

การศึกษาเปรียบเทียบการแปลงพิกัดพื้นฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ
ITRF2008 ในประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARATIVE STUDY OF DATUM TRANSFORMATION BETWEEN ITRF2005 AND
ITRF2008 IN THAILAND



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบการแปลงพิกัดพื้นฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย
โดย	ร.ท.กรกฎ บุตรวงษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวกาษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์)

..... กรรมการ
(ดร.ทยาทิพย์ ทองตัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กรกฎ บุตรวงษ์ : การศึกษาเปรียบเทียบการแปลงพิกัดอ้างอิงระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย. (COMPARATIVE STUDY OF DATUM TRANSFORMATION BETWEEN ITRF2005 AND ITRF2008 IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์

การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกนั้นส่งผลกระทบต่อการระบุตำแหน่งด้วยค่าพิกัดและการอ้างอิงค่าพิกัดของตำแหน่งเดียวกันบนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่ต่างกันย่อมจะให้ค่าพิกัดที่แตกต่างกันด้วย โดยองค์กรและหน่วยงานในระดับสากลได้ปรับปรุงกรอบพิกัดอ้างอิงสากล (The International Terrestrial Reference Frame ; ITRF) ให้สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกมากยิ่งขึ้น ซึ่งหน่วยงานในประเทศไทยได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงพื้นหลักฐานและระบบพิกัดอ้างอิงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องตามมาตรฐานสากล อาทิเช่น กรมที่ดินได้ใช้ค่าพิกัดอ้างอิงที่คำนวณโดยยึดมาจากหมุดควบคุมในโครงข่ายหลักของกรมแผนที่ทหารบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และได้ประกาศใช้ในราชการตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ในเวลาต่อมากรมแผนที่ทหารซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่กำหนดโครงข่ายอ้างอิงของประเทศได้ปรับปรุงค่าพิกัดอ้างอิงของหมุดควบคุมในโครงข่ายหลักบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 และได้ประกาศใช้ในราชการตั้งแต่ปี พ.ศ.2557 เป็นต้นมา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย พารามิเตอร์ของการแปลงพิกัดอ้างอิง (Transformation Parameters) ใช้วิธีการแปลงค่าพิกัดฉากสามมิติโดยพารามิเตอร์ 7 ตัวแปรด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas และแบบจำลองค่าเศษเหลือ (Grid Residuals) ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง 4 วิธี คือ IDW, Kriging, Natural Neighbor และ Spline แล้วเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ โดยใช้หมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งที่กระจายตัวทั่วพื้นที่ประเทศไทย

ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ซึ่งประกอบด้วย พารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas และแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW, Kriging, Natural Neighbor และ Spline มีความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.4, 1.2, 1.4 และ 1.4 ซม. ตามลำดับ โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยอยู่ที่ 1.0 ± 0.9 , 1.0 ± 0.8 , 1.0 ± 0.9 และ 1.1 ± 0.8 ซม. ตามลำดับ ซึ่งวิธี Kriging ให้ค่าพิกัดทางราบมีความถูกต้องสูงที่สุด ดังนั้นสามารถนำมาใช้แปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ในประเทศไทยให้มีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 2 ซม. และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 3 ซม. และที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7% มีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 4 ซม. ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นการเชื่อมโยงค่าพิกัดทางราบระหว่างหน่วยงานให้สอดคล้องกันและสามารถนำมาใช้งานร่วมกันได้

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6270004421 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD: Tectonic plate movement, the International Terrestrial Reference Frame, Datum transformation, Transformation parameters, Interpolation, Grid residuals

Korakod Butwong : COMPARATIVE STUDY OF DATUM TRANSFORMATION BETWEEN ITRF2005 AND ITRF2008 IN THAILAND. Advisor: Prof. CHALERMCHON SATIRAPOD, Ph.D.

Tectonic plate movement has a directly affect with coordinates and reference coordinates of the same position based on different datum or ITRF, will be different coordinates also. Nowadays, International organizations have been improving the International Terrestrial Reference Frame in accordance with plate tectonics. In Thailand, study to continuously improve of the datum and reference frame in accordance with the International Terrestrial Reference System. For example, the Department of Lands used coordinates based upon the ITRF2005 since 2009 while the Royal Thai Survey Department which is the main agency defining Zero Order Geodetic Network based upon the ITRF2008 since 2014 etc.

The objective of this thesis is to generate a correction model of horizontal coordinates between the ITRF2005 and ITRF2008 in Thailand; consists of Transformation Parameters to transform the three-dimensional cartesian coordinates with 7 parameters by Bursa-Wolf and Molodensky-Badekas model and Grid Residuals to interpolate using 4 methods by Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging, Natural Neighbor and Spline method. Compared horizontal coordinates accuracy by Root Mean Square Error (RMSE) with known 100 check points throughout the country.

The result shows that the correction model of horizontal coordinates by applying Transformation Parameters of Molodensky-Badekas model and Grid Residuals of Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging, Natural Neighbor and Spline method give horizontal coordinates accuracy of about 1.4, 1.2, 1.4 and 1.4 cm. respectively, the mean error of about 1.0 ± 0.9 , 1.0 ± 0.8 , 1.0 ± 0.9 and 1.1 ± 0.8 cm. respectively, so Kriging method give the highest horizontal coordinate accuracy. Thus, this can improve the accuracy horizontal coordinates for the ITRF2005 to ITRF2008 in Thailand less than 2 cm. And consider of confidence level 95% less than 3 cm., of confidence level 99.7% less than 4 cm., so that can connect to the coordinates of other users in Thailand.

Field of Study: Survey Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2020

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์สมบัติ ทรัพย์สวนแดง อาจารย์ภายนอกมหาวิทยาลัยที่ให้แนวคิดและแนวทางในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ พร้อมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ข้าพเจ้า นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวภาษา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.ทยาทิพย์ ทองตัน กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ตั้งแต่การสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งประกอบด้วย คณาจารย์ที่ให้การอบรมสั่งสอน ให้ความรู้ในด้านวิชาการและคำแนะนำต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านจัดการสอบและดำเนินงานด้านเอกสารในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตที่เป็นกัลยาณมิตร ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และช่วยเติมเต็มการใช้ชีวิตในรั้วมหาวิทยาลัยของข้าพเจ้าอย่างสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านเจ้ากรมแผนที่ทหาร ท่านผู้อำนวยการกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ และท่านหัวหน้าแผนกยื่อฟิสิกส์ ที่ให้ความกรุณาอนุมัติให้ข้าพเจ้าได้มาศึกษาต่อในระดับปริญญาโท รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ กองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ที่คอยให้คำปรึกษา ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย กรมที่ดิน กรมแผนที่ทหาร และกรมโยธาธิการและผังเมือง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของโครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวรและหมุดทดสอบแบบจำลอง และข้อมูลค่าพิกัดของสถานีอ้างอิงถาวรบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 รวมถึงให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยนี้เป็นอย่างดี

และท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในทุกด้าน และคอยเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าเสมอมา ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานทางด้านการศึกษาของประเทศไทยและผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป และหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับและขอภัยเป็นอย่างสูง

กรกฎ บุตรวงษ์

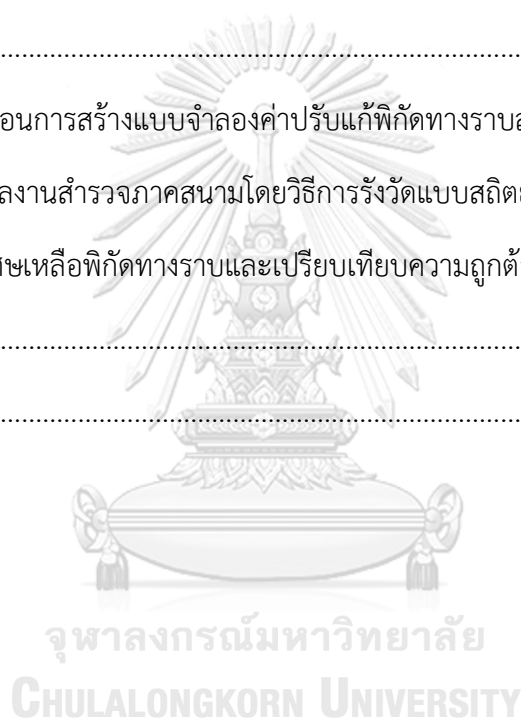
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	3
1.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย	4
1.3.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา	14
1.3.4 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	15
1.3.5 การเปรียบเทียบผลงานวิจัย.....	16
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	16
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	18
2.1.1 สัณฐานของโลก (Earth Shape).....	18
2.1.2 ระบบพิกัด (Coordinate System).....	19
2.1.3 พื้นหลักฐาน (Datum).....	23

2.1.4 การแปลงพิกัดพื้นฐาน (Datum Transformation).....	28
2.1.5 การประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS (GNSS Data Processing).....	36
2.1.6 การประมาณค่าในช่วง (Interpolation).....	38
2.1.7 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความถูกต้องด้วยวิธีการทางสถิติ.....	47
2.1.8 CPCS Model (Country Specific Coordinate System Model).....	49
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา.....	51
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	56
3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57
3.2 ตรวจสอบ รวบรวม จัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย.....	57
3.3 ศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	57
3.4 ประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วมและหมุดทดสอบบนพิกัดพื้นฐานทั้งสอง.....	58
3.5 คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพิกัดพื้นฐาน.....	62
3.6 คำนวณหาค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ.....	63
3.7 ประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ.....	63
3.8 สร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด.....	64
3.9 สร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	64
3.10 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ.....	65
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	66
4.1 ค่าพิกัดหมุดร่วมและหมุดทดสอบบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008.....	66
4.1.1 ค่าพิกัดหมุดร่วม 214 สถานี.....	66
4.1.2 ค่าพิกัดหมุดร่วม 15 สถานี.....	73
4.1.3 ค่าพิกัดหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง.....	78
4.2 ค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพิกัดพื้นฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008.....	93

4.2.1 การคำนวณครั้งที่ 1 ใช้หมู่รวม 229 สถานี.....	93
4.2.2 การคำนวณครั้งที่ 2 ใช้หมู่รวม 223 สถานี.....	95
4.2.3 การคำนวณครั้งที่ 3 ใช้หมู่รวม 220 สถานี.....	97
4.2.4 การคำนวณครั้งที่ 4 ใช้หมู่รวม 218 สถานี.....	99
4.2.5 การคำนวณครั้งที่ 5 ใช้หมู่รวม 217 สถานี.....	101
4.3 ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ.....	104
4.4 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ.....	105
4.4.1 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW.....	105
4.4.2 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging.....	107
4.4.3 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor.....	110
4.4.4 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline.....	110
4.5 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ.....	112
4.6 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	116
4.7 ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	118
4.8 ความสามารถในการปรับแก้ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	121
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัย.....	123
5.1 อภิปรายผลความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	123
5.1.1 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW.....	123
5.1.2 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging.....	123
5.1.3 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor.....	124
5.1.4 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Spline.....	124
5.2 อภิปรายผลความสามารถในการปรับแก้ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	124
5.2.1 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW.....	124
5.2.2 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging.....	124

5.2.3 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor.....	125
5.2.4 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Spline	125
5.3 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนทางราบในกรณีก่อนและหลังการแปลงพื้นหลักฐานด้วย แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ.....	126
5.4 วิเคราะห์แนวทางในการปรับเปลี่ยนพื้นหลักฐานหมุดหลักฐานแผนที่และหลักเขตที่ดินของ หน่วยงานกรมที่ดิน	128
5.5 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	135
ภาคผนวก.....	136
ภาคผนวก ก. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับแปลงพื้นหลักฐาน ...	137
ภาคผนวก ข. ข้อมูลงานสำรวจภาคสนามโดยวิธีการรังวัดแบบสถิติอย่างรวดเร็วจากกรมที่ดิน	149
ภาคผนวก ค. ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบและเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ	153
บรรณานุกรม.....	182
ประวัติผู้เขียน.....	185



