ผลกระทบต่อพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล โดยการรังวัดด้วยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network)

Impact on Bangkok metropolitan areas through the first-class mapping method by the real time kinematic satellite network (RTK GNSS Network)

เมธา ทองเหลี่ยว [1,*] สรวิศ สุภเวชย์ [2] และ อนุเผ่า อบแพทย์ [3]

[1,2,3] วิศวกรรมสำรวจและภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]Corresponding author; E-mail address: Maytha.t@ku.th.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หาค่า Combine Scale Factor และออกแบบเครื่องมือหาพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัวในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS) บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล โดยใช้ข้อมูลจากโครงการสำรวจค่าระดับพื้นผิวประเทศไทยเพื่อทำฝายกั้นน้ำของกรมแผนที่ทหาร ข้อมูลทางตำแหน่งจะแสดงค่าพิกัดทางราบ (False Northing , False Easting) ความสูงเหนือทรงรี (h) และความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) การคำนวณหาค่า Combine Scale Factor จะใช้ Geoid Model มาเป็นพื้นฐานของแนวคิดงานวิจัยเพื่อต้องการลดทอนระยะราบบนพื้นที่ภูมิประเทศ (Ground Distance) ไปยังระยะราบบนกริดยูทีเอ็ม (Grid Distance) เมื่อคำนวณได้ค่า Combine Scale Factor ทุกตำแหน่งบนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล ทำการออกแบบเครื่องมือหาพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัว โดยชุดข้อมูลทางตำแหน่งนั้นมีระยะทางห่างกันประมาณ 4 กิโลเมตร จึงต้องใช้การประมาณค่าในช่วงมาช่วยเพิ่มความถูกต้อง โดยจะใช้การประมาณค่าในช่วงวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) รูปแบบตารางกริดประมาณ 1*1 กิโลเมตรของพื้นที่วิจัย ผลการวิจัย 1). ได้ค่า Combine Scale Factor บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล เพื่อนำไปใช้งานร่วมกับกล้องสำรวจประมวลผลรวม (Total Station) ในงานก่อสร้างของงานอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่ 2). ได้เครื่องมือหาพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัวบนโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS) เมื่อทำการพล็อตรูปแปลงที่ดินบนแผนที่ โปรแกรมจะบอกพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มและพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ ทำการเปรียบเทียบพื้นที่ก็จะทราบว่าพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มนั้นหดตัว(-)หรือพื้นที่ยืดตัว(+) ตามพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

คำสำคัญ : Combine Scale Factor, Inverse Distance Weighted, พิกัดยูทีเอ็ม, พื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัว

Abstract

This research aims to find Combine Scale Factors and design a tool to find shrinkage area or stretch area on QGIS software. Research is conducted on Bangkok metropolitan areas. Using data from the Thailand surface level survey project to create a water dam of the Royal Thai Survey Department. The location data will show the coordinates of the plane (False Northing, False Easting), elevation above the ellipsoid (h) and height above mean sea level (MSL). The Combine Scale Factor is calculated using Geoid Model as the basis of research concept. In order to reduce the flat distance on the terrain (Ground Distance) to the flat distance on the grid coordinates UTM (Grid Distance). When calculating, the Combine Scale Factor values for all locations in Bangkok metropolitan areas. Design a tool to find shrinkage area or stretch area. The positional datasets are approximately 4 kilometers apart, requiring a range estimation to improve the accuracy. Estimated using the Inverse Distance Weighted (IDW) method, a grid pattern of approximately 1*1 km of the research area. Results of the research 1). Get the Combine Scale Factor value in Bangkok metropolitan areas. To be used in conjunction with the Total Station theodolite in the construction of a large real estate project. 2). Get a tool to find shrinkage area or stretch area on QGIS software. When drawing plots of land on the map. The program will tell the area on the UTM coordinates and the area on the terrain surface. Make an area comparison it will know that the area on the UTM grid is shrinking (-) or the area stretching (+) in Bangkok metropolitan areas.

Keyword: Combine Scale Factor, Inverse Distance Weighted, UTM, Shrinkage or stretch area

1. คำนำ

กรมที่ดินมีหน้าที่ในการออกเอกสารสิทธิ์ในการครอบครองที่ดินหรือใบโฉนดที่ดิน โดยการออกเอกสารสิทธิ์นั้นจะมีขั้นตอนดำเนินการจากเจ้าของที่นำชี้หมุดหลักเขตที่ดิน เพื่อให้ช่างที่ดินได้ทำการรังวัดสอบเขตหาพื้นที่ โดยช่างจะรังวัดหมุดหลักเขตที่ดินด้วยกล้องวัดมุม และใช้โซ่ในการวัดระยะหมุดหลักเขตที่ดิน แล้วนำข้อมูลรังวัดมุมกับระยะมาขึ้นรูปแปลงที่ดินเพื่อออกเป็นใบโฉนดที่ดิน ซึ่งก็พบปัญหาเรื่องที่ดินทับซ้อน เนื่องจากการวัดระยะในพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีความคลาดเคลื่อนของโซ่ที่เรียกว่าโซ่ตกท้องช้างทำให้ระยะทางของหมุดหลักเขตนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนทางระยะในเวลาต่อมาการรังวัดของกรมที่ดินพัฒนามาใช้กล้องประมวลผลรวมแบบอิเล็กทรอนิกส์ในการรังวัด ทำให้การวัดระยะมีความถูกต้องมากขึ้นในระดับหลักเซ็นติเมตร ส่งผลให้ตำแหน่งหลักเขตที่ดินและพื้นที่บนโฉนดมีความถูกต้องมากขึ้น ปัญหาการทับซ้อนของที่ดินก็ลดลงตามลำดับ

