

การประเมินค่าความถูกต้องในการทำจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยวิธีสถิต อย่างรวดเร็วกับการประมวลผลออนไลน์การหาตำแหน่งจุดเดี่ยวความ ละเอียดสูง

Accuracy Assessment for Ground Control Points Establishment by Rapid- Static and Online Precise Point Positioning Processing

นिति เจริญถาวร, ธนิดา เทียวพานิช และ เฉลิมชนม์ สติระพจน์

NitiTheantavorn, ThanidaTaewpanich and ChalermchonSatirapod

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

120 ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ (อาคาร B) ถ. แจ้งวัฒนะ หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

โทรศัพท์ 02-141-4592 โทรสาร 02-143-959 e-mail: niti@gistda.or.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้งานประมวลผลข้อมูล GNSS แบบออนไลน์ Precise Point Positioning (PPP) อย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้งานง่ายและเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ผู้ใช้สามารถใช้แค่เครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องเดียวก็สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องตั้งสถานีอ้างอิงเองและผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในการประมวลผลมากมายเพราะไม่ต้องใช้โปรแกรมสำหรับการประมวลผลข้อมูล ต่างจากการสำรวจรังวัดด้วยวิธีการ Rapid-static ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS อย่างน้อยสองเครื่องขึ้นไปโดยต้องมีเครื่องเป็นสถานีอ้างอิง หรือข้อมูลจากสถานี CORS ซึ่งยังไม่ครอบคลุมในประเทศไทย นอกจากนี้ผู้ใช้ต้องมีความรู้ในการประมวลผลและยังจำเป็นต้องใช้โปรแกรมในการประมวลผลข้อมูลอีกด้วย ทั้งหมดนี้จึงทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับการรังวัดด้วยวิธีการ Rapid-static มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า Precise Point Positioning (PPP) เป็นอย่างมาก อีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญในการสำรวจรังวัดคือค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของจุดสำรวจ ในบทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของข้อมูลการสำรวจรังวัดด้วยวิธีการ Rapid-static กับ Precise Point Positioning (PPP) โดยทำการสำรวจบริเวณ อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี ในสภาพพื้นที่แตกต่างกัน 33 จุด เป็นเวลาจุดละ 2 ชั่วโมง แล้วทำการส่งประมวลผลออนไลน์กับ CSRS-PPP ส่วนวิธีการ Rapid-static มีการตั้งสถานีอ้างอิงรับสัญญาณพร้อมจุดสำรวจทั้ง 33 จุด แล้วนำข้อมูลจากสถานีอ้างอิงไปประมวลผลออนไลน์กับ CSRS-PPP แล้วนำค่าพิกัดที่ได้มาประมวลผลแบบ Single Baseline กับจุดสำรวจทั้ง 33 จุดนั้น ผลที่ได้ปรากฏว่าผลต่างค่าพิกัดของทั้งสองวิธีคือ ทางราบค่าเฉลี่ย 3.1 เซนติเมตร สูงสุดอยู่ที่ 5.9 เซนติเมตร และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.5 เซนติเมตร จากการศึกษาสรุปได้ว่าวิธี Rapid-static และวิธี Precise Point Positioning (PPP) สามารถใช้ทดแทนกันได้ในงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงกว่า 10 เซนติเมตร เช่น การทำจุดควบคุมภาคพื้นดินสำหรับภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม หรือภาพถ่ายจาก UAV ที่มีรายละเอียดของภาพมากกว่า 10 เซนติเมตร

คำสำคัญ : การประมวลผล GNSS แบบออนไลน์, การหาตำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง, การรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว, CSRS-PPP

