก้ค่าระดับเพื่อให้ช่วงเส้นัร้นความสูงเป็นไปตามเกณัรท์งานแผนที่ Class-1 ของ ASPRS-2014

## 5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ที่ได้ของค่าพิกัดทางราบ E, N และค่าระดับ Z (TGM2017) เท่ากับ 1.317, 1.330 และ 4.453 เมตร ตามลำดับ โดยมีช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ เท่ากับ -2.840 เมตร ถึง 1.940 เมตร และช่วงค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้ง เท่ากับ 0.258 เมตร ถึง 8.874 เมตร จากจำนวนจุดที่ใช้ทดสอบ 48 จุด โดยจากมาตรฐาน ASPRS-2014 แผนที่จาก Google Earth สามารถทำแผนที่ภูมิประเทศ Class-1 มาตราส่วน 1: 10,000 และช่วงเส้นชั้นหลังการปรับแก้ 5 เมตร โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Google Earth ไม่สามารถให้พิกัด และค่าความสูงที่มีความแม่นยำสูงได้ แต่อย่างไรก็ตาม หากเราไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องมากนัก ค่าพิกัดทางราบจาก Google Earth สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การระบุตำแหน่ง การประมาณระยะทาง หรือการวัดขนาดพื้นที่ รวมไปถึงค่าระดับจาก Google Earth สามารถประเมินทิศทางการไหลของน้ำ ดังนั้นหากเราทราบค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละพื้นที่จะทำให้เรายังสามารถใช้ประโยชน์จาก Google Earth ได้อย่างเหมาะสม

## 6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างและให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น โดยมีจำนวนจุดทดสอบตามมาตรฐานงานแผนที่ของ ASPRS-2014

## 7. เอกสารอ้างอิง

Charoenkalunyuta, T., Satirapod, C., Keitniyomrung, V., & Yomwan, P. (2019). Performance of Network-Based RTK GNSS for the Cadastral Survey in Thailand. *International Journal of Geoinformatics*, 15(3).

Damrongchai, P., & Duangdee, N. (2019). Evaluation of TGM2017 for Height System Using GNSS/Levelling Data in Thailand. *Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 10(10).

Farah, A., & Algarni, D. (2014). Positional accuracy assessment of Google Earth in Riyadh. *artificial satellites*, 49(2), 101-106.

Goudarzi, M. A., & Landry, R. J. (2017). Assessing horizontal positional accuracy of Google Earth imagery in the city of Montreal, Canada. *Geodesy and Cartography*, 43(2), 56-65.

Kattan, R., Abdulrahman, F., & Hassan, H. (2016). Evaluating the accuracy of Google Earth DEM using GPS Coordinates, Case study: Duhok Governorate. *Journal of University of Duhok (JDU)*, 19, 1-16.

Koivula, H., Kuokkanen, J., Marila, S., Lahtinen, S., & Mattila, T. (2018). Assessment of sparse GNSS network for network RTK. *Journal of Geodetic Science*, 8(1), 136-144.

Martin, A. A., & McGovern, E. (2012). *An evaluation of the performance of network RTK GNSS services in Ireland*.

Mulu, Y. A., & Derib, S. D. (2019). Positional Accuracy Evaluation of Google Earth in Addis Ababa, Ethiopia. *Artificial Satellites*, 54(2), 43-56.

Radicioni, F., Stoppini, A., Brigante, R., Brozzi, A., & Tosi, G. (2020, July). GNSS Network RTK for Automatic Guidance in Agriculture: Testing and Performance Evaluation. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 19-35). Springer, Cham.

Rusli, N., Pa'suya, M. F., & Talib, N. (2016, April). A comparative accuracy of Google Earth height with MyGeoid, EGM96 and MSL. In *IOP Conference Series: earth and environmental science*. IOP Conference Series (pp. 1-6).