ในปัจจุบัน ประชากรในประเทศไทยมีความต้องการใช้พื้นที่ ใช้อยู่อาศัย ใช้ทำอาชีพ ใช้ในการทำอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ใช้ในการทำอสังหาริมทรัพย์ ตลอดจนพื้นที่สาธารณูปโภคของภาครัฐ เพื่อความเป็นอยู่ของประชากรที่มั่นคงและยั่งยืน แต่ด้วยพื้นที่ในประเทศไทยมีจำนวนพื้นที่เท่าเดิม แต่ประชากรเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการใช้สอยพื้นที่และราคาที่ดินสูงมากขึ้นตามลำดับ ทำให้กรมที่ดินได้นำเทคโนโลยีการรังวัดด้วยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ที่ความถูกต้องสูง ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งไม่เกิน 4 เซ็นติเมตร (อยู่บนหมุดหลักเขตที่ดิน) [1] มาใช้ในการรังวัดทำแผนที่รูปแปลงที่ดินเพื่อออกใบโฉนดที่ดิน ข้อดีของการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์จะแก้ปัญหาการทับซ้อนของที่ดินหมดไป หลักการทำงานของการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์จะรังวัดบนพื้นหลักฐาน Indian 1975 และการฉายแผนที่แบบพิกัดยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator) ค่าทางตำแหน่งที่ได้จากการรังวัดเป็นค่าระบบพิกัดฉากมีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งประเด็นที่พบเป็นปัญหาคือค่าพิกัดฉากระบบยูทีเอ็มที่ได้จากการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ เมื่อนำไปพล็อตรูปแผนที่ใน Program Auto Cad Civil 3D แล้วพบว่าพื้นที่ตามรูปแปลงที่ดินใน Program Autodesk Civil 3D มีพื้นที่น้อยกว่าและมากกว่าพื้นที่บนโฉนดที่ดิน โดยประมาณการว่าพื้นที่หดตัวและพื้นที่ยืดตัว จึงทำให้เกิดการศึกษาวิจัยหาค่าการลดทอนระยะทางและพื้นที่ด้วยค่า Combine Scale Factor บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

ผลลัพธ์ของค่า Combine Scale Factor สามารถให้ความเป็นจริงของระยะทางบนพื้นที่จริง มีค่าเท่ากับระยะทางบนกริดยูทีเอ็ม เพื่อความถูกต้องทางตำแหน่งของการก่อสร้างอสังริมทรัพย์ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ผลลัพธ์ที่ต้องการในงานวิจัยครั้งนี้จะสามารถยกระดับของช่างสำรวจ ให้มีความเข้าใจในการใช้กล้องประมวลผลรวมทำงานร่วมกับการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ และสามารถพัฒนาประยุกต์ใช้แผนที่ความคลาดเคลื่อนต่ำในโครงการก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่และโครงการก่อสร้างที่มีความยาวหลัก 100 กิโลเมตรขึ้นไป [3,4]

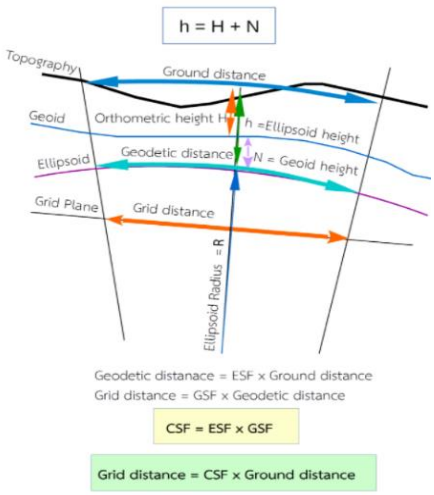
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อหาค่า Combine Scale Factor บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล ที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการทำงานก่อสร้างในงานอสังหาริมทรัพย์ขนาดใหญ่

2.2 ออกแบบเครื่องมือหาพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัว จากการฉายแผนที่ด้วยระบบพิกัดยูทีเอ็ม (Universal Transform Mercator) บนโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Quantum Geographic Information System: QGIS) เพื่อช่วยในการตัดสินใจการลงทุนอสังหาริมทรัพย์บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

3. ทฤษฎีและแนวคิดงานวิจัย

การรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์(RTK Networks) บนพื้นผิวภูมิประเทศตำแหน่งใดๆ จะถูกลดทอนระยะทางด้วยค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (Combine Scale Factor) ไปยังระยะทางบนกริดยูทีเอ็ม เมื่อพิจารณารูปตัดของ Geoid Model พบว่าระยะทางบนพื้นผิวภูมิประเทศ (Ground Distance) มีระยะทางมากกว่าระยะทางบนพื้นผิวทรงรี (Geodetic Distance) โดยต้องทำการลดทอนด้วยค่าความสูงเหนือทรงรี (h) ณ ตำแหน่งที่ทำการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ ดังแสดงในสมการที่ (1) ขณะที่ระยะทางบนพื้นผิวทรงรี (Geodetic Distance) ต้องถูกลดทอนด้วยมาตราส่วนเพื่อเป็นระยะทางบนกริด (Grid Distance) ดังแสดงในสมการที่ (3) เมื่อพิจารณารูปแบบสมการระยะทางที่ถูกลดทอนบนพื้นผิวภูมิประเทศสู่ระนาบกริด จะสรุปได้ดังรูปที่ 1 [2,3]