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดิน 134 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11	5
ตารางที่ 2 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหาร 80 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10	11
ตารางที่ 3 กรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF ที่ได้มีการพัฒนามาในอดีตจนถึงปัจจุบัน	24
ตารางที่ 4 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหาร 80 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11	66
ตารางที่ 5 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดิน 134 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10	69
ตารางที่ 6 สถานีในโครงข่ายหมุดร่วม 214 สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสองให้กับ สถานีอ้างอิงถาวรของกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี	74
ตารางที่ 7 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานีบนพื้นหลักฐานทั้งสอง	76
ตารางที่ 8 สถานีในโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสองให้กับหมุด ทดสอบ 100 ตำแหน่ง.....	79
ตารางที่ 9 ค่าพิกัดหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งบนพื้นหลักฐานทั้งสอง	86
ตารางที่ 10 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดร่วม 229 สถานี	93
ตารางที่ 11 ค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 229 สถานี.....	94
ตารางที่ 12 สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมุดร่วม 229 สถานี	94
ตารางที่ 13 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดร่วม 223 สถานี	95
ตารางที่ 14 ค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 223 สถานี.....	96
ตารางที่ 15 สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมุดร่วม 223 สถานี	96
ตารางที่ 16 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดร่วม 220 สถานี	97

ตารางที่ 17	ค่าเศษเหลือของหมุดรวม 220 สถานี.....	98
ตารางที่ 18	สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมุดรวม 220 สถานี.....	98
ตารางที่ 19	ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดรวม 218 สถานี.....	99
ตารางที่ 20	ค่าเศษเหลือของหมุดรวม 218 สถานี.....	100
ตารางที่ 21	สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมุดรวม 218 สถานี.....	100
ตารางที่ 22	ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดรวม 217 สถานี.....	101
ตารางที่ 23	ค่าเศษเหลือของหมุดรวม 217 สถานี.....	102
ตารางที่ 24	ค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10.....	103
ตารางที่ 25	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดรวม 229 สถานี.....	104
ตารางที่ 26	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1.....	112
ตารางที่ 27	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 2.....	113
ตารางที่ 28	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 3.....	113
ตารางที่ 29	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Spherical.....	113
ตารางที่ 30	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Circular.....	114
ตารางที่ 31	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Exponential.....	114
ตารางที่ 32	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Gaussian.....	114
ตารางที่ 33	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Linear.....	115
ตารางที่ 34	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor.....	115
ตารางที่ 35	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Regularized.....	115
ตารางที่ 36	แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Tension.....	116
ตารางที่ 37	ความคลาดเคลื่อนทางราบและความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ.....	119
ตารางที่ 38	ความสามารถของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบในการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับ ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10.....	122

ตารางที่ 39 ความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10	126
ตารางที่ 40 ค่าพิกัดฉากหลักเขตที่ดิน ระวัง 5136IV6636-11(1/1000) โซน 47 ตำบลคลองเกลือ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี.....	129
ตารางที่ 41 เปรียบเทียบเนื้อที่แปลงที่ดินตามแบบคำนวณเนื้อที่ (ร.ว.๒๕ จ).....	132
ตารางที่ 42 ค่าปรับแก้พิกัดทางราบของแบบจำลองทั่วพื้นที่ประเทศไทย.....	133
ตารางที่ 43 ข้อมูลงานสำรวจภาคสนามของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง	149
ตารางที่ 44 ค่าต่างพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี.....	153
ตารางที่ 45 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิกัดทางราบ ด้วยวิธี IDW.....	161
ตารางที่ 46 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิกัดทางราบ ด้วยวิธี Kriging	166
ตารางที่ 47 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิกัดทางราบ ด้วยวิธี Kriging (ต่อ).....	171
ตารางที่ 48 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิกัดทางราบ ด้วยวิธี Natural Neighbor และ Spline	176

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบของหมุดควบคุมในโครงข่ายหลัก.....	2
รูปที่ 2 แสดงการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก	3
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งสถานีอ้างอิงถาวรในพื้นที่ศึกษาจากหน่วยงานต่าง ๆ	4
รูปที่ 4 แสดงหมุดควบคุมหลัก (Major Control Points) 370 หมุดของกรมที่ดิน	5
รูปที่ 5 แสดงหมุดควบคุมในโครงข่ายหลัก (Primary Network) 18 หมุดของกรมแผนที่ทหาร	10
รูปที่ 6 แสดงหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งที่กระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา	14
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานของโลก	18
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานรูปทรงรี	19
รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัด	21
รูปที่ 10 แสดงการฉายแผนที่แบบ Transverse Mercator	22
รูปที่ 11 แสดงความแตกต่างระหว่างพื้นฐานท้องถิ่นกับพื้นหลักฐานทั่วโลก	25
รูปที่ 12 แสดงงานขยายโครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวร 80 สถานีของกรมแผนที่ทหาร	26
รูปที่ 13 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้แปลงค่าพิกัด ITRF2014 ไปยัง ITRF อื่น ๆ ที่ epoch2010.0	27
รูปที่ 14 แสดงการเลื่อนแกน (Translation)	28
รูปที่ 15 แสดงการหมุนแกนรอบจุดกำเนิด (Rotation)	29
รูปที่ 16 แสดงการหมุนรอบแกน X	29
รูปที่ 17 แสดงการหมุนรอบแกน Y	30
รูปที่ 18 แสดงการหมุนรอบแกน Z	30
รูปที่ 19 แสดงการย่อ/ขยาย (Scaling)	31
รูปที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลอง Bursa-Wolf	33
รูปที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas	35

รูปที่ 22 แสดงระยะทางระหว่างจุดข้อมูลของวิธี IDW.....	39
รูปที่ 23 แสดงลักษณะของแบบจำลองเคมีแวรีโอแกรมของวิธี Kriging	40
รูปที่ 24 แสดงกราฟความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่าง.....	41
รูปที่ 25 แสดงค่า Nugget, Sill และ Range ในกราฟเคมีแวรีโอแกรม	42
รูปที่ 26 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Spherical	42
รูปที่ 27 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Circular	42
รูปที่ 28 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Exponential	43
รูปที่ 29 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Gaussian	43
รูปที่ 30 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Linear	43
รูปที่ 31 แสดงพื้นที่โวลูนอยรอบจุดข้อมูลของวิธี Natural Neighbor.....	44
รูปที่ 32 แสดงการสร้างส่วนโค้งให้เข้ากับจุดข้อมูลของวิธี Spline.....	45
รูปที่ 33 แสดงการประมาณค่าด้วยวิธี Bi-linear	46
รูปที่ 34 แสดงพื้นที่ได้กราฟของการแจกแจงแบบปกติ.....	48
รูปที่ 35 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	56
รูปที่ 36 แสดงเส้นฐานอิสระในแต่ละช่วงเวลา.....	59
รูปที่ 37 แสดงโครงข่ายหมุดร่วม 214 สถานี.....	60
รูปที่ 38 แสดงตัวอย่างเส้นฐานที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด 2 สถานีให้กับสถานีอ้างอิงถาวร	61
รูปที่ 39 แสดงตัวอย่างเส้นฐานที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด 2 สถานีให้กับหมุดทดสอบ.....	61
รูปที่ 40 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน	62
รูปที่ 41 แสดงการเลือกชุดข้อมูลหมุดร่วมในการแปลงพื้นหลักฐาน	63
รูปที่ 42 แสดงขั้นตอนการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ	64
รูปที่ 43 แสดงรูปแบบของ CSCS Model ประเภทไฟล์ Generic ASCII.....	65
รูปที่ 44 แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี.....	78
รูปที่ 45 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 229 สถานี	94

รูปที่ 46 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 223 สถานี	95
รูปที่ 47 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 220 สถานี	97
รูปที่ 48 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 218 สถานี	99
รูปที่ 49 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 217 สถานี	101
รูปที่ 50 แสดงตำแหน่งหมุดร่วมที่ใช้คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน	102
รูปที่ 51 แสดงค่าเศษเหลือพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี	104
รูปที่ 52 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1	105
รูปที่ 53 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 2	106
รูปที่ 54 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 3	106
รูปที่ 55 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Spherical	107
รูปที่ 56 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Circular	108
รูปที่ 57 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Exponential	108
รูปที่ 58 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Gaussian	109
รูปที่ 59 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Linear	109
รูปที่ 60 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor	110
รูปที่ 61 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Regularized	111
รูปที่ 62 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Tension	111
รูปที่ 63 แสดงตัวอย่างตำแหน่งกริดที่ระยะ 1 ลิปดาในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล	112
รูปที่ 64 แสดงรูปแบบไฟล์ของแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1 ...	116
รูปที่ 65 แสดงพารามิเตอร์ด้วยแบบจำลอง Molodensky-Badekas	117
รูปที่ 66 แสดงแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1	118
รูปที่ 67 แสดงแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1	118
รูปที่ 68 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี IDW	119
รูปที่ 69 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี Kriging	120

รูปที่ 70 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี Natural Neighbor.....	120
รูปที่ 71 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี Spline	121
รูปที่ 72 แสดงกราฟความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ	121
รูปที่ 73 แสดงความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบก่อนแปลงพื้นหลักฐาน	127
รูปที่ 74 แสดงความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบหลังแปลงพื้นหลักฐาน.....	127
รูปที่ 75 แสดงพื้นที่ประกาศยกระดับการรังวัดโดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วย RTK GNSS Network....	128
รูปที่ 76 แสดงตัวอย่างแบบคำนวณเนื้อที่ (ร.ว.๒๕ จ) และค่าพิกัดจากหลักเขตที่ดิน	130
รูปที่ 77 แสดงค่าพิกัดหลักเขตที่ดินบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005.....	131
รูปที่ 78 แสดงค่าพิกัดหลักเขตที่ดินบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008.....	131
รูปที่ 79 แสดงแผนภาพไวโรนอยของช่วงค่าปรับแก้พิกัดทางราบทั่วพื้นที่ประเทศไทย.....	134
รูปที่ 80 แสดงตั้งค่าการคำนวณพารามิเตอร์ด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf.....	138
รูปที่ 81 แสดงขั้นตอนการเลือกหมุดร่วม 229 สถานีบนพื้นหลักฐานทั้งสอง	138
รูปที่ 82 แสดงผลลัพธ์การคำนวณพารามิเตอร์ครั้งที่ 1.....	139
รูปที่ 83 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานครั้งที่ 1	139
รูปที่ 84 แสดงค่าเศษเหลือของหมุดร่วมหลังการคำนวณพารามิเตอร์.....	139
รูปที่ 85 แสดงการพิจารณาค่าเศษเหลือของหมุดร่วมที่มีขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$	140
รูปที่ 86 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Raster Interpolation.....	140
รูปที่ 87 แสดงตั้งค่าการประมาณค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1	141
รูปที่ 88 แสดงตั้งค่ากำหนดขอบเขตการประมาณค่าในช่วง Processing Extent	141
รูปที่ 89 แสดงผลลัพธ์ประมาณค่าพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1	141
รูปที่ 90 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Create Fishnet	142
รูปที่ 91 แสดงตั้งค่าการสร้างกริดขนาด 1 ลิปดาครอบคลุมพื้นที่ 97-106°E และ 5-21°N.....	142
รูปที่ 92 แสดงผลลัพธ์การสร้างกริดขนาด 1 ลิปดาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	143
รูปที่ 93 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Feature Vertices to Points.....	143

รูปที่ 94 แสดงตั้งค่าตำแหน่งกริดบนมุมร่วมที่ระยะ 1 ลิปดา.....	143
รูปที่ 95 แสดงการสร้าง Field ของค่าพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด.....	144
รูปที่ 96 แสดงการคำนวณค่าพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด.....	144
รูปที่ 97 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Extract Multi Values to Points.....	145
รูปที่ 98 แสดงการดึงค่าเศษเหลือพิกัดทางราบมาไว้บนตำแหน่งกริด.....	145
รูปที่ 99 แสดง Attribute แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1.....	145
รูปที่ 100 แสดงการแปลงพื้นหลักฐานด้วยพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas.	146
รูปที่ 101 แสดงแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1.....	146
รูปที่ 102 แสดงแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1.....	147
รูปที่ 103 แสดงรูปแบบไฟล์ข้อมูลค่าพิกัดทางราบของหมุดทดสอบ.....	147
รูปที่ 104 แสดงการนำเข้าข้อมูลค่าพิกัดทางราบของหมุดทดสอบ.....	148
รูปที่ 105 แสดงการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบของหมุดทดสอบ.....	148