Abstract

At present, online Precise Point Positioning processing (PPP) is widely used for processing GNSS data conveniently and efficiently. Users do not have to install their own base receiver and need no skill in processing or any software, online Precise Point Positioning processing (PPP) just only need one GNSS receiver for the entire process. To compare with Rapid-static technique which need at least two GNSS receivers, one for base station or they need data from CORS which are not covered entire area of Thailand. Nevertheless, users must have software and skill for data processing. These make cost for Rapid-static technique more than online Precise Point Positioning processing (PPP). One important thing in GNSS survey is the accuracy of survey points. This research purposes to study and compare the results of ground control point between Rapid-static and online Precise Point Positioning processing (PPP). The researching area is AmphoeUthongSupanburi Province with different 33 points, each point we activate GNSS receiver for 2 hours. The acquired data was sent to online processing with CSRS-PPP. For Rapid-static, we establish one base station signals at the same time of 33 survey points and send the data from base to CSRS-PPP for online processing after that the 33 survey points were processed according to the base with Single Baseline method. The differences of the results from two techniques have average at 3.1 centimeters, max at 5.9 centimeters and standard derivation at 1.5 centimeter. From this results, GNSS surveys which do not require accuracy less than 10 centimeters can be used either Rapid-static or Precise Point Positioning (PPP) technique. For example, establishing Ground Control Points for aerial, satellite or Unmanned Aerial Vehicle (UAV) images have resolution more than 10 centimeters.

Keyword : Online GNSS Processing, Precise Point Positioning, Rapid-static, CSRS-PPP

1. บทนำ

การสำรวจรังวัดด้วย GNSS ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ค่าพิกัดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการทำการสำรวจ การประมวลผลข้อมูล GNSS แบบออนไลน์ Precise Point Positioning (PPP) ถูกนำมาให้บริการและมีการใช้งานที่แพร่หลายขึ้นเรื่อยๆ เช่น The Canadian Spatial Reference System (CSRS) เพราะมีความสะดวกอย่างมาก ใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องเดียวก็สามารถให้ค่าความถูกต้องที่สูงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสำรวจรังวัดด้วยวิธี Rapid-static ที่ต้องใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องหนึ่งเป็นสถานีฐาน (Base Station) และอีกเครื่องใช้เป็นสถานีเคลื่อนที่ (Rover Station) และยิ่งสถานีฐานกับสถานีเคลื่อนที่ห่างกันก็ยิ่งทำให้ค่าความถูกต้องลดลงตาม

การรังวัดแบบสัมบูรณ์ เป็นการรังวัดโดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเพียงเครื่องเดียวในการรับสัญญาณหาพิกัดตำแหน่งทันที ซึ่งเป็นการรังวัดแบบ pseudorange ของ ดาวเทียมนำทาง 4 ดวงหรือมากกว่า เพื่อหาตำแหน่งที่ผู้ใช้ต้องการ การรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อยสี่ดวงนั้น เพื่อแก้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า 4 ตัว ค่าความถูกต้องของการรังวัดแบบสัมบูรณ์นั้นจะให้ค่าความถูกต้องประมาณ 10-20 เมตร จะเห็นว่าเป็นวิธีการที่ง่ายในการรับสัญญาณและได้ค่าพิกัดทางตำแหน่งทันที แต่ค่าความถูกต้องไม่สูงมากนัก ต่อมาจึงได้มีการนำเอาวิธีการนี้มาพัฒนาให้มีค่าความถูกต้องที่สูงขึ้นเรียกว่า Precise Point Positioning (PPP)

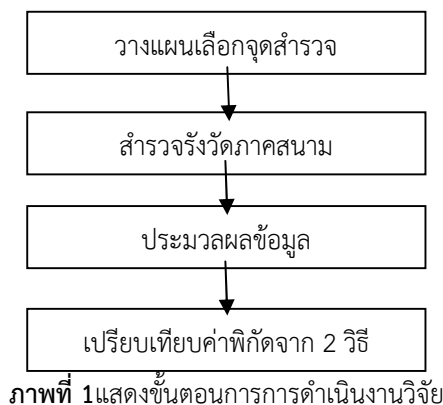
เนื่องจากสถานีอ้างอิง(CORS) ที่มีกระจายอยู่ทั่วโลกนั้น ช่วยการแก้ไขค่าความแม่นยำของดาวเทียม (precise satellite correction) โดยใช้ค่าแก้เหล่านี้กับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเครื่องเดียวจะทำให้การหาพิกัดตำแหน่งมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การรังวัดแบบ pppจัดปัญหาในเรื่องการตั้งรับสัญญาณสถานีอ้างอิงเอง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการตั้งรับสถานีอ้างอิงเอง รวมทั้งเป็นกระบวนการที่ง่าย และให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูง การรังวัด pppจะใช้ค่า un-differenced pseudorange and carrier phase observations ร่วมกับ ค่าความถูกต้องของวงโคจรดาวเทียมและนาฬิกาดาวเทียมของ International GNSS Service (IGS) ซึ่งจะจัดสาเหตุความคลาดเคลื่อนจากวงโคจรดาวเทียมและนาฬิกาดาวเทียม ออกไป

การรังวัดหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์เป็นเทคนิคการรังวัดที่ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูง สามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับเซนติเมตร การรังวัดหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์จะทำการรับสัญญาณดาวเทียมพร้อมกันจากเครื่องรับสัญญาณมากกว่าหนึ่งตัว หนึ่งในนั้นจะทำหน้าที่เป็นสถานีอ้างอิงที่รู้ค่าตำแหน่งแล้ว ส่วนเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอีกตัวจะทำหน้าที่เป็น สถานี rover ซึ่งเป็นสถานีที่ไม่ทราบค่าตำแหน่ง โดยเครื่องรับสัญญาณนี้จะรับสัญญาณดาวเทียมนำทางชุดเดียวกันพร้อมกันอย่างน้อย สี่ดวง การคำนวณ สถานี rover จะคำนวณค่าตำแหน่งสัมพันธ์กับสถานีอ้างอิง โดยใช้ การรังวัด carrier phase ที่แตกต่างกัน การวัดความแตกต่างระหว่างสองสถานี จะปรับแก้ค่าความคลาดกันบางชนิดออกไป เช่น satellite orbit bias, satellite clock bias, ionospheric and tropospheric delays เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของการรังวัดประเภทนี้ ความถูกต้องและประสิทธิภาพก็ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างสองสถานี ถ้าระยะระหว่างสองสถานีมีความห่างกันมาก ค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งก็จะมากไปด้วย

วิธีการรังวัดตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ สามารถรังวัดได้หลายประเภท เช่น Static mode, Rapid-static mode, Real-time kinematic หรือ RTK เป็นต้น ในการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะ Rapid-staticซึ่งการตั้งรับสัญญาณดาวเทียมวิธีนี้จะใช้เวลาในการรับสัญญาณ ประมาณ 15-30 นาที ซึ่งระยะเวลาขึ้นอยู่กับว่า ผู้ใช้ต้องการความถูกต้องทางตำแหน่งสูงแค่ไหน โดยสามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับ เซนติเมตร ถึง ระดับเมตร วิธีการรังวัดแบบ Rapid-static เป็นที่นิยมนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากวิธีการ Precise Point Positioning (PPP)และ วิธีการ Rapid-static จากการสภาพการทำงานจริงของการทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน

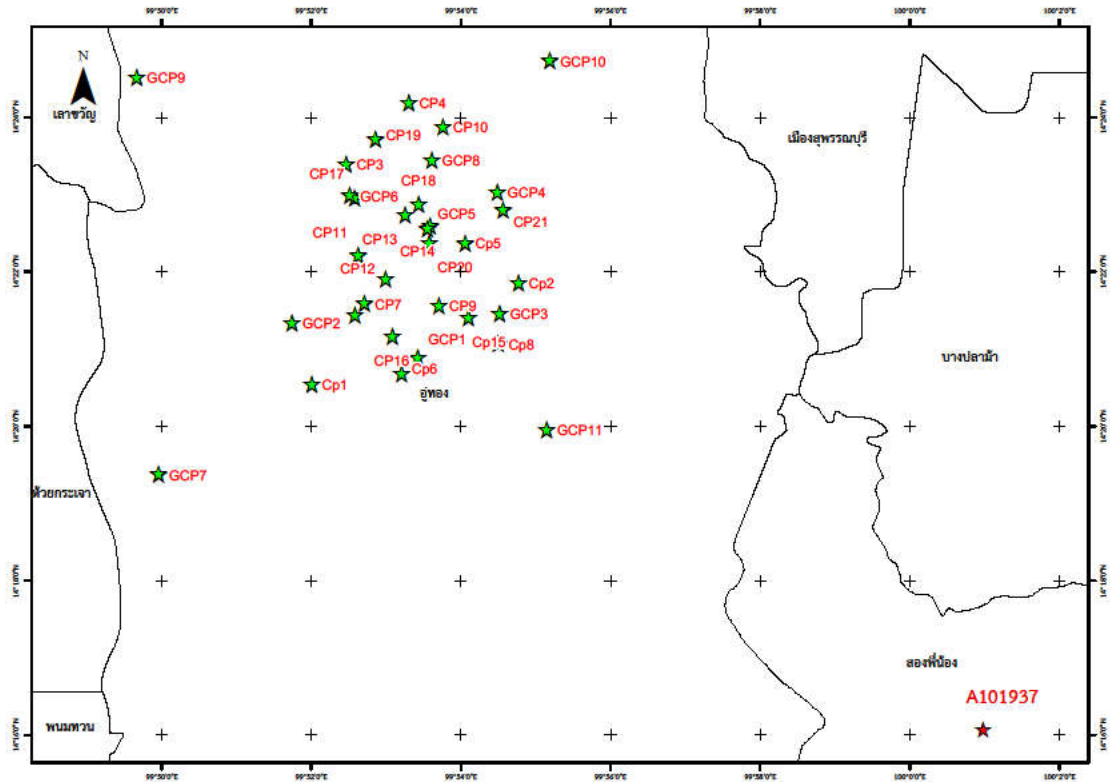
2. วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 วางแผนเลือกจุดสำรวจ จำนวน 33 จุดสำรวจ อยู่ในพื้นที่ อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี โดยเลือกจุดสำรวจและสถานีฐานจำลองจากการทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีฐาน และจุดสำรวจ

2.2 การสำรวจรังวัดภาคสนาม

2.2.1 เปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมโดยรับสัญญาณดาวเทียมระบบ GPS และ GLONASS ตำแหน่งสถานีฐาน (Base Station) ตลอดการทำงานในแต่ละวัน

2.2.2 เปิดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่จุดสำรวจแต่ละจุดใช้เวลา 2 ชั่วโมง และจัดทำรายงานภาคสนาม



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างการสำรวจรังวัดรับสัญญาณดาวเทียม

2.3 การประมวลผลแบ่งเป็น 2 คือ วิธี PPP และ วิธี Rapid-static

2.3.1 การประมวลผล วิธี PPP

ส่งข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมของทุกจุดที่ทำการสำรวจในรูปแบบไฟล์ RINEX ไปยังเว็บไซต์ประมวลผล GNSS แบบออนไลน์ ของ CSRS-PPP ในการประมวลผลแบบ PPPผลที่ได้จากการประมวลผลแสดงดังภาพที่ 4



CSRS-PPP (V 1.05 34613)



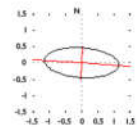
a101937		Duration of Observations
Data Start	Data End	8h 5m 0.00s
2015-08-13 03:09:00.000	2015-08-13 11:14:00.000	
Apri / Aposteriori Phase Std		Apri / Aposteriori Code Std
0.015m / 0.011m		2.0m / 0.732m
Observations	Frequency	Mode
Phase and Code	L1 and L2	Static
Elevation Cut-Off	Rejected Epochs	Observation & Estimation Steps
10.000 degrees	0.05 %	1.00 sec / 30.00 sec
Antenna Model	APC to ARP	ARP to Marker
LEIAX1202	L1= 0.064 m L2= 0.063 m	1.503 m

(APC = antenna phase center; ARP = antenna reference point)

Estimated Position for a1012250.150

	Latitude (+n)	Longitude (+e)	ELL. Height
ITRF08 (2015)	14° 16' 04.6403"	100° 00' 58.8897"	-28.400 m
Sigmas(95%)	0.004 m	0.009 m	0.024 m
Apriori	14° 16' 04.649"	100° 00' 58.874"	-29.500 m
Estimated - Apriori	-0.260 m	0.461 m	1.100 m

95% Error Ellipse (cm)
 semi-major: 1.151cm
 semi-minor: 0.456cm
 semi-major azimuth: 94° 7' 59.16"



UTM (North) Zone 47

1577600.869m (N) 609634.036m (E)

Scale Factors
 0.99974867 (point)
 0.99975313 (combined)