รูปที่ 1 การลดทอนระยะทางบนพื้นผิวภูมิประเทศสู่ระยะทางบนระนาบกริด
ที่มา: https://www.surveyorpockettools.org/how-to-use/point-scale-factor

3.1 การลดทอนด้วยความสูงเหนือทรงรี (Elevation Scale Factor)

$$ESF = \frac{R}{R+h} \quad (1)$$

hคือ ความสูงเหนือทรงรี

Rคือ รัศมีโลกโดยเฉลี่ยและอาจใช้ Guassian Earth Radius คำนวนจากรัศมีโลก radius of curvature in the (north–south) meridian (M) และ radius of curvature in the prime vertical (N) โดยจะพิจารณาที่ละติจูดกึ่งกลางของพื้นที่วิจัย เนื่องด้วยจากการคำนวณแปลงค่าพิกัดจากค่าพิกัดภูมิศาสตร์เป็นพิกัดยูทีเอ็มนั้น จะถ่ายรายละเอียดลงบนพื้นผิวทรงรี จึงต้องคำนวณรัศมีของโลกจากพื้นผิวทรงรี ด้วยรัศมีความโค้งดังแสดงในสมการที่ (2) [5]

$$R = \sqrt{MN} = \frac{a(1-f)}{1-e^2\sin^2\varphi} \quad (2)$$

a คือ ความยาวแกนเอกของทรงรี

f คือ ค่าการยุบตัวของทรงรี

e^2 คือ ค่าเยื้องศูนย์กลางของทรงรี

φ คือ ตำแหน่งทางละติจูด

จากสมการที่ (1) จะสังเกตได้ว่าค่าลดทอนด้วยความสูงเหนือทรงรีจะขึ้นอยู่กับค่า Ellipsoid Height (h) เมื่อพิจารณาตำแหน่งพื้นที่อยู่ต่ำกว่ารัศมีโลก ค่า ESF จะมีค่ามากกว่า 1 และถ้าตำแหน่งพื้นที่อยู่สูงกว่ารัศมีโลก ค่า ESF จะน้อยกว่า 1 นั่นคือค่าสเกลในการยืดตัวและหดตัวบนพื้นผิวทรงรีตามลำดับ

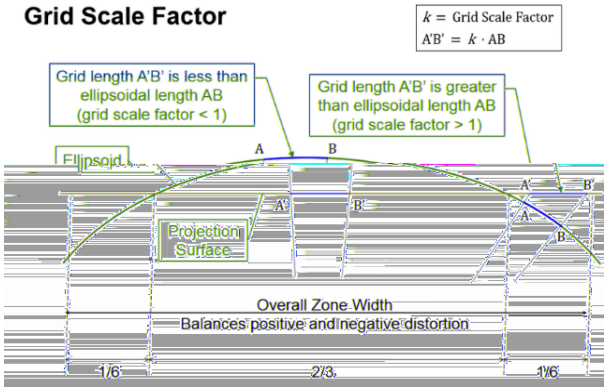
3.2 การลดทอนจากมาตราส่วน (Grid Scale Factor)

$$GSF = k_0\left(1+\left(\frac{(E-500,000)^2}{2R^2}\right)\right) \quad (3)$$

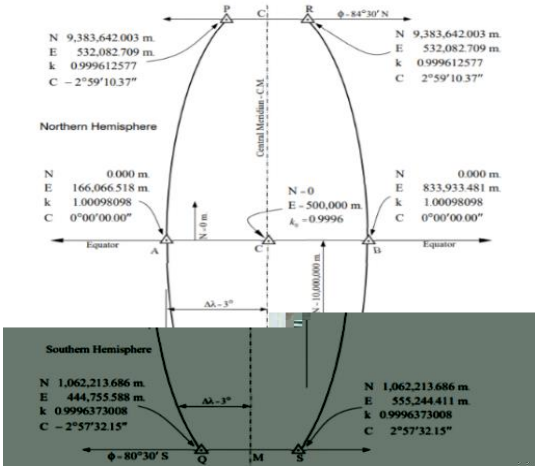
โดย k_0 = 0.9996 จากจุดศูนย์กลางเมริเดียนที่ลองจิจูด99องศาตะวันออก

Eคือ ค่าพิกัด False Easting ณ ตำแหน่งที่มีการรังวัดด้วยดาวเทียม

ค่าพิกัด False Easting เท่ากับ 500,000 เมตร จากเส้นศูนย์กลางของโซน 47 (Central Meridian) โดยมีค่า k_0 = 0.9996 เมื่อตำแหน่งพื้นที่อยู่ใต้พื้นผิวทรงรี ค่า k จะมีค่าน้อยกว่า 1 ค่ากริดสเกลแฟกเตอร์หดตัว ส่งผลให้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็มนั้นน้อยกว่าระยะทางบนภูมิประเทศ เมื่อตำแหน่งพื้นที่ห่างจากเส้น Central Meridian ออกไปทั้งสองข้าง ค่า k จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนค่า k เท่ากับ 1 บริเวณเส้นสัมผัสของทรงรีกับทรงกระบอก จะส่งผลให้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็มเท่ากับระยะทางบนภูมิประเทศ หรือตำแหน่งพื้นที่พ้นจากพื้นผิวทรงรี ค่า k จะมีค่ามากกว่า 1 นั่นคือค่ากริดสเกลแฟกเตอร์ยืดตัว ส่งผลให้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็มนั้นมากกว่าระยะทางบนภูมิประเทศ ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 [4]