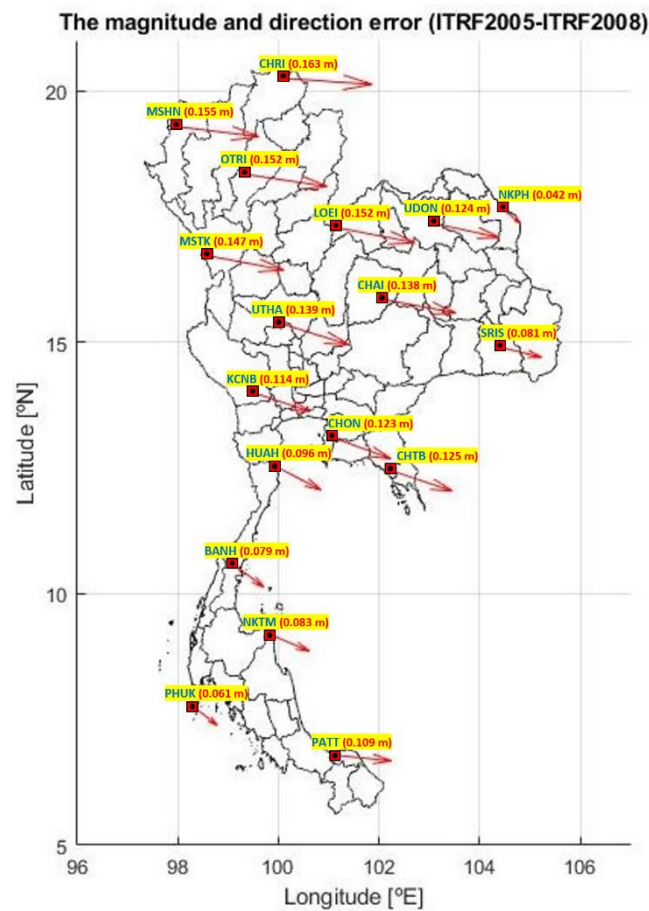
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันองค์กรและหน่วยงานในระดับสากลได้กำหนดระบบพิกัดอ้างอิงสากล (The International Terrestrial Reference System; ITRS) และกรอบพิกัดอ้างอิงสากล (The International Terrestrial Reference Frame; ITRF) ให้สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกมากยิ่งขึ้น ซึ่งถูกปรับปรุงดูแลโดยหน่วยงาน International Earth Rotation and Reference System Service (IERS) โดยการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกส่งผลกระทบต่อการอ้างอิงค่าพิกัดจะทำให้การระบุตำแหน่งด้วยค่าพิกัดไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่มีการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอยู่ตลอดเวลา โดยหน่วยงานในประเทศไทยได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงพื้นฐานและระบบพิกัดอ้างอิงมาอย่างต่อเนื่องให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล อาทิเช่น กรมที่ดินได้คำนวณปรับแก้หมุดดาวเทียมจำนวน 370 หมุดโดยโยงยึดเข้ากับหมุดควบคุมในโครงข่ายหลักของกรมแผนที่ทหารบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และได้ประกาศใช้ในราชการเมื่อตุลาคม พ.ศ.2552 ซึ่งใช้เป็นหมุดควบคุมหลัก (Major Control Points) ในการสร้างหมุดควบคุมย่อย (Minor Control Points) สำหรับงานวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่และงานรังวัดออกเอนดที่ดินโดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งให้กับประชาชน (กรมที่ดิน, 2563) ในเวลาต่อมากรมแผนที่ทหารซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่กำหนดโครงข่ายอ้างอิงของประเทศ (Zero Order Geodetic Network) ได้คำนวณปรับแก้หมุดควบคุมในโครงข่ายหลักจำนวน 18 หมุดใหม่โดยส่งข้อมูลรังวัดทั้งหมด 7 วันเมื่อตุลาคม พ.ศ.2556 ไปประมวลผลค่าพิกัดที่สถาบัน Delft Institute for Earth-Oriented Space research (DEOS) ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยได้ค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 และได้ประกาศใช้ในราชการตั้งแต่วันที่ พ.ศ.2557 เป็นต้นมา (กรมแผนที่ทหาร, 2557) ซึ่งจะพบว่ามีการใช้ค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่ไม่สอดคล้องกัน จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้ใช้งานค่าพิกัดเกิดความสับสนและไม่สามารถนำค่าพิกัดไปใช้งานร่วมกันระหว่างหน่วยงานได้ โดยการอ้างอิงค่าพิกัดของตำแหน่งเดียวกันบนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่ต่างกันย่อมจะให้ค่าพิกัดที่แตกต่างกันด้วย จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดของหมุดควบคุมในโครงข่ายหลักของกรมแผนที่ทหารบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 พบว่าค่าพิกัดมีความแตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง โดยค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 มีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 โดยมีทิศทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เฉลี่ยอยู่ที่ 11.6 ซม.

มีการเปลี่ยนแปลงสูงสุด 16.3 ซม. ที่หมุดหลักฐาน CHRI จังหวัดเชียงราย และต่ำสุด 4.2 ซม. ที่หมุดหลักฐาน NKPH จังหวัดนครพนม ดังแสดงในรูปที่ 1

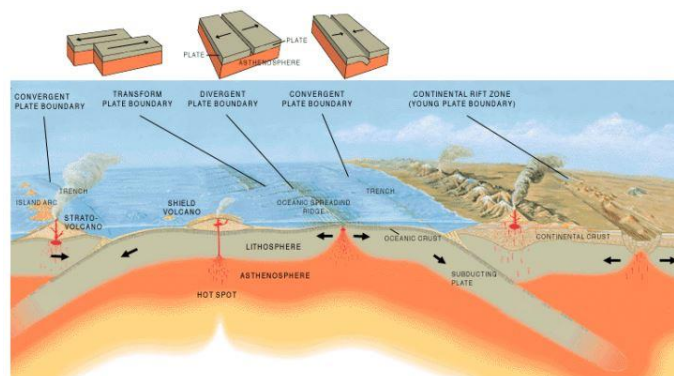


รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบของหมุดควบคุมในโครงข่ายหลัก

CHULALONGKORN UNIVERSITY

อีกทั้งในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) มาใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกรมที่ดินได้มีการยกระดับการรังวัดแปลงที่ดินจากวิธีแผนที่ชั้นสองเป็นวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบดาวเทียมนำทาง (Global Navigation Satellite System; GNSS) โดยได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ.2551 (กรมที่ดิน, 2561) ซึ่งค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่และหลักเขตที่ดินที่ได้จากการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์จะอ้างอิงอยู่บนพื้นหลักฐานเดียวกับสถานีอ้างอิงถาวร (Continuously Operating Reference Station; CORS) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลักฐานทั้งสองในการแปลงค่าพิกัดสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ในประเทศไทย ซึ่งจะเป็นการเชื่อมโยงค่าพิกัดระหว่างหน่วยงานให้สอดคล้องกัน เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนพื้นหลักฐานและปรับปรุงกรอบพิกัดอ้างอิงสากลของหน่วยงานในประเทศไทยให้เป็นมาตรฐานเดียวกันให้มีความถูกต้องสัมพันธ์ตาม

การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการเอื้อประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจรังวัดและทำแผนที่ในประเทศไทยต่อไป



รูปที่ 2 แสดงการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก

(http://astro.phys.sc.chula.ac.th/IHY/Earth/Earth_continental_drift.htm)

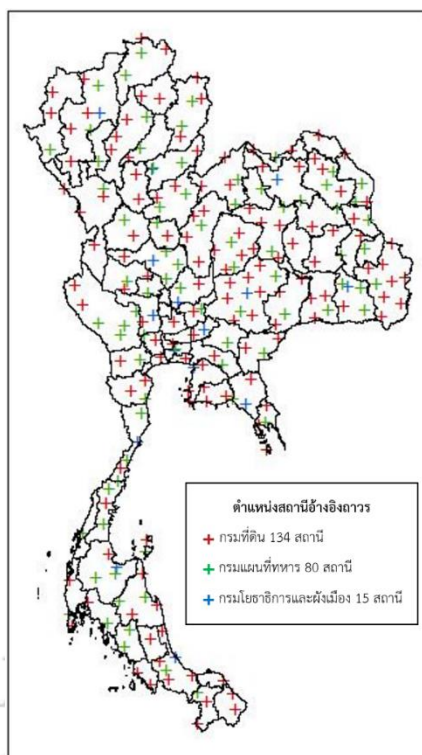
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย
- 1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

โครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวรในประเทศไทยจาก 3 หน่วยงาน ประกอบด้วย กรมที่ดิน 134 สถานี, กรมแผนที่ทหาร 80 สถานี และกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี รวมทั้งสิ้น 229 สถานีที่กระจายตัวครอบคลุมทั่วประเทศ



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งสถานีอ้างอิงถาวรในพื้นที่ศึกษาจากหน่วยงานต่าง ๆ

1.3.2 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ได้แก่ ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS และค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ของสถานีอ้างอิงถาวร และข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ได้แก่ ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรและหมุดทดสอบ

1.3.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรโดยรับข้อมูลทุก ๆ 30 วินาที ในห้วงวันที่ 1 ถึง 6 มีนาคม พ.ศ.2563 ประกอบด้วย

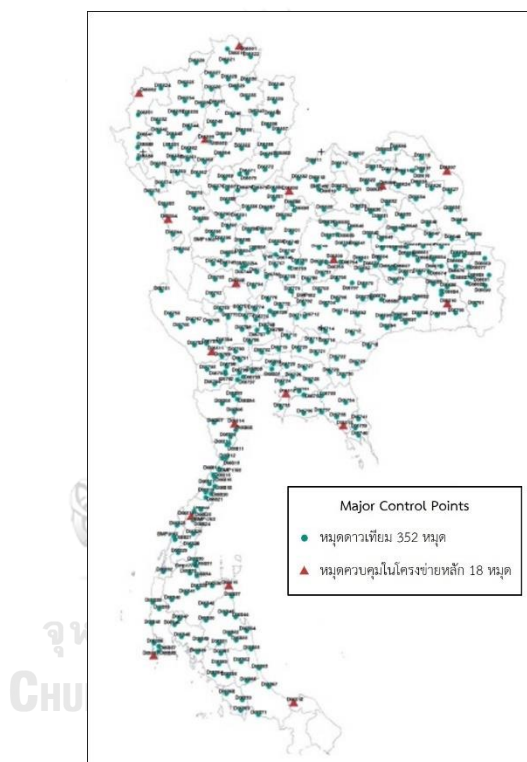
1) สถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดิน ยี่ห้อ CHC จานรับสัญญาณรุ่น CHCC220GR2 CHCD และเครื่องรับสัญญาณรุ่น CHC N72

2) สถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหาร ยี่ห้อ LEICA จานรับสัญญาณรุ่น LEIAR20 LEIM และเครื่องรับสัญญาณรุ่น GR50

3) สถานีอ้างอิงถาวรของกรมโยธาธิการและผังเมือง ยี่ห้อ LEICA จานรับสัญญาณรุ่น LEIAR10 และเครื่องรับสัญญาณรุ่น GX1230+GNSS

ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ประกอบด้วย

1) ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดินได้จากการประมวลผลและคำนวณปรับแก้โครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวร (DOL CORS Network) 134 สถานีด้วยหมุดควบคุมหลัก (Major Control Points) 370 หมุดของกรมที่ดินบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ CHC Precise Service (CPS) ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 4 แสดงหมุดควบคุมหลัก (Major Control Points) 370 หมุดของกรมที่ดิน

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดิน 134 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
1	AMKO	17° 48' 02.29914" N	98° 21' 29.88083" E	783.891
2	AUPG	16° 00' 58.20250" N	98° 51' 45.36954" E	427.829
3	AWLK	8° 22' 38.04305" N	98° 43' 18.13829" E	-8.143