(Coordinates from RINEX file used as apriori position)

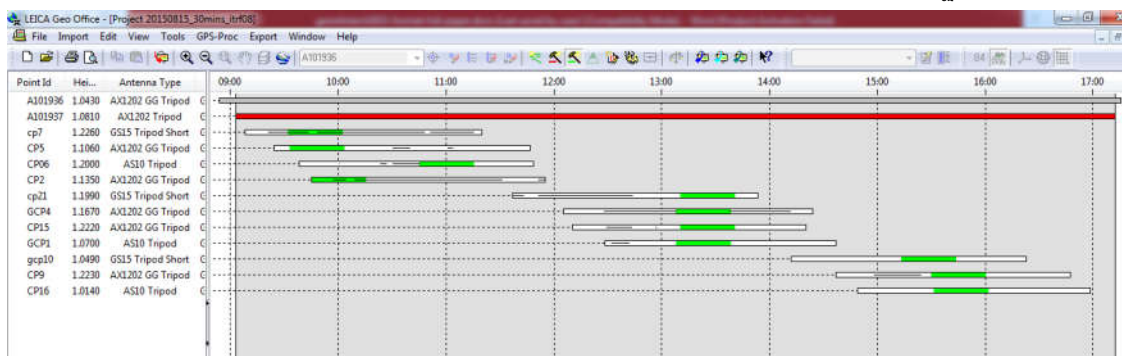
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างผลการประมวลผล GNSS แบบออนไลน์จาก CSRS

2.3.2 การประมวลผล วิธี Rapid-static

2.3.2.1 ส่งข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมของสถานีฐาน (Base Station) ในรูปแบบไฟล์ RINEX ไปยังเว็บไซต์ประมวลผล GNSS แบบออนไลน์ ของ CSRS-PPP

2.3.2.2 ตัดสัญญาณข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมที่จุดสำรวจ ให้เหลือ 30 นาที โดยเลือกช่วงเวลาที่ค่า DOP ไม่เกิน 8

2.3.2.3 ประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ Single Baseline ในข้อ 3.3.2.2 เป็นสถานีเคลื่อนที่ (Rover Station) โดยใช้ค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลออนไลน์ข้อ 3.3.2.1 เป็นค่าของสถานีฐาน (Base Station)



ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างการประมวลผลด้วยโปรแกรม Leica Geo Office

2.4 เปรียบเทียบค่าพิกัดแต่ละจุดสำรวจที่ได้จากการประมวลผลทั้ง 2 วิธี

3. ผลการวิจัย

จากการสำรวจรังวัดด้วยการรับสัญญาณดาวเทียมและประมวลผลสัญญาณทั้งแบบ PPP และ Rapid-static เมื่อนำค่าพิกัดที่ได้จากทั้ง 2 วิธีดังกล่าวแต่ละจุดสำรวจมาเปรียบเทียบจะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลแบบ PPP และแบบ Rapid-static

จุดสำรวจ	ค่าความต่างทางราบ (m)	ค่าความต่างทางตั้ง (m)	จุดสำรวจ	ค่าความต่างทางราบ (m)	ค่าความต่างทางตั้ง (m)
CP01	0.0566	0.2336	CP18	0.0268	0.1329
CP02	0.0329	0.0029	CP19	0.0120	0.0729
CP03	0.0478	0.1031	CP20	0.0392	0.0569
CP04	0.0371	0.0303	CP21	0.0269	0.0166
CP05	0.0148	0.0148	GCP01	0.0230	0.0064
CP06	0.0383	0.0267	GCP02	0.0235	0.1561
CP07	0.0272	0.0270	GCP03	0.0430	0.0737
CP08	0.0374	0.0085	GCP04	0.0472	0.0357
CP09	0.0331	0.0775	GCP05	0.0163	0.1493
CP10	0.0166	0.0954	GCP06	0.0536	0.0570
CP11	0.0123	0.0372	GCP07	0.0015	0.0632
CP12	0.0239	0.1107	GCP08	0.0198	0.0528
CP13	0.0587	0.3385	GCP09	0.0454	0.0722
CP14	0.0575	0.0866	GCP10	0.0112	0.0569
CP15	0.0354	0.0046	GCP11	0.0306	0.0844
CP16	0.0314	0.0844	GCP12	0.0204	0.0845
CP17	0.0264	0.0460			