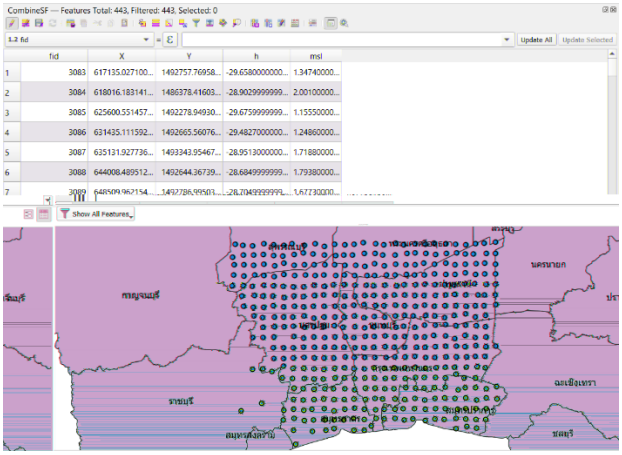
รูปที่ 2 ค่ากริดสเกลแฟกเตอร์ระหว่างกริดยูทีเอ็มกับพื้นผิวทรงรี
ที่มา: https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-forum/civil-3d-combined-scale-factor/td-p/7297303



รูปที่ 3 การอ้างอิงค่าพิกัดจากเส้นศูนย์กลางของโซน (Central Meridian)
ที่มา: http://reckonsurveying.com/booking/UTM

4. วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการหาค่า Combine Scale Factor และออกแบบเครื่องมือการหาพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัว บนโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Quantum Geographic Information System: QGIS) ของพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล โดยใช้ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียมของกรมแผนที่ทหาร จากโครงการสำรวจค่าระดับพื้นผิวประเทศไทยเพื่อทำฝายกั้นน้ำ โดยใช้เทคนิคการรังวัดแบบ Real Time Networks (RTN) ข้อมูลเชิงตำแหน่งจะแสดงรายละเอียดตำแหน่งทางราบ(X,Y) ค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง(MSL) และค่าความสูงเหนือทรงรี (h) โดยมีข้อมูลทั้งหมด 443 จุด ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล ดังรูปที่ 4



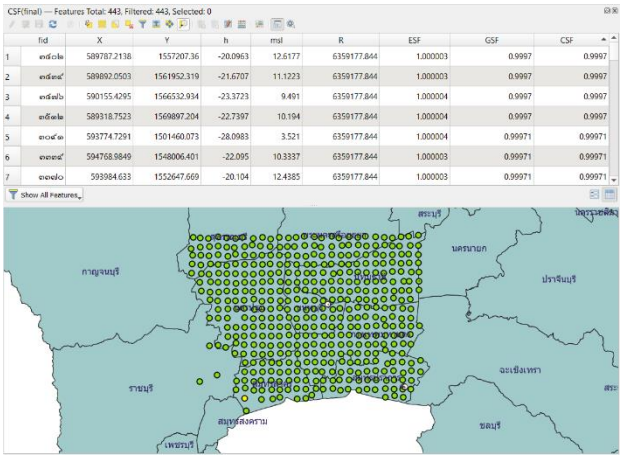
รูปที่ 4 ตำแหน่งและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

4.1 คำนวณหาค่า Combine Scale Factor

ในการคำนวณหาค่า Combine Scale Factor จะต้องหาค่ารัศมีของทรงรีไปยังตำแหน่งพื้นผิวภูมิประเทศกึ่งกลางของพื้นที่วิจัย โดยจุดกึ่งกลางมีค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ลองจิจูด 100.45443 องศาตะวันออก และละติจูด 13.80899 องศาเหนือ ใช้พื้นหลักฐาน WGS 84 มีค่าความยาวของแกนเอก a เท่ากับ6378137 เมตร และมีค่าการยุบตัว 1/f เท่ากับ298.257223563 เมื่อทำการคำนวณหาค่าความโค้งบนเมริเดียนและความโค้งของ Prime Vertical ไปยังพื้นผิวที่ทำการวิจัย จากสมการที่ (2) [5]

$$R = \sqrt{MN} = \frac{a(1-f)}{1-e^2\sin^2\varphi} = 6,359,177.844\text{m.}$$

โดยที่ $e^2 = 2f - f^2$ นำค่า R ไปคำนวณในสมการที่ (1) และสมการที่ (3) จะได้ค่า Elevation Scale Factor (ESF) และได้ค่า Grid Scale Factor (GSF) ตามลำดับ และเมื่อนำค่าทั้งสองค่าคูณกันจะเป็นค่า Combine Scale Factor (CSF) ดังรูปที่ 5