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
4	AYYA	14° 21' 51.52050" N	100° 34' 36.34860" E	-15.464
5	BDNG	17° 42' 02.97486" N	103° 15' 32.63976" E	146.758
6	BGKN	18° 21' 33.16201" N	103° 39' 18.95760" E	130.753
7	BGSP	11° 15' 35.38328" N	99° 26' 15.30661" E	6.429
8	BKOK	18° 01' 29.97703" N	101° 04' 04.28592" E	401.382
9	BLAN	13° 59' 17.32394" N	100° 09' 58.69800" E	-18.798
10	BLMG	12° 54' 48.56368" N	100° 52' 56.89272" E	-13.447
11	BNMG	17° 51' 02.02496" N	103° 34' 09.72696" E	133.547
12	BNNR	15° 29' 59.40568" N	101° 41' 12.10560" E	185.746
13	BNPE	17° 41' 18.06637" N	102° 28' 27.34536" E	157.729
14	BNPG	17° 58' 02.27154" N	104° 12' 53.32320" E	126.400
15	BNST	6° 15' 41.10752" N	101° 15' 18.41004" E	45.831
16	BOBR	16° 02' 20.15567" N	103° 07' 06.76488" E	150.319
17	BOKO	19° 08' 56.38880" N	101° 09' 26.51328" E	708.954
18	BORI	12° 34' 50.97133" N	102° 32' 28.14252" E	9.445
19	BPLE	13° 35' 31.29025" N	100° 49' 55.62696" E	-19.311
20	BRAI	15° 05' 01.42800" N	99° 31' 18.78510" E	124.266
21	BTAK	17° 03' 02.19488" N	99° 04' 26.30662" E	92.582
22	BTHG	14° 45' 23.86656" N	105° 24' 40.60620" E	138.449
23	BTNG	5° 47' 18.96860" N	101° 04' 23.80728" E	287.829
24	BUYI	15° 34' 57.32281" N	102° 25' 19.46892" E	142.945
25	CHDN	15° 10' 57.27158" N	101° 06' 33.96024" E	24.880
26	CHKG	20° 12' 59.76767" N	100° 24' 13.34376" E	326.921
27	CHKN	17° 53' 52.98191" N	101° 39' 52.07292" E	190.488
28	CHPM	15° 48' 19.82452" N	102° 01' 51.68856" E	158.038
29	CHTK	17° 16' 35.16334" N	100° 35' 58.50168" E	173.865
30	CHYA	9° 24' 32.71093" N	99° 09' 56.18264" E	-2.615
31	CLPK	19° 34' 46.20691" N	101° 04' 51.00060" E	472.228
32	CMPN	10° 29' 28.18111" N	99° 07' 34.87130" E	-10.868
33	DKTN	15° 12' 32.50904" N	101° 45' 57.14244" E	192.508
34	DSAI	17° 16' 47.98981" N	101° 08' 49.32564" E	330.182
35	DUDM	14° 54' 36.39571" N	105° 04' 10.85592" E	115.046

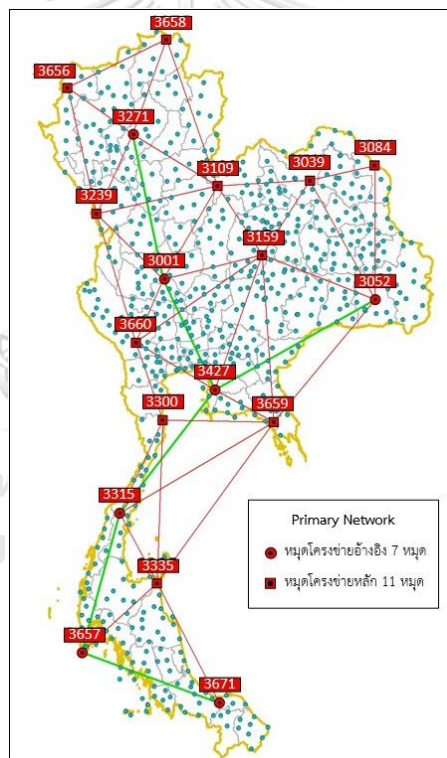
ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
36	HACH	18° 19' 38.65181" N	99° 20' 49.20896" E	248.438
37	JAHM	18° 42' 26.19569" N	99° 33' 21.11051" E	273.889
38	JKRT	15° 00' 49.87444" N	102° 24' 47.05524" E	148.507
39	KBCG	14° 28' 28.42644" N	103° 35' 40.08876" E	180.789
40	KHJM	15° 19' 06.77176" N	105° 29' 42.94932" E	93.204
41	KHMR	16° 02' 30.91502" N	105° 13' 36.30828" E	117.668
42	KKJN	12° 54' 28.05592" N	99° 38' 54.05489" E	47.510
43	KKOI	14° 35' 11.00000" N	100° 59' 53.99016" E	-1.777
44	KKOR	16° 37' 40.56924" N	100° 59' 44.24352" E	910.020
45	KLKG	16° 12' 47.93443" N	99° 42' 40.61772" E	33.492
46	KLNG	12° 46' 51.02047" N	101° 41' 17.41452" E	-12.025
47	KMCE	16° 34' 37.79544" N	104° 25' 06.44520" E	158.624
48	KNKN	16° 26' 27.42497" N	102° 50' 16.60380" E	137.622
49	KNSN	16° 25' 17.75590" N	103° 30' 49.50252" E	127.714
50	KNSW	15° 55' 54.41869" N	102° 16' 50.45160" E	158.025
51	KNYM	18° 50' 23.13053" N	97° 57' 07.73971" E	589.318
52	KOGD	11° 39' 29.02896" N	102° 32' 31.34040" E	34.871
53	KORN	14° 31' 24.00906" N	102° 14' 56.84820" E	189.678
54	KPNG	9° 43' 13.69773" N	99° 59' 43.53137" E	-12.944
55	KSKS	15° 19' 46.52904" N	102° 10' 16.88556" E	159.807
56	KSSB	16° 16' 50.22185" N	101° 57' 13.41684" E	205.446
57	KSWS	15° 39' 22.00579" N	103° 34' 45.88284" E	114.383
58	KTBN	13° 37' 24.26452" N	100° 17' 49.45776" E	-20.226
59	KUKN	14° 42' 49.41256" N	104° 11' 56.62608" E	136.646
60	LAGU	6° 53' 04.16999" N	99° 47' 15.84517" E	-8.148
61	LGNT	16° 12' 25.71037" N	104° 33' 18.44496" E	141.655
62	LMHP	12° 10' 20.70602" N	102° 23' 40.58376" E	-15.174
63	LOMS	16° 45' 22.81223" N	101° 12' 06.81660" E	137.107
64	LPMA	15° 01' 30.41130" N	102° 50' 21.02100" E	144.104
65	MEJM	18° 29' 57.44940" N	98° 21' 42.42755" E	436.734
66	MHGS	19° 17' 25.69798" N	97° 57' 51.08872" E	202.520
67	MSAI	20° 25' 39.67414" N	99° 53' 00.75037" E	377.149

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
68	MSOD	16° 42' 42.90498" N	98° 34' 22.63141" E	179.823
69	MSSB	15° 30' 36.60170" N	104° 43' 37.20396" E	116.344
70	MWOG	15° 46' 52.76417" N	99° 31' 07.90518" E	96.618
71	NAMY	14° 29' 20.77937" N	105° 00' 00.00792" E	168.816
72	NANO	18° 19' 38.51054" N	100° 42' 37.16748" E	247.834
73	NDDG	14° 18' 58.13752" N	102° 44' 36.27240" E	230.389
74	NROA	16° 29' 33.52189" N	102° 25' 58.08576" E	171.835
75	NRTW	6° 25' 44.77755" N	101° 49' 24.30300" E	3.326
76	NSHO	15° 43' 59.71566" N	102° 47' 45.31524" E	144.780
77	OKRK	14° 06' 40.89344" N	100° 58' 43.64184" E	-16.303
78	PBHN	15° 14' 42.35554" N	105° 13' 48.31932" E	107.876
79	PDCP	15° 54' 16.92810" N	101° 25' 18.07824" E	248.331
80	PKET	7° 53' 22.66322" N	98° 23' 39.82326" E	-0.772
81	PKKT	13° 54' 44.91454" N	100° 32' 24.26280" E	12.430
82	PKNK	8° 20' 16.16548" N	100° 12' 31.97952" E	-12.343
83	PLDG	12° 58' 18.54073" N	101° 12' 54.57204" E	36.418
84	PNNK	13° 27' 57.01255" N	101° 11' 00.03840" E	-13.241
85	PNPS	18° 02' 09.63859" N	103° 04' 56.93628" E	140.203
86	PNTG	16° 19' 01.79321" N	103° 59' 00.03516" E	142.325
87	PONG	19° 08' 59.96872" N	100° 16' 30.70344" E	264.069
88	PPRM	17° 02' 01.22053" N	100° 12' 05.76252" E	19.522
89	PTBR	13° 06' 32.91926" N	99° 56' 39.53299" E	-17.036
90	PTLG	7° 36' 56.11085" N	100° 04' 17.49324" E	-3.358
91	PYAO	19° 11' 31.62484" N	99° 52' 49.82945" E	377.733
92	RAND	7° 46' 03.44408" N	100° 19' 27.77628" E	-5.040
93	RATP	7° 08' 04.40154" N	100° 15' 22.08276" E	16.226
94	RAYG	12° 40' 08.55908" N	101° 16' 25.27824" E	-14.439
95	SADO	6° 43' 50.28947" N	100° 26' 56.74056" E	23.425
96	SAKW	13° 48' 21.63625" N	102° 05' 48.69528" E	24.845
97	SAMG	18° 50' 53.25810" N	98° 43' 56.42645" E	469.266
98	SATN	6° 37' 28.90089" N	100° 03' 58.07664" E	-5.684
99	SBRI	6° 42' 16.29504" N	101° 37' 05.34432" E	0.412

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
100	SCHP	16° 48' 04.27676" N	102° 11' 13.67880" E	178.366
101	SDAN	16° 11' 20.92441" N	100° 51' 33.40404" E	74.239
102	SDAO	13° 08' 13.30584" N	102° 13' 06.13308" E	232.875
103	SGNN	14° 53' 33.15610" N	101° 43' 22.14264" E	211.274
104	SICN	9° 00' 25.80907" N	99° 54' 04.49928" E	-10.726
105	SISA	17° 31' 03.11020" N	99° 45' 37.61489" E	40.167
106	SKBR	15° 09' 18.02858" N	98° 27' 12.09798" E	172.702
107	SKNK	17° 09' 18.73026" N	104° 08' 01.33548" E	153.913
108	SKOM	18° 03' 49.23767" N	102° 16' 19.11252" E	150.124
109	SKPM	14° 56' 45.13855" N	103° 47' 30.28884" E	118.979
110	SKTH	17° 00' 18.65894" N	99° 49' 38.14871" E	22.247
111	SMNM	18° 03' 54.72011" N	99° 14' 43.90285" E	211.929
112	SNCK	13° 39' 30.88429" N	101° 26' 23.13348" E	-8.070
113	SPDI	6° 05' 05.41037" N	101° 52' 38.75484" E	20.112
114	SPUG	13° 32' 50.43534" N	99° 26' 26.75454" E	99.835
115	STHP	12° 39' 46.15592" N	100° 54' 14.63220" E	-18.256
116	STUK	15° 17' 52.44166" N	103° 17' 32.49348" E	113.091
117	SURN	14° 52' 46.69576" N	103° 29' 15.12996" E	128.073
118	TAPY	14° 00' 22.35431" N	102° 48' 21.29076" E	57.404
119	TEPA	6° 49' 47.37456" N	100° 57' 52.20108" E	-3.415
120	TGSG	8° 07' 46.11103" N	99° 40' 16.63655" E	42.152
121	THKP	8° 52' 14.58859" N	98° 20' 39.92150" E	-14.998
122	THPP	14° 44' 41.54078" N	98° 37' 27.10567" E	117.729
123	THSY	17° 13' 36.16514" N	98° 13' 32.97590" E	98.739
124	TKPP	15° 36' 19.09555" N	105° 02' 10.15080" E	125.351
125	TPHN	16° 13' 07.85996" N	100° 25' 42.78000" E	9.108
126	TPNM	16° 56' 12.88403" N	104° 42' 34.02216" E	124.639
127	UTHI	15° 21' 38.97626" N	100° 00' 31.19580" E	-0.359
128	UTOG	14° 22' 38.17524" N	99° 53' 35.09826" E	-14.808
129	VCBR	15° 39' 26.54932" N	101° 06' 24.53652" E	45.320
130	WGNC	17° 53' 59.41165" N	99° 36' 10.83946" E	71.769
131	WHAG	19° 33' 41.59458" N	98° 38' 13.16130" E	704.715