ตารางที่ 2 แสดงค่าทางสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดการประมวลผลข้อมูลแบบ PPP และแบบ Rapid-static

	ค่าความต่างทางราบ (m)	ค่าความต่างทางตั้ง (m)
Min	0.0015	0.0029
Max	0.0587	0.3385
Mean	0.0311	0.0757
S.D.	0.0147	0.0688

จากตารางที่ 1 และ 2 ความแตกต่างทางราบอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.2 เซนติเมตรจนถึง 5.9 เซนติเมตรโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.1 เซนติเมตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.5 เซนติเมตร ส่วนความแตกต่างทางตั้งอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.3 เซนติเมตรถึง 33.9 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 เซนติเมตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.9 เซนติเมตร และจากการนำค่าความต่างทางราบและทางตั้งมาหาความสัมพันธ์กันด้วย Correlation ได้ค่าเท่ากับ 0.3276

4. วิจารณ์ผลและสรุปผล

จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลแบบ PPP และแบบ Rapid-static ค่าเฉลี่ยค่าต่างทางราบคือ 3.1 เซนติเมตร โดยมีค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ 5.8 เซนติเมตร ซึ่งมีการกระจายตัวที่ค่อนข้างน้อย ส่วนค่าเฉลี่ยค่าต่างทางตั้งถึงแม้จะมีแค่ 7.5 เซนติเมตร แต่มีค่าความต่างสูงสุดถึง 33.9 เซนติเมตร ซึ่งมีการกระจายตัวที่สูงและมีจุด

สำรวจที่ค่าเกินทางดิ่งเกิน 10 เซนติเมตร ถึง 7 จุด และจากค่า Correlation เท่ากับ 0.3276 จะได้ว่าค่าต่างรากับทางดิ่งไม่ได้มีความสัมพันธ์ที่มียสำคัญกันซึ่งมีความจำเป็นในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป จากผลดังกล่าวข้างต้นการสำรวจจริงวัดค่าพิกัดในงานต่างๆที่ไม่ต้องการรายละเอียดทางราบต่ำกว่า 10 เซนติเมตร เช่น การทำจุดควบคุมภาพถ่ายดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศที่มีรายละเอียดภาพไม่ถึง 10 เซนติเมตร สามารถใช้วิธีการแบบ PPP ทดแทนวิธีการ Rapid-static เพื่อเพิ่มความสะดวกในการสำรวจจริงวัด และลดการตั้งสถานีอ้างอิงด้วยตัวเอง

5. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาการประมวลผล GNSS แบบออนไลน์แค่เพียงเว็บไซต์เดียวเท่านั้น ยังมีเว็บไซต์ที่ให้การประมวลผลข้อมูล GNSS แบบออนไลน์อีกหลายแห่ง เช่น Auto-GIPSY ของ JPL และ OPUS ของ National Geodetic Survey เป็นต้น การเปรียบเทียบนี้ทำบนพื้นหลักฐาน ITRF08 (2015)มาจากการประมวลผล GNSS แบบออนไลน์ การอ้างอิงหมุดหลักฐานที่มีของประเทศไทยอาจมีการใช้พื้นหลักฐานที่ต่างกันเช่น หมุดหลักฐานของกระทรวงเกษตรฯ ซึ่งอยู่บนพื้นหลักฐาน Indean 1975 หรือ WGS84 ซึ่งต้องระมัดระวังในการศึกษาหรือนำไปใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

M. Abd-Elazeem, A. Farah, and F. Farrag.(2011) Assessment study of using online (CSRS) GPS-PPP Service for mapping applications in Egypt.**Journal of Geodetic Science**, vol. 1, 233-239.

M. Soycan and E. Ata.(2011) Precise point positioning versus traditional solution for GNSS networks.**Scientific Research and Essays**, vol. 6, 799-808.

P. Wielgosz, D. GREJNER-BRZEZINSKA, and I. Kashani.(2005) High-Accuracy DGPS and Precise Point Positioning Based on Ohio CORS Network.**Navigation**, vol. 52, 23-28.