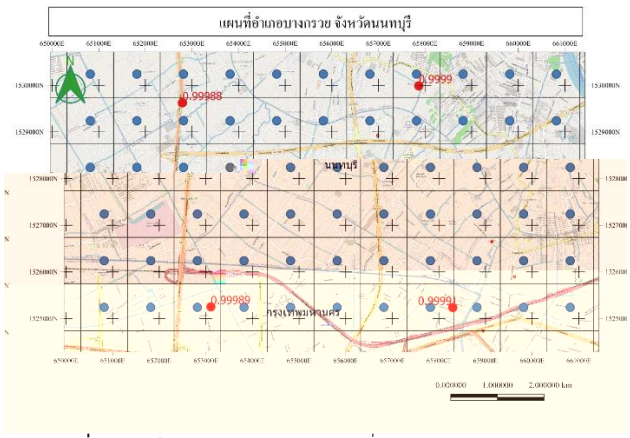


รูปที่ 5 การคำนวณค่า Combine Scale Factor บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

ผลลัพธ์ของค่า Combine Scale Factor ทุกตำแหน่งของกลุ่มข้อมูลเป็นจุดที่สนใจของงานวิจัย เพราะการหาพื้นที่หดตัวหรือยืดตัวต้องอาศัยค่า Combine Scale Factor แต่เนื่องด้วยตำแหน่งของกลุ่มข้อมูลนั้นมีระยะทางห่างกันประมาณ 4 กิโลเมตร ส่งผลให้ค่า Combine Scale Factor ต่างกันพอสมควร จึงต้องใช้วิธีประมาณค่าในช่วงมาช่วยทำให้ข้อมูลมีความละเอียดมากขึ้น และสามารถลดความคลาดเคลื่อนจากพื้นที่ระหว่างจุดคำนวณที่ระยะ 4 กิโลเมตรลงไปได้

4.2 การสร้างเครื่องมือหาพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัว

การออกแบบแบบจำลองค่าต่างของ Combine Scale Factor บนตำแหน่งกริด จะทำการสร้างตำแหน่งกริดที่ระยะ 32 ฟิลลิปดา หรือประมาณ 1*1 กิโลเมตร (ทั้งแกนแนวนอนและแนวแกนตั้ง) พื้นที่วิจัยอยู่ระหว่าง 99.82802 องศาตะวันออก ถึง 100.96427 องศาตะวันออก ส่วนในแนวแกนตั้งจะอยู่ระหว่าง ละติจูด 13.42504 องศาเหนือ ถึง 14.27540 องศาเหนือ เมื่อสร้างกริดเสร็จเรียบร้อยจะได้ภาพแผนที่ที่มีการแสดงตำแหน่งของจุดข้อมูลที่มีการคำนวณหาค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (จุดสีแดง) แบบจำลองกริดสีดำที่มีรูปแบบเป็นตารางขนาดประมาณ 1*1 กิโลเมตร และมีค่าจุดกึ่งกลางของช่องกริด (จุดสีน้ำเงิน) ดังรูปที่ 6 (ตัวอย่างภาพแผนที่ตำแหน่งอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี)

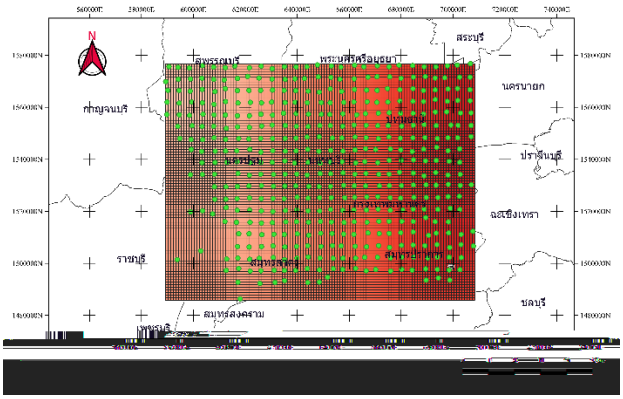


รูปที่ 6 การสร้างแบบจำลองกริดบนแผนที่ตำแหน่งอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

4.3 การประมาณค่า ริ ซ แ

ประมาณค่า 32 ฟิลลิปดา หรือเป็นตารางกริดประมาณ 1*1 กิโลเมตร เพื่อให้สอดคล้องกันกับการออกแบบกริดของแบบจำลอง

การเลือกใช้วิธีประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) เนื่องด้วยค่า Combine Scale Factor จะมีผลกระทบในแนวลองจิจูด (แนวแกน x) แต่ยกเว้นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนความสูงอย่างเฉียบพลัน ซึ่งพื้นที่วิจัยเป็นแนวราบไม่มีภูเขาจึงพิจารณาจากระยะทางของกลุ่มข้อมูลเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีทิศทางเข้ามาเกี่ยวข้อง พื้นที่วิจัยอยู่ระหว่าง 99.82802 องศาตะวันออก ถึง 100.96427 องศาตะวันออก โดยค่า Combine Scale Factor มีค่าน้อยสุดที่ 99.82802 องศาตะวันออก ไล่เรียงไปหาค่ามากที่ 100.96427 องศาตะวันออก วิธี Inverse Distance Weighted (IDW) จึงสามารถนำมาใช้ได้ตามสมมุติฐานกับการประมาณค่าในช่วงเพื่อหาค่า Combine Scale Factor ต่อเนื่องของพื้นผิวแบบจำลอง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ภาพแผนที่การประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) บนพื้นกรุงเทพและปริมณฑล