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
132	WNKH	14° 25' 01.23287" N	101° 51' 01.01376" E	399.658
133	WNNW	17° 37' 54.17998" N	103° 45' 07.04160" E	141.625
134	WSPG	17° 18' 02.82193" N	101° 46' 07.17780" E	227.987

2) ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหารได้จากการประมวลผลและคำนวณปรับแก้โครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวร (RTSD CORS Network) 80 สถานีด้วยหมุดควบคุมในโครงข่ายหลัก (Primary Network) 18 หมุดของกรมแผนที่ทหารบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ Leica Geo Office (LGO) ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 5 แสดงหมุดควบคุมในโครงข่ายหลัก (Primary Network) 18 หมุดของกรมแผนที่ทหาร

ตารางที่ 2 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหาร 80 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10

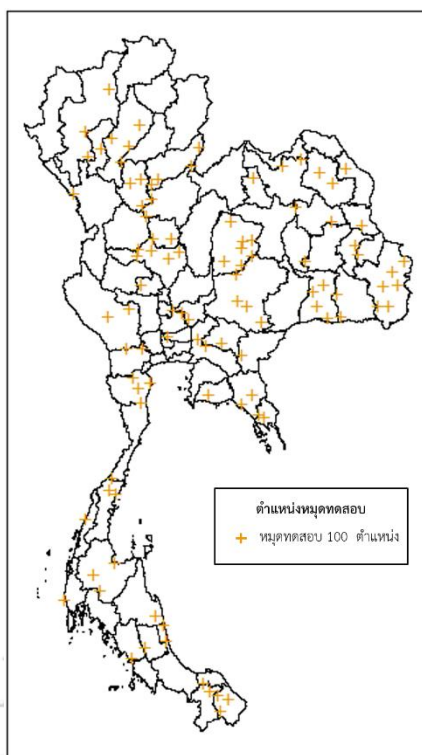
ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
1	AKSN	16° 47' 52.19815" N	104° 02' 41.07139" E	173.313
2	APKN	11° 25' 53.52495" N	99° 33' 20.59127" E	-2.451
3	ARNG	9° 51' 05.92520" N	98° 37' 10.35285" E	-4.097
4	ATRG	7° 26' 11.51386" N	99° 30' 10.78752" E	-9.559
5	AUTT	17° 46' 10.64357" N	100° 43' 31.77726" E	143.171
6	CKRI	14° 21' 12.22394" N	98° 57' 25.53941" E	214.037
7	CTAK	17° 13' 36.50860" N	99° 03' 53.74821" E	114.023
8	DACR	15° 56' 40.14716" N	104° 37' 56.15622" E	152.735
9	DBRM	14° 33' 16.45908" N	102° 55' 54.66115" E	184.824
10	DCMI	19° 24' 50.09185" N	98° 57' 55.62996" E	409.264
11	DCRI	20° 06' 27.63722" N	99° 52' 54.09845" E	436.277
12	DLEI	17° 25' 15.33752" N	101° 55' 57.42567" E	281.865
13	DMSN	18° 03' 13.04382" N	97° 55' 56.08178" E	157.118
14	DNAN	19° 06' 00.62496" N	100° 56' 58.80397" E	325.860
15	DNPM	16° 57' 18.50353" N	104° 27' 04.56212" E	133.506
16	DPLK	16° 50' 25.29230" N	100° 15' 25.67333" E	16.194
17	DPNB	16° 26' 21.92702" N	101° 08' 46.75256" E	96.634
18	DSNI	8° 59' 13.06428" N	99° 19' 24.16871" E	-4.905
19	DSNK	17° 18' 18.44793" N	103° 50' 21.37232" E	155.531
20	DSSK	15° 10' 35.32476" N	104° 09' 23.00636" E	134.560
21	DUDN	16° 58' 23.41798" N	103° 16' 09.97659" E	155.594
22	DUTI	15° 14' 45.18995" N	99° 34' 39.16150" E	108.051
23	DYLA	6° 27' 34.35979" N	101° 04' 47.32767" E	57.745
24	ECMI	18° 28' 25.26646" N	98° 47' 20.75752" E	262.531
25	ENMA	14° 35' 49.59171" N	102° 00' 08.00622" E	205.264
26	LCNT	14° 58' 45.16882" N	100° 00' 21.39098" E	-9.222
27	LCPM	15° 33' 31.88506" N	101° 50' 30.18410" E	169.475
28	LKPT	16° 33' 07.90053" N	99° 30' 44.58843" E	74.236
29	LKRI	14° 18' 25.63655" N	99° 30' 34.36387" E	54.259

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
30	LLEI	16° 53' 04.68406" N	101° 53' 07.76532" E	236.572
31	LLPG	18° 45' 22.98519" N	99° 58' 42.31231" E	252.110
32	LLPN	17° 48' 06.75075" N	98° 57' 01.76692" E	420.921
33	LLRI	15° 05' 23.00712" N	100° 42' 54.90397" E	5.308
34	LMDH	16° 32' 49.25934" N	104° 43' 34.95675" E	120.679
35	LNAN	18° 34' 16.92756" N	100° 45' 03.76311" E	163.177
36	LNBP	17° 13' 26.24173" N	102° 25' 28.63588" E	209.338
37	LNKI	17° 52' 46.91825" N	102° 44' 29.40344" E	145.279
38	LNMA	15° 20' 53.99590" N	102° 44' 29.79861" E	122.295
39	LNSN	15° 17' 57.91232" N	100° 24' 09.28679" E	53.537
40	LPBI	12° 43' 22.24639" N	99° 57' 11.80653" E	-12.487
41	LPCT	16° 30' 30.97912" N	100° 12' 15.55890" E	10.399
42	LPLK	17° 06' 29.98104" N	100° 49' 35.21554" E	183.841
43	LPRE	18° 04' 31.09157" N	99° 49' 54.98872" E	110.703
44	LSN1	9° 28' 20.49136" N	99° 57' 33.11153" E	8.130
45	LSN2	8° 54' 00.02864" N	98° 53' 03.47271" E	29.707
46	LSNK	17° 35' 43.24416" N	103° 58' 24.56146" E	131.760
47	LSRN	14° 38' 11.53795" N	103° 51' 11.72356" E	144.062
48	LSSK	14° 38' 26.23499" N	104° 38' 59.28883" E	139.176
49	LTRG	7° 47' 18.96913" N	99° 38' 06.19944" E	39.616
50	LTRT	12° 14' 00.20493" N	102° 31' 37.69125" E	-8.650
51	LYST	15° 48' 10.88899" N	104° 08' 23.65889" E	108.876
52	MKRI	14° 36' 25.54697" N	99° 46' 20.61390" E	9.811
53	MNSN	15° 36' 01.59813" N	100° 39' 24.70917" E	36.833
54	MRBR	13° 33' 37.68631" N	99° 50' 26.07064" E	-21.790
55	NKBI	7° 56' 07.95411" N	99° 08' 43.71874" E	-9.073
56	PCCO	13° 26' 42.30109" N	101° 36' 37.60983" E	49.551
57	PCPM	16° 04' 57.49327" N	101° 48' 10.23632" E	230.564
58	PCRI	19° 39' 21.96150" N	99° 32' 34.74054" E	421.831
59	PNST	8° 25' 12.23328" N	99° 23' 42.60145" E	36.897
60	SBKK	13° 47' 34.60101" N	100° 35' 47.37255" E	1.263
61	TCP1	10° 48' 10.39675" N	99° 10' 12.81401" E	31.612

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]
62	TCP2	10° 04' 11.35818" N	99° 03' 31.31160" E	5.205
63	TCTI	12° 44' 07.72631" N	101° 50' 00.39198" E	16.669
64	TKK1	16° 50' 18.43780" N	102° 54' 45.72298" E	382.135
65	TKK2	15° 53' 42.45120" N	102° 38' 55.85866" E	196.836
66	TKRI	14° 06' 18.74670" N	99° 25' 46.29162" E	25.946
67	TNPM	17° 20' 03.65311" N	104° 34' 42.01754" E	152.012
68	TNPT	14° 05' 16.86643" N	99° 56' 23.71396" E	-19.356
69	TNSN	15° 52' 48.74873" N	100° 24' 41.81533" E	1.965
70	TNST	8° 29' 21.21738" N	99° 57' 22.45941" E	-10.783
71	TPK1	12° 24' 56.91098" N	99° 53' 10.13039" E	-4.988
72	TPK2	10° 59' 14.16609" N	99° 22' 06.33523" E	135.652
73	TPKT	8° 08' 04.38352" N	98° 19' 49.69584" E	219.249
74	TPRI	13° 56' 39.76463" N	101° 42' 44.20866" E	-3.650
75	TSKA	6° 55' 43.47827" N	100° 24' 22.28608" E	5.710
76	TSKW	13° 41' 41.79884" N	102° 29' 32.70596" E	25.039
77	TSRI	14° 39' 06.77940" N	101° 09' 18.40878" E	475.105
78	TSSK	15° 06' 18.29662" N	104° 34' 08.35097" E	118.922
79	TUBN	15° 11' 34.73946" N	104° 53' 01.39539" E	116.503
80	TUTT	17° 39' 46.92274" N	100° 07' 29.77436" E	52.456

1.3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรในโครงข่าย
 หมดรวม 229 สถานี และหมดทดสอบ 100 ตำแหน่งจากข้อมูลรังวัดภาคสนามแบบ
 สถิตย์อย่างรวดเร็ว (Fast static) ของกรมที่ดินด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS
 ยี่ห้อ CHC รุ่น i-80 โดยรับข้อมูลทุก ๆ 1 วินาที เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที ในห้วง
 วันที่ 8 ถึง 26 พฤศจิกายน พ.ศ.2563



รูปที่ 6 แสดงหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งที่กระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา

1.3.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

1.3.3.1 ศึกษาการประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS และการคำนวณปรับแก้โครงข่าย

1.3.3.2 ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน

1.3.3.3 ศึกษาวิธีการประมาณค่าในช่วงสำหรับสร้างพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

1.3.3.4 ศึกษาการสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด

1.3.3.5 ศึกษาการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

1.3.3.6 ศึกษาการใช้งานซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย ซอฟต์แวร์ Leica Infinity เวอร์ชัน 3.1, ซอฟต์แวร์ ArcGIS Desktop เวอร์ชัน 10.8 และซอฟต์แวร์ CSCS Model Convert

1.3.3.7 ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลและการเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบด้วยค่าทางสถิติ

1.3.4 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย

1.3.4.1 Leica Infinity 3.1

ซอฟต์แวร์ Leica Infinity เวอร์ชัน 3.1 เป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ พัฒนาโดยบริษัท Leica Geosystem AG ประเทศเยอรมัน สำหรับประมวลผลข้อมูลดาวเทียม GNSS ในภายหลัง (Post Processing) โดยมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล GNSS ของกลุ่มดาวเทียมร่วมกันได้ เช่น GPS, GLONASS, Galileo, Beidou และ QZSS เป็นต้น สามารถประมวลผลร่วมกับข้อมูลวงโคจรดาวเทียมรายละเอียดสูง (Precise Ephemeris) จาก IGN Global Data Center และ IGS International GPS Service for Geodynamics รวมถึงข้อมูลค่าปรับแก้เสาอากาศของเครื่องรับ (Antenna Calibrations) จาก National Geodetic Survey อีกทั้งยังมีเครื่องมือสำหรับการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพิกัดพื้นฐาน (Determine Transformation), การสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ (CSCS Model) และใช้ในการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วย

1.3.4.2 ArcGIS Desktop 10.8

ซอฟต์แวร์ ArcGIS Desktop เวอร์ชัน 10.8 เป็นซอฟต์แวร์จัดการข้อมูลภูมิสารสนเทศ พัฒนาโดยบริษัท ESRI Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับการสร้างพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยการประมาณค่าในช่วงโดยวิธีต่าง ๆ และการสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด

1.3.4.3 CSCS Model Convert

ซอฟต์แวร์ CSCS Model Convert เป็นซอฟต์แวร์จัดการรูปแบบไฟล์ พัฒนาโดยบริษัท Leica Geosystem AG ประเทศเยอรมัน สำหรับแปลงไฟล์ข้อมูลแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริดในรูปแบบ Generic ASCII (.txt) ให้เป็นไฟล์ CSCS (.csc) ตามรูปแบบของ CSCS Model ก่อนที่จะนำเข้าสู่ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 ต่อไป

1.3.5 การเปรียบเทียบผลงานวิจัย

เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE) ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ใช้หมุดทดสอบจำนวน 100 ตำแหน่งที่กระจายตัวทั่วพื้นที่ประเทศไทย โดยการเปรียบเทียบค่าพิกัดทางราบบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ระหว่างค่าพิกัดทางราบอ้างอิงกับค่าพิกัดทางราบที่ได้จากการแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย

1.4.2 สามารถเชื่อมโยงค่าพิกัดทางราบระหว่างหน่วยงานให้มีความเป็นเอกภาพและลดความคลาดเคลื่อนจากการใช้ค่าพิกัดทางราบที่ไม่สอดคล้องกัน

1.4.3 สามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากลอื่น ๆ ในอนาคตของประเทศไทย เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่เป็นปัจจุบันตามการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอยู่เสมอ

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะหาความสัมพันธ์ในการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย ซึ่งจะต้องอาศัยค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบที่เหมาะสมเพื่อที่จะสร้างเป็นแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ สำหรับใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าพิกัดให้สอดคล้องกันและสามารถนำค่าพิกัดไปใช้งานร่วมกันระหว่างหน่วยงานได้ อีกทั้งใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบของการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากลอื่น ๆ ในอนาคตของประเทศไทย เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่เป็นปัจจุบันตามการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอยู่เสมอ ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการปรับแก้ค่าพิกัดทางราบโดยใช้ข้อมูลของสถานีอ้างอิงถาวร (Continuously Operating Reference Station; CORS) ในประเทศไทยจาก 3 หน่วยงาน ประกอบด้วย ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของกรมที่ดิน กรมแผนที่ทหาร และ กรมโยธาธิการและผังเมือง และข้อมูลค่าพิกัดของกรมที่ดินและกรมแผนที่ทหารบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ตามลำดับ ซึ่งจะเป็นตัวแทนของกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ที่หน่วยงานประกาศใช้ในราชการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน มาประมวลผลและคำนวณปรับแก้โครงข่ายร่วมกันเพื่อใช้เป็นหมุดร่วมสำหรับคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และใช้ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วมทั้งหมดมาประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี ต่าง ๆ เพื่อสร้างเป็นพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ (Surface Residuals) แล้วนำมาสร้างเป็นแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริดที่เหมาะสม (Grid Residuals) หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์และแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบแล้ว จึงนำมาสร้างเป็นแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบของการแปลงพื้นหลักฐาน โดยใช้หมุดทดสอบที่กระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ประเทศไทยมาเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ซึ่งจะได้แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ที่เหมาะสมของประเทศไทย โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

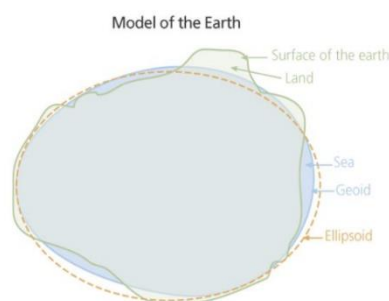
2.1.1 สันฐานของโลก (Earth Shape)

ยิปโตเดซี (Geodesy) เป็นศาสตร์ที่กล่าวถึงการศึกษาคั่นคว่ำรูปทรงสันฐานและขนาดของพิภพ โดยการคำนวณหรือจากการรังวัด “งานยิปโตเดซีเป็นการหาสันฐานและสนามความถ่วงของโลกและวัตถุลอยฟ้าอื่น ๆ รวมทั้งการหารูปทรงรีเฉลี่ยของโลก (Mean earth ellipsoid) จากปริมาณที่รังวัดได้บนผิวโลกและนอกผิวโลก” (ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 2537) เนื่องจากว่าโลกมีความโค้ง (Earth curvature) ซึ่งมีอิทธิพลต่อความถูกต้องของการรังวัดในพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น ครอบคลุมระดับประเทศหรือภูมิภาค เป็นลักษณะงานสำรวจชั้นสูง (Geodetic survey) ซึ่งต่างจากงานสำรวจบนพื้นระนาบ (Plane survey) ที่ไม่ได้นำความโค้งของโลกมาคำนวณ และถือว่าพื้นผิวอ้างอิงของโลกเป็นระนาบราบ ซึ่งเหมาะกับการรังวัดพื้นที่ขนาดเล็ก โดยสันฐานของโลกแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1) สันฐานทางกายภาพ (Terrestrial surface) เส้นขอบเขตระหว่างผิวดินหรือผิวน้ำกับชั้นบรรยากาศรอบผิวโลก เป็นลักษณะที่ปรากฏจริงของผิวโลก ไม่สามารถนิยามรูปร่างได้ด้วยรูปทรงทางเรขาคณิตหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2) สันฐานยิปโตเดซี (Geoid) สันฐานของโลกที่เกิดจากการสมมติว่าพื้นผิวน้ำทะเลมหาสมุทรได้แผ่กระจายอย่างต่อเนื่องเข้าไปในพื้นผิวดินเชื่อมโยงถึงกันทั่วโลก โดยที่ทุก ๆ จุดบนพื้นผิวมีค่าศักย์ภาพความถ่วงเท่ากัน ซึ่งจะมีลักษณะที่ขรุขระ ไม่ราบเรียบ มีความบอบเบี้ยวไม่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต แบบจำลองที่ได้จึงไม่สะดวกที่ใช้ในการคำนวณ

3) สันฐานรูปทรงรี (Ellipsoid) สันฐานของโลกที่ใช้รูปทรงรีที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับยิปโตเดซีมากที่สุด มีลักษณะการยุบตัวที่บริเวณขั้วและป่องออกบริเวณแนวตรงกลาง รูปทรงรีนี้เกิดจากการหมุนวงรีรอบแกนโท ทำให้สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ได้ และเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดพื้นหลักฐาน (Datum)



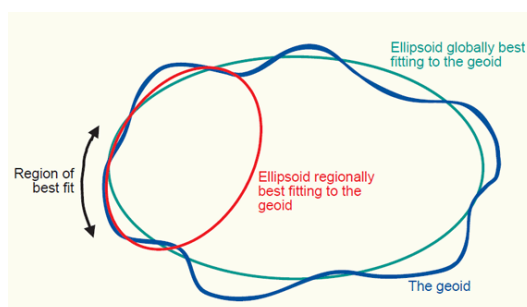
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสันฐานของโลก

(<https://esri.com/news/arcuser/0703/geoid1of3.html>)

และสัณฐานรูปทรงรีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) รูปทรงรีภูมิฐาน (Terrestrial Ellipsoid) เป็นรูปทรงรีที่ใช้อ้างอิงแทนลูกโลก ซึ่งมีจุดศูนย์กลางกำเนิดอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลสารของโลก และแกนหมุนสมมาตรขนานกับแกนหมุนเฉลี่ยของโลก ดังนั้นทุก ๆ จุดบนผิวโลกจะอยู่ในระบบอ้างอิงเดียวกัน

2) รูปทรงรีภูมิภาค (Best-fitting Ellipsoid) เป็นรูปทรงรีที่ใช้เฉพาะบริเวณหนึ่งในระดับประเทศ หรือภูมิภาค ซึ่งมีพื้นผิวใกล้เคียงกับยี่ออยต์ในบริเวณนั้น ๆ ดังนั้นตำแหน่งของจุดจะมีความสัมพันธ์กันเฉพาะพื้นที่ที่ใช้ระบบอ้างอิงเดียวกันเท่านั้น



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานรูปทรงรี

(<https://kartoweb.itc.nl/geometrics/Reference%20surfaces/body.html>)

2.1.2 ระบบพิกัด (Coordinate System)

2.1.2.1 ระบบพิกัดทรงกลม (Spherical coordinate)

ค่าประมาณของรูปทรงและขนาดของโลกที่ใช้กันในยุคแรก ๆ คือ รูปทรงกลมที่มีรัศมี 6,371 กิโลเมตร โดยมีค่าจำกัดความที่ใช้อธิบายค่าพิกัดทรงกลมอยู่ 3 ค่า ซึ่งก็คือ ละติจูด (Latitude; ϕ) เป็นมุมที่วัดจากระนาบศูนย์สูตร ซึ่งอาจจะเป็นทางฝั่งขั้วโลกเหนือหรือใต้ก็ได้, ลองจิจูด (Longitude; λ) เป็นมุมที่วัดไปทางตะวันออกหรือตกจากรนาบเมริเดียน (Meridian plane) ที่ผ่านเมืองกรีนิช และความสูง (Height; h) เป็นระยะทางที่วัดเทียบจากพื้นผิวทรงกลมมาถึงจุดที่พิจารณา ซึ่งรูปทรงกลมจะถูกใช้เป็นตัวแทนของโลกสำหรับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงมากนัก

2.1.2.2 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geodetic coordinate)

การใช้รูปทรงรีเป็นสัณฐานของโลกแทนการใช้รูปทรงกลม ถูกสร้างจากการหมุนวงรีรอบแกนโทซึ่งเป็นแกนหมุนของโลก โดยการกำหนดรูปทรงรีต้องอาศัย

ตัวแปรอย่างน้อย 2 ตัว นั่นคือ ค่าความยาวกึ่งแกนเอก (a) และค่าความยาวกึ่งแกนโท (b) ซึ่งสามารถคำนวณหาตัวแปรอื่น ๆ ได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

อัตราการยุบตัว (Flattening; f)

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (1)$$

ค่าการเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity; e)

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (2)$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง e และ f มีดังนี้

$$e^2 = 2f - f^2 \quad (3)$$

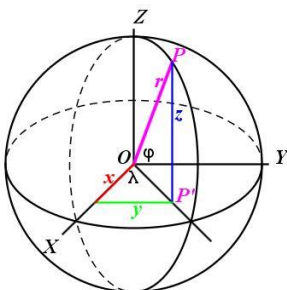
$$\sqrt{1 - e^2} = 1 - f = \frac{b}{a} \quad (4)$$

จากการสร้างรูปทรงรีขึ้นจากสองตัวแปรสามารถกำหนดค่าพิกัดที่อยู่บนรูปทรงรีได้โดยใช้ตัวแปร 3 ตัวเช่นเดียวกับค่าพิกัดที่อยู่บนรูปทรงกลม นั่นคือ ค่าละติจูด, ค่าลองจิจูด และค่าความสูงเหนือรูปทรงรี โดยค่าพิกัดในระบบนี้อาจถูกเรียกว่า ค่าพิกัดทรงรี (Spheroidal coordinate) ซึ่งจะเป็นค่าพิกัดที่เป็นพื้นฐานของงานสำรวจจริงวัดและทำแผนที่

2.1.2.3 ระบบพิกัดฉากคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate)

ค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียนจะอยู่ในรูป 3 มิติ คือ X, Y และ Z (ค่า X และ Y ไม่ใช่ค่าพิกัดทางราบ และค่า Z ไม่ใช่ค่าพิกัดทางตั้ง) จุดศูนย์กลางกำเนิดของค่าพิกัดชนิดนี้จะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของรูปทรงรีและโดยทั่วไปจะอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลสารของโลกนั่นเอง โดยมีแกน Z วางตามแนวแกนโทของรูปทรงรี ส่วนแกน X จะอยู่บนระนาบศูนย์สูตรและวางตามแนวเส้นเมริเดียนที่ผ่านเมืองกรีนิช และแกน Y จะตั้งฉากกับแกน X และแกน Z ตามกฎมือขวา การคำนวณงานบนค่าพิกัดภูมิศาสตร์นั้นค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนและไม่เหมาะสมกับงานรังวัดด้วยระบบดาวเทียมที่ต้องเกี่ยวข้องกับ

ข้อมูลที่เป็นระยะทางระหว่างจุดบนพื้นผิวโลกไปยังดาวเทียม ทำให้การใช้ค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียนนั้นมีความเหมาะสมและคล่องตัวกว่าในการคำนวณ



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัด

(<https://nosco.ch/mathematics/en/earth-coordinates.php>)

ซึ่งสามารถคำนวณค่าพิกัดระหว่างระบบได้จากความสัมพันธ์ดังนี้
การคำนวณค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียน (X, Y, Z) จากค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (ϕ , λ , h)

$$X = (N + h) \cos \phi \cos \lambda \quad (5)$$

$$Y = (N + h) \cos \phi \sin \lambda \quad (6)$$

$$Z = \left(\frac{b^2}{a^2} N + h \right) \sin \phi \quad (7)$$

โดยที่

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{(a^2 \cos^2 \phi + b^2 \sin^2 \phi)}}$$

การคำนวณค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (ϕ , λ , h) จากค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียน (X, Y, Z)

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X} \quad (8)$$

$$\tan \phi = \frac{Z + e'^2 b \sin^3 \theta}{\rho - e^2 a \cos^3 \theta} \quad (9)$$

$$h = \frac{\rho}{\cos \phi} - N \quad (10)$$

โดยที่

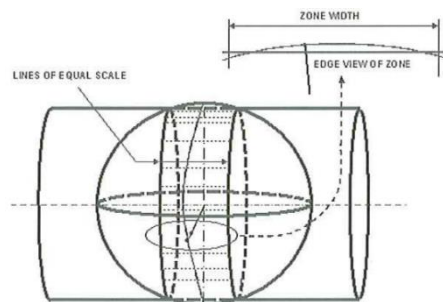
$$\rho = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{Za}{\rho b}$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

2.1.3.4 ระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM coordinate)

เป็นระบบพิกัดที่ปรับมาจากระบบเส้นโครงแผนที่แบบทรานส์เวิร์สเมอร์เคเตอร์ (Transverse Mercator) เพื่อเป็นการรักษารูปร่างโดยใช้ทรงกระบอกวงตัวแนวนอนตัดลูกโลกระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ - 80 องศาใต้ โดยมีรัศมีทรงกระบอกสั้นกว่ารัศมีของลูกโลก ผิวทรงกระบอกจะผ่านเข้าไปตามแนวเมริเดียนตัดเข้าและตัดออกซึ่งเรียกลักษณะนี้ว่า เส้นตัด (Secant) ทำให้ความถูกต้องมีมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณสองข้างเมริเดียนกลาง ซึ่งระบบพิกัดยูทีเอ็มจะใช้หน่วยระยะทางเป็นเมตร แบ่งตามแนวลองจิจูดออกเป็น 60 โซน ๆ ละ 6 องศา และแบ่งตามแนวละติจูดออกเป็น 20 ช่วง ๆ ละ 8 องศา (ยกเว้นช่วง 72-84 องศาเหนือช่วงละ 12 องศา) โดยมีการกำหนดค่าพิกัดตะวันออกให้เส้นเมริเดียนกลางห่างจากจุดกำเนิดสมมติ (False Easting) มีค่าเป็น 500,000 เมตร และค่าพิกัดเหนือให้เส้นระนาบศูนย์สูตรห่างจากจุดกำเนิดสมมติ (False Northing) แบ่งเป็น 2 กรณี คือ ซีกโลกเหนือมีค่าเป็น 0 เมตร ส่วนซีกโลกใต้มีค่าเป็น 10,000,000 เมตร และกำหนดค่าสเกลแฟกเตอร์ (Scale factor) ที่เส้นเมริเดียนกลางเท่ากับ 0.9996 (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2558)



รูปที่ 10 แสดงการฉายแผนที่แบบ Transverse Mercator
(วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2558)

2.1.3 พื้นหลักฐาน (Datum)

2.1.3.1 พื้นหลักฐานทั่วโลก (Global datum)

เมื่อพิจารณาพื้นหลักฐานทั่วโลกที่ระดับสากลได้ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกัน รูปทรงรีอ้างอิงที่เหมาะสมที่สุดคือกาหนดให้จุดศูนย์กลางมาเนดอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลสารของโลกที่เรียกว่า Geocentric datum และมีขนาดรูปร่างใกล้เคียงกับผิวหี้อยอดมากที่สุด ซึ่งมีความสำคัญและจำเป็นต่อการคำนวณวงโคจรดาวเทียมเป็นอย่างมาก

ในช่วงปลาย พ.ศ.2503 ได้มีความพยายามที่จะกำหนดพื้นหลักฐานทั่วโลกขึ้นเรียกว่าพื้นหลักฐาน World Geodetic System 1960 ซึ่งดูแลโดย The US National Imagery and Mapping Agency และได้มีการพัฒนาและปรับปรุงระบบซึ่งในปี พ.ศ.2527 ได้มีพื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984 หรือที่รู้จักกันในชื่อ WGS84 นั่นเองโดยค่าตัวแปรอ้างอิงที่กำหนดรูปทรงรีคือ $a = 6378137$ เมตร และ $f = 1/298.257223563$

การกำหนดให้พื้นหลักฐาน WGS84 เป็นพื้นหลักฐานทั่วโลกทำให้ผู้ใช้ข้อมูลรังวัดด้วยระบบดาวเทียมสามารถหาค่าพิกัดที่อ้างอิงอยู่บนพื้นหลักฐาน WGS84 ได้โดยตรง สำหรับในกรณีที่น่าข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง (Precise satellite orbits) ที่ได้จากหน่วยงาน International GNSS Service (IGS) มาใช้ในการคำนวณตำแหน่งดาวเทียมจะมีผลทำให้ค่าพิกัดไม่ได้อยู่บนพื้นหลักฐาน WGS84 ซึ่งได้มีการเชื่อมโยงโครงข่ายสถานีฐานที่คอยติดตามดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสให้เข้ากับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล โดยพื้นหลักฐาน WGS84 ได้มีการปรับปรุงระบบให้มีความถูกต้องสูงขึ้นซึ่งปัจจุบันพื้นหลักฐาน WGS84 (G1762) มีความแตกต่างทางตำแหน่งเมื่อเทียบกับกรอบพิกัดอ้างอิงสากลอยู่ในระดับเซนติเมตรเท่านั้น

2.1.3.2 กรอบพิกัดอ้างอิงสากล (International Terrestrial reference frame)

พื้นหลักฐาน WGS84 ถือเป็นตัวอย่างของระบบพิกัดอ้างอิงสากล (International Terrestrial Reference System ; ITRS) ในงานที่ต้องการความถูกต้องสูงมากในระดับมิลลิเมตรจะใช้กรอบพิกัดอ้างอิงสากล (International Terrestrial Reference Framework) หรือที่เรียกว่า ITRF ซึ่งถูกปรับปรุงดูแลโดยหน่วยงาน International Earth Rotation and Reference System Service (IERS) เป็นหน่วยงานหลักที่คอยดูแลและติดตามกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF ซึ่งเป็นระบบพิกัดอ้างอิงที่มีความละเอียดสูงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณของโลก โดยถูกสร้างและพัฒนาจากการประยุกต์ใช้เทคนิคการรังวัดทางด้านหีอเดติก

จากการรับสัญญาณจากอวกาศ (Space geodetic techniques) ซึ่งประกอบด้วย Global Navigation Satellite System (GNSS), Very Long Baseline Interferometry (VLBI), Lunar and Satellite Laser Ranging (LLS, SLR) และ Doppler Orbitography and Radio positioning Integrated by Satellite (DORIS) (IGN/LAREG, 2020)

ในงานที่ต้องการความถูกต้องทางตำแหน่งสูงไม่สามารถใช้ระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงที่ไม่ขึ้นกับเวลาได้ เนื่องจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกจะมีผลทำให้ค่าพิกัดของตำแหน่งที่อยู่ในระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงที่ไม่ขึ้นกับเวลามีการเปลี่ยนแปลงตามอัตราการเคลื่อนตัวซึ่งมีขนาดหลายเซนติเมตรต่อปี จึงได้รวมเอาอัตราเร็วการเคลื่อนตัวของจุดอ้างอิงในโครงข่ายเข้าไปอยู่ในนิยามของกรอบพิกัดอ้างอิงสากลด้วย ดังนั้นการใช้งานค่าพิกัดจึงต้องมีการระบุไปยังจุดของเวลาด้วย

ตารางที่ 3 กรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF ที่ได้มีการพัฒนามาในอดีตจนถึงปัจจุบัน

ชื่อ	Epoch	Notes
ITRF92	1988.0	พื้นหลักฐานแรกโดย ITRS (The International Reference System)
ITRF93	1988.0	
ITRF94	1993.0	
ITRF96	1997.0	
ITRF97	1997.0	
ITRF2000	1997.0	เป็นครั้งแรกที่ได้นำผลลัพธ์จากการรังวัดด้วยวิธีออดเดซีจากการสัญญาณจากอวกาศ (Space Geodesy techniques) ในหลากหลายรูปแบบ (GPS, VLBI, SLR, LLS, และ DORIS) โดยไม่มีแบบจำลองการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก (Altamimi Z. et al., 2002)
ITRF2005	2000.0	สร้างด้วยข้อมูลภายใต้รูปแบบอนุกรมเวลาของตำแหน่งสถานีและการวางตัวของโลก Earth Orientation Parameters (Altamimi Z. et al., 2007)
ITRF2008	2005.0	เพิ่มเติมแบบจำลองชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์และพัฒนาแบบจำลองใหม่ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Altamimi Z. et al., 2011)
ITRF2014	2010.0	สร้างขึ้นด้วยการสร้างแบบจำลองของการเคลื่อนที่ของสถานีติดตามที่ไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear motion) (Altamimi Z. et al., 2016)

ชื่อ	Epoch	Notes
ITRF2020	2020.0	ปรับปรุงเพิ่มเติมด้วยการประมวลผลใหม่, การเปลี่ยนแปลงสัณฐานของโลกที่เกิดจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว, การละลายของแผ่นน้ำแข็งขั้วโลกรวมทั้งปรับปรุงค่าคลาดเคลื่อนการประมวลผลและจำนวนผลการรังวัดติดตามการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของโลกจากเทคนิคการรังวัดแบบต่าง ๆ (GNSS, VLBI, LLS, SRL, DORIS) คาดว่าประกาศใช้อย่างเป็นทางการในช่วง ก.ย.-ต.ค.64 (IGN/LAREG, 2020)

2.1.3.3 พื้นหลักฐานท้องถิ่น (Local datum)

การกำหนดพื้นหลักฐานท้องถิ่นทำได้โดยการเลือกจุดศูนย์กำเนิดสำหรับประเทศหรือภูมิภาคนั้น ๆ ซึ่งปัจจัยหลักในการเลือกจุดศูนย์กำเนิดของพื้นหลักฐานนั้นคือพยายามทำให้ค่าต่างระหว่างพื้นผิวฮัยอยด์และรูปทรงรี (Geoid-ellipsoid separation) ให้มีค่าใกล้ศูนย์มากที่สุด ซึ่งเป็นการจัดวางให้รูปทรงรีอ้างอิงที่เลือกใช้แนบกับผิวฮัยอยด์มากที่สุดที่จุดศูนย์กำเนิดของพื้นหลักฐาน และแนวแกนโทของรูปทรงรีอ้างอิงจะวางในทิศทางที่ขนานกับแกนหมุนของโลก การเลือกขนาดและรูปร่างของรูปทรงรีที่นำมาใช้อ้างอิงและกำหนดตำแหน่งของจุดศูนย์กำเนิดถือว่าเป็นการกำหนดพื้นหลักฐานทำให้จุดศูนย์กลางของรูปทรงรีไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลสารของโลก ดังแสดงในรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าพื้นหลักฐานท้องถิ่นจะแนบกับพื้นผิวฮัยอยด์ในบริเวณนั้นได้ดีกว่าพื้นหลักฐานทั่วโลก