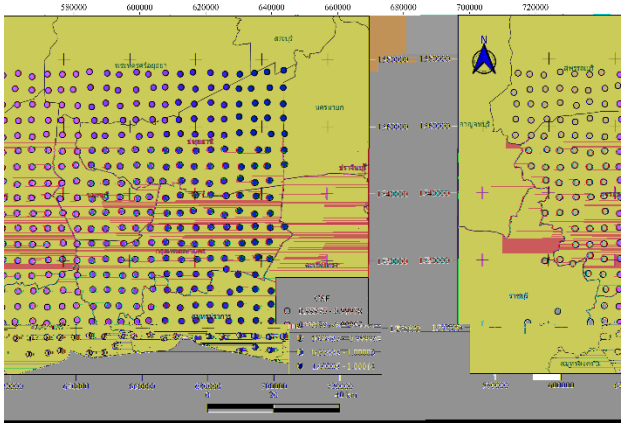
5. ผลการศึกษา

5.1 ค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (Combine Scale Factor)

ค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (Combine Scale Factor) ทุกตำแหน่งที่ได้บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑลสามารถอธิบายได้ดังนี้ พิจารณาค่า Combine Scale Factor เท่ากับ 0.99970 ตำแหน่งของข้อมูลอยู่ต่ำกว่าพื้นผิวทรงรี -20.096 เมตร ค่าสเกลความสูงมีระยะยืดตัวบนพื้นผิวทรงรีเท่ากับ 1.000003 ตำแหน่งมีค่าพิกัดทางราบ False Easting เท่ากับ 589,787.214 เมตร ตำแหน่งข้อมูลอยู่ใกล้ Central Meridian มีระยะทาง 89.787 กิโลเมตร จะมีค่ากริดสเกลของระยะทางหดตัวบนกริดยูทีเอ็มเท่ากับ 0.99970 เมื่อนำค่าสเกลความสูงคูณกับกริดสเกลจะได้ค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วมเท่ากับ 0.99970 นั่นหมายความว่ารังวัดแปลงที่ดินด้วยดาวเทียมแบบจลน์ระยะทางบนภูมิประเทศ 100 เมตร จะได้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็ม 99.970 เมตร จะมีค่าระยะทางต่างกัน 3 เซนติเมตร ทำให้พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มหดตัวจากพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ ดังรูปที่ 8

เมื่อพิจารณาที่ค่า Combine Scale Factor เท่ากับ 1.00000 ตำแหน่งของข้อมูลอยู่ต่ำกว่าพื้นผิวทรงรี -29.184 เมตร ค่าสเกลความสูงมีระยะยืดตัวบนพื้นผิวทรงรีเท่ากับ 1.000004 ตำแหน่งมีค่าพิกัดทางราบ False Easting เท่ากับ 680,272.046 เมตร ตำแหน่งข้อมูลสัมผัสกับพื้นผิวทรงรีโดยมีระยะทางจาก Central Meridian เท่ากับ 180.272 กิโลเมตร ส่งผลให้ค่ากริดสเกลแฟกเตอร์เท่ากับ 1 เมื่อนำค่าสเกลความสูงคูณกับกริดสเกลจะได้ค่าค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วมเท่ากับ 1 นั่นหมายความว่ารังวัดแปลงที่ดินด้วยดาวเทียมแบบจลน์ระยะทางบนภูมิประเทศ 100 เมตร จะได้ระยะทางบน กริดยูทีเอ็ม 100 เมตรเช่นเดียวกัน ทำให้พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มเท่ากับพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ ดังรูปที่ 8

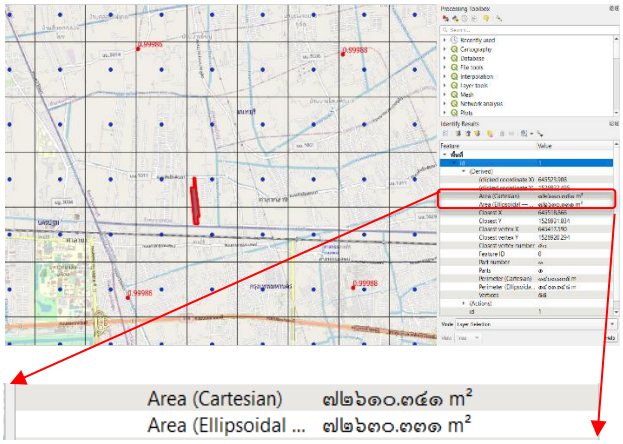
ในส่วนของค่า Combine Scale Factor เท่ากับ 1.00014 ตำแหน่งของข้อมูลอยู่ต่ำกว่าพื้นผิวทรงรี -28.363 เมตร ค่าสเกลความสูงมีระยะยืดตัวบนพื้นผิวทรงรีเท่ากับ 1.000004 มีค่าพิกัดทางราบ False Easting เท่ากับ 707,047.025 เมตร (ขอบเขตพื้นที่วิจัย) โดยตำแหน่งข้อมูลพ้นเลยจุดสัมผัสกับพื้นผิวทรงรีโดยมีระยะทางจาก Central Meridian เท่ากับ 207.047 กิโลเมตร ทำให้ค่ากริดสเกลแฟกเตอร์มีค่าเท่ากับ 1.00013 เมื่อนำค่าสเกลความสูงคูณกับกริดสเกลจะได้ค่าค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วมเท่ากับ 1.00014 นั่นหมายความว่ารังวัดแปลงที่ดินด้วยดาวเทียมแบบจลน์ระยะทางบนภูมิประเทศ 100 เมตร จะได้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็ม 100.014 เมตร จะมีค่าระยะทางต่างกัน 1.4 เซนติเมตร ทำให้พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มนั้นยืดตัวจากพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (Combine Scale Factor) บนพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

5.2 พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มหดตัว

พื้นที่แสดงผลจากโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS) จะพิจารณาหาพื้นที่หดตัวจากค่า Area (Cartesian) คือพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็ม และค่า Area (Ellipsoidal) คือพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ ดังรูปที่ 9

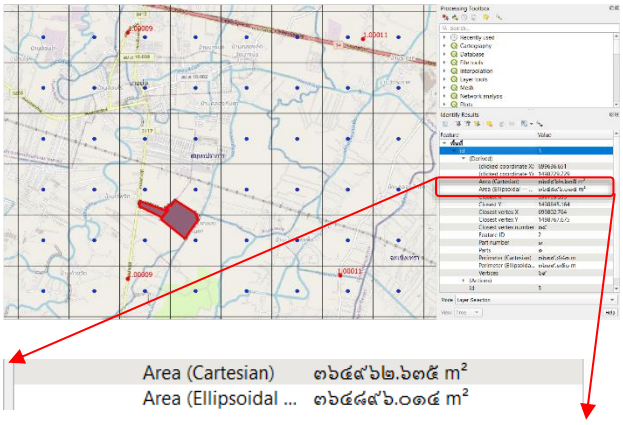


รูปที่ 9 พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มกับพื้นที่ผิวบนภูมิประเทศ

จากผลลัพธ์ รูปแปลงที่ดินตั้งอยู่อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีค่าพิกัดทางราบที่กึ่งกลางแปลง False Eastingเท่ากับ 645,507.549 เมตร และ False Northing เท่ากับ 1,526,818.488 เมตร แปลงที่ดินอยู่ไกลจากเส้น Central Meridianเป็นระยะทาง 145.507 กิโลเมตร และอยู่ใต้พื้นผิวทรงรีทำให้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็มหดตัว มีพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็ม Area (Cartesian)เท่ากับ72,610.341 ตารางเมตร มีพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ Area (Ellipsoidal)เท่ากับ 72,630.331 ตารางเมตร ทำให้พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มหดตัว -19.990 ตารางเมตร คิดเป็น -4.998 ตารางวา

5.3 พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มยืดตัว

พื้นที่แสดงผลจากโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (QGIS) จะพิจารณาหาพื้นที่ยืดตัวจากค่า Area (Cartesian) คือพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็ม และค่า Area (Ellipsoidal) คือพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มกับพื้นที่ผิวบนภูมิประเทศ

จากผลลัพธ์ รูปแปลงที่ดินตั้งอยู่อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ มีค่าพิกัดทางราบที่กึ่งกลางแปลง False Eastingเท่ากับ 699,536.493 เมตร และ False Northingเท่ากับ 1,498,736.458 เมตร แปลงที่ดินอยู่ไกลจากเส้น Central Meridian เป็นระยะทาง 199.536 กิโลเมตร และอยู่เลยจุดสัมผัสกับพื้นผิวทรงรีทำให้ระยะทางบนกริดยูทีเอ็มยืดตัว โดยมีพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็ม Area (Cartesian)เท่ากับ 364,962.635 ตารางเมตร มีพื้นที่บนผิวภูมิประเทศ Area (Ellipsoidal)เท่ากับ 364,896.014 ตารางเมตร ทำให้พื้นที่บนพิกัดกริดยูทีเอ็มยืดตัว +66.621 ตารางเมตร คิดเป็น +16.655 ตารางวา

6. บทสรุป

จากผลลัพธ์ที่ได้ค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (Combine Scale Factor) ของพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล มีค่า Combine Scale Factor น้อยสุดเท่ากับ 0.99970 ที่ลองจิจูด 99.82802 องศาตะวันออก พบว่าตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ใกล้เส้น Central Meridian และอยู่ใต้พื้นผิวทรงรีทำให้มีการหดตัวของระยะทางบนกริดยูทีเอ็มมากสุด 3 เซ็นติเมตร โดยคิดระยะทาง 100 เมตร ที่ทำการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์บนพื้นที่ผิวภูมิประเทศ และค่า Combine Scale Factor จะมีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อตำแหน่งของข้อมูลอยู่ไกลจากเส้น Central Meridian ออกไปจนค่าเท่ากับ 1 ที่ลองจิจูด 100.66302 องศาตะวันออก บริเวณเส้นสัมผัสของพื้นผิวทรงรีกับทรงกระบอก โดยระยะทางบนกริดยูทีเอ็มและระยะทางบนพื้นที่ผิวภูมิประเทศจะมีค่าเท่ากัน เมื่อตำแหน่งข้อมูลพ้นจุดเส้นสัมผัสของพื้นผิวทรงรีกับทรงกระบอก ผลลัพธ์ของค่า Combine Scale Factor เท่ากับ 1.00014 มากที่สุดของงานวิจัย ที่ลองจิจูด 100.92080 องศาตะวันออก จะพบว่าระยะทางบนกริดยูทีเอ็มนั้นยืดตัว 1.4 เซนติเมตร โดยคิดระยะทาง 100 เมตร ที่ทำการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์บนพื้นที่ผิวภูมิประเทศ

ผลลัพธ์ของพื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัว จากการฉายแผนที่ด้วยพิกัดยูทีเอ็ม จะอาศัยจากค่าสเกลแฟกเตอร์ร่วม (Combine Scale Factor) ซึ่งเมื่อได้ผลลัพธ์สรุปได้ว่าเมื่อมีการรังวัดรูปแปลงที่ดินด้วยดาวเทียมแบบจลน์บนพื้นที่ใด ๆ พื้นที่หดตัวหรือพื้นที่ยืดตัวบนพิกัดยูทีเอ็มจะแปรผันตามค่า Combine Scale Factor แปลงที่ดินตั้งอยู่ใกล้ค่า Combine Scale Factorเท่ากับ 0.99986 พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มหดตัว -4.998 ตารางวา โดยเทียบจากโฉนดที่ดิน และเมื่อแปลงที่ดินตั้งอยู่ใกล้ค่า Combine Scale Factor เท่ากับ 1.00009 พื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มยืดตัว +16.665 ตารางวา เมื่อเปรียบเทียบจากโฉนดที่ดิน

จากการทดสอบแปลงที่ดิน การออกแบบผังจัดสรรของงานหมู่บ้านจะใช้ค่าพื้นที่ของพิกัดยูทีเอ็ม จากผลลัพธ์ของพื้นที่บนพิกัดยูทีเอ็มหดตัว โดยมีค่า Combine Scale Factorเท่ากับ 0.99986 ในการกำหนดตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station) จะต้องใส่ค่า Scale Factor ของกล้องเท่ากับ 0.99986 เพื่อต้องการลดทอนระยะทางบนพื้นผิวภูมิประเทศให้เท่ากับระยะทางบนกริดยูทีเอ็มที่มาจากการออกแบบผังจัดสรร ในขณะที่พื้นที่ของพิกัดยูทีเอ็มยืดตัว โดยมีค่า Combine Scale Factorเท่ากับ 1.00009 ในการกำหนดตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station) จะต้องใส่ค่า Scale Factor ของกล้อง

เท่ากับ 1.00009 เพื่อต้องการยืดระยะทางบนพื้นผิวภูมิประเทศให้เท่ากับระยะทางบนกริดยูทีเอ็มที่มาจากการออกแบบผังจัดสรร

ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของการนำค่า Combine Scale Factor ไปใช้งานสำรวจด้วยกล้องประมวลผลรวม (Total Station) พื้นที่ทำการรังวัดต้องเป็นพื้นที่ราบไม่มีค่าความสูงเปลี่ยนแบบฉับพลัน ยกตัวอย่างเช่น เนินภูเขา และความยาวของพื้นที่ไม่ควรเกิน 2 กิโลเมตร (แนวแกน X) เนื่องด้วยมีการเปลี่ยนของค่า Combine Scale Factor ตามระยะทาง ส่งผลให้ตำแหน่งที่รังวัดด้วยกล้องประมวลผลรวมมีค่าคลาดเคลื่อนจากตำแหน่ง เมื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดจากแบบจัดสรร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.พ.ท.ดร.สรวิศ สุภเวชย์ สำหรับข้อมูลตำแหน่งการรังวัดสัญญาณดาวเทียมของกรมแผนที่ทหาร จากโครงการสำรวจค่าระดับพื้นผิวประเทศไทยเพื่อทำฝายกั้นน้ำ โดยข้อมูลมีรายละเอียดอย่างครบถ้วนครับ

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมที่ดิน (2562). ระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการรังวัดทำแผนที่ โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียมแบบจลน์(RTK GNSS Network) ที่มา : www.dol.go.th/map/DocLib5/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%9A%20RTK%20GNSS%20Network%20%E0%B9%92%E0%B9%95%E0%B9%96%E0%B9%92.pdf

[2] Prajuab Riabroy (2016). Point Scale Factor ที่มา : https://www.surveyorpockettools.org/how-to-use/point-scale-factor

[3] Prajuab Riabroy (2016). ปัญหาการคำนวณพื้นที่กับค่า Scale Factor ที่มา : https://www.priabroy.name/archives/3583

[4] GeoNOVA (2016). What are scale factors ?. *NSCRSTechSupport0006_ScaleFactors_Sept2016_v1.1* https://geonova.novascotia.ca/sites/default/files/resource-library/NSCRSTechSupport%200006_ScaleFactors_Sept2016_v1.1.pdf

[5] Christopher Jekeli (2016). Geometric Reference Systems in Geodesy. *Division of Geodetic Science School of Earth Sciences*. Ohio State University. USA.

[6] Ragab Khalil (2015). Alternative Solutions for RTK-GPS Applications in Building and Road Constructions. *Open Journal of Civil Engineering, 2015, 5, 312-321 Published Online September 2015 in SciRes.*

[7] ไพศาล สันติธรรมนนท์, ประจวบ เรียบร้อย และ ชาญชัย พัชรอาภา (2563).ผลการศึกษาการฉายแผนที่ WGS-TM ในโครงการรถไฟความเร็วสูงไทย-จีน A Study on WGS-TM Map Projection of the Thai-Chinese High-Speed Rail Project. *วารสารวิศวกรรมสารฉบับ วิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ,ปีที่32, ฉบับที่ 2 เมษายน-4 มิถุนายน 2564.*