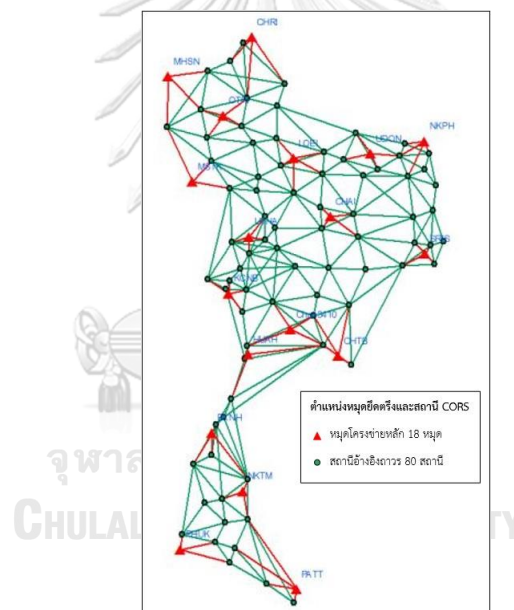
รูปที่ 11 แสดงความแตกต่างระหว่างพื้นฐานท้องถิ่นกับพื้นหลักฐานทั่วโลก

(https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Regional_Datums_and_Map_Projections)

ซึ่งระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงสามารถจำแนกตามประเภท (Datum Types) ได้ 3 แบบ
ดังนี้ (Blick G. & Stanaway R., 2012)

- ระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบคงที่ (Static Datum)

เป็นระบบพิกัดอ้างอิงที่ไม่ขึ้นกับเวลา โดยค่าพิกัดจะถูกหยุดไว้ ณ ช่วงเวลาที่คำนวณ ซึ่งจะไม่นิ่งถึงผลกระทบของการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก (Plate tectonics) หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่จะส่งผลกระทบของการอ้างอิงค่าพิกัด (Deformation events) ทำให้ค่าพิกัดมีความล่าช้าไม่เป็นปัจจุบันตามสภาพความเป็นจริง โดยส่วนใหญ่จะเป็นค่าพิกัดที่ได้ถูกประกาศใช้งานตามหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งถูกคำนวณไว้เมื่อหลายปีก่อนเพื่อใช้อ้างอิงในงานขยายโครงข่ายอื่น ๆ ให้อยู่บนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลเดียวกัน อาทิเช่น งานขยายโครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหาร (RTSD CORS Network) 80 สถานีจะใช้ค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ที่ได้ถูกคำนวณและประกาศใช้เมื่อปี พ.ศ.2557 โดยใช้หมุดควบคุมในโครงข่ายหลัก (Primary Network) 18 หมุดเป็นหมุดยึดตรึงค่าพิกัดด้วยวิธีการคำนวณปรับแก้โครงข่ายแบบ Fully Constrained



รูปที่ 12 แสดงงานขยายโครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวร 80 สถานีของกรมแผนที่ทหาร

- ระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Datum)

เป็นระบบพิกัดอ้างอิงที่ขึ้นกับเวลา โดยจะคำนวณค่าพิกัดตามการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่จะส่งผลกระทบของการอ้างอิงค่าพิกัด ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงหลังการเกิดแผ่นดินไหว แรงกระทำของมหาสมุทร (Ocean loading) ซึ่งจะได้ค่าพิกัดอ้างอิงบนกรอบ ITRF และช่วงเวลา ณ ปัจจุบัน (Current Epoch) ทำให้ค่าพิกัดที่คำนวณได้มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพความเป็นจริงและมีความถูกต้องเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

ซึ่งในกรณีที่ต้องการคำนวณค่าพิกัดย้อนหลังจะใช้พารามิเตอร์จำนวน 14 ตัวแปรสำหรับแปลงค่าพิกัดระหว่างกรอบ ITRF และแบบจำลองการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก (Velocity model) สำหรับย้อนช่วงเวลา (Epoch) ซึ่งจะคำนวณค่าพิกัดด้วยซอฟต์แวร์เชิงวิจัยโดยวิธีการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง (PPP) จึงสามารถใช้ในการวิเคราะห์และติดตามเรื่องของการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกในภูมิภาคต่าง ๆ ได้

Transformation parameters from ITRF2014 to past ITRFs.

SOLUTION	Tx	Ty	Tz	D	Rx	Ry	Rz	EPOCH
UNITS----->	mm	mm	mm	ppb	.001"	.001"	.001"	
RATES	Tx	Ty	Tz	D	Rx	Ry	Rz	
UNITS----->	mm/y	mm/y	mm/y	ppb/y	.001"/y	.001"/y	.001"/y	
ITRF2008	1.6	1.9	2.4	-0.02	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.0	0.0	-0.1	0.03	0.00	0.00	0.00	
ITRF2005	2.6	1.0	-2.3	0.92	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.3	0.0	-0.1	0.03	0.00	0.00	0.00	
ITRF2000	0.7	1.2	-26.1	2.12	0.00	0.00	0.00	2010.0
rates	0.1	0.1	-1.9	0.11	0.00	0.00	0.00	
ITRF97	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF96	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF94	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF93	-50.4	3.3	-60.2	4.29	-2.81	-3.38	0.40	2010.0
rates	-2.8	-0.1	-2.5	0.12	-0.11	-0.19	0.07	
ITRF92	15.4	1.5	-70.8	3.09	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF91	27.4	15.5	-76.8	4.49	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF90	25.4	11.5	-92.8	4.79	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF89	30.4	35.5	-130.8	8.19	0.00	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	
ITRF88	25.4	-0.5	-154.8	11.29	0.10	0.00	0.26	2010.0
rates	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	

รูปที่ 13 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้แปลงค่าพิกัด ITRF2014 ไปยัง ITRF อื่น ๆ ที่ epoch2010.0

(Altamimi Z. et al., 2016)

- ระบบพื้นฐานอ้างอิงแบบกึ่งเคลื่อนที่ (Semi - dynamic Datum)

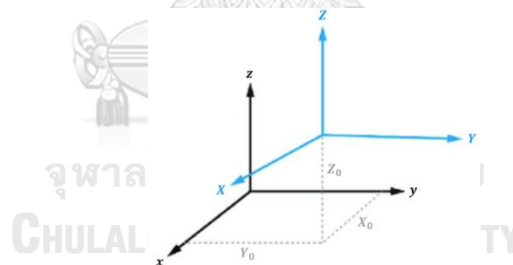
เป็นระบบพิกัดอ้างอิงที่ขึ้นกับเวลาในช่วงเวลาขณะหนึ่ง โดยจะคำนวณค่าพิกัดตามการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อค่าพิกัดในช่วงเวลานั้น ในการคำนวณจะใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับแบบ Dynamic แต่จะถูกย้อนในช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้น เนื่องจากจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองการเคลื่อนตัวและจะใช้พารามิเตอร์ของการแปลงพื้นฐานด้วยแบบจำลอง Helmert Transformation เข้ามาช่วยในการแปลงค่าพิกัดระหว่างกรอบ ITRF และช่วงเวลา Epoch ที่ต้องการ หรือที่เรียกว่าวิธี Snapshot โดยค่าพิกัดที่ได้จะถูกใช้อ้างอิงในงานขยายโครงข่ายในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้นซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแบบคงที่ และมีการคำนวณค่าพิกัดใหม่เพื่อปรับปรุงตามการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกและสภาพความเป็นจริงตามระยะเวลาที่เหมาะสม

2.1.4 การแปลงพื้นหลักฐาน (Datum Transformation)

การหาตำแหน่งของจุด ๆ หนึ่งที่อ้างอิงบนพื้นหลักฐานที่แตกต่างกันย่อมจะให้ค่าพิกัดที่ต่างกันด้วย ซึ่งการแปลงพื้นหลักฐานจะใช้วิธีการแปลงค่าพิกัดฉากสามมิติ X, Y, Z โดยใช้พารามิเตอร์ (Transformation parameters) 7 ตัวแปรด้วยแบบจำลอง Helmert Transformation

การแปลงพื้นหลักฐานจำเป็นต้องทราบพารามิเตอร์ของการแปลงก่อน โดยอาศัยจุดร่วม (Common points) ที่ทราบค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสอง จะต้องการจุดร่วมอย่างน้อย 3 จุด ซึ่งนำมาเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ 9 สมการ แต่เนื่องจากพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานเป็นค่าที่สำคัญ ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณจุดอื่น ๆ หากพารามิเตอร์ผิดพลาดแล้วก็หมายความว่าค่าพิกัดของจุดอื่น ๆ จำนวนมากจะผิดพลาดไปด้วย ในงานสำรวจจริงวัดที่ต้องการความถูกต้องจะใช้วิธีการรังวัดเกินจึงจำเป็นต้องมีจำนวนสมการให้มากกว่าพอไว้เพื่อให้ระบบมี Redundancy สำหรับตรวจสอบความผิดพลาด โดยจะใช้เทคนิคการปรับแก้แบบลีสต์สแควร์สำหรับการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน (อิทธิ ตรีสิริ สัตยวงศ์, 2551) ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

ส่วนที่1 การเลื่อนแกน (Translation)

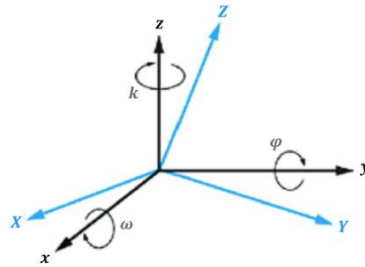


รูปที่ 14 แสดงการเลื่อนแกน (Translation)

กำหนดระบบพิกัดฉาก 3 มิติสองระบบ ได้แก่ ระบบพิกัดฉาก XYZ ที่มีจุดกำเนิดอยู่ที่ O และระบบพิกัดฉาก xyz ที่มีจุดกำเนิดอยู่ที่ o โดยที่แกน OX // ox, แกน OY // oy และแกน OZ // oz จะสามารถแปลงพิกัดของจุด a ใด ๆ ใน xyz-frame ไปยัง XYZ-frame ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} \quad (11)$$

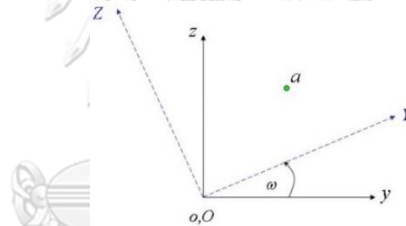
ส่วนที่2 การหมุนแกนรอบจุดกำเนิด (Rotation)



รูปที่ 15 แสดงการหมุนแกนรอบจุดกำเนิด (Rotation)

กำหนดระบบพิกัดฉาก 3 มิติสองระบบ ได้แก่ ระบบพิกัดฉาก xyz และ XYZ ที่มีจุดกำเนิดทับกัน แต่การวางตัว (Orientation) ไม่ขนานกันเกิดจากระบบพิกัดฉาก xyz ถูกหมุนรอบแกนทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม ω, ϕ, k ตามความสัมพันธ์ดังนี้

การหมุนรอบแกน x ทวนเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม ω



รูปที่ 16 แสดงการหมุนรอบแกน X
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

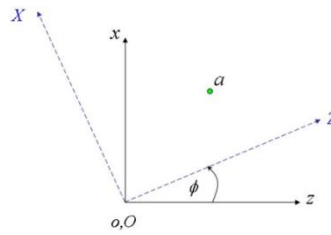
ทำให้พิกัด (y_a, z_a) เปลี่ยนไปเป็น (Y_a, Z_a)

$$\begin{bmatrix} Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega \\ -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (12)$$

เนื่องจากแกน x และ X ทับกันอยู่ทำให้พิกัด $X_a = x_a$

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (13)$$

การหมุนรอบแกน y ทวนเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม ϕ



รูปที่ 17 แสดงการหมุนรอบแกน Y

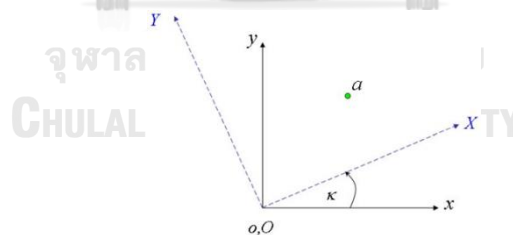
ทำให้พิกัด (x_a, z_a) เปลี่ยนไปเป็น (X_a, Z_a)

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (14)$$

เนื่องจากแกน y และ Y ทับกันอยู่ ทำให้พิกัด $Y_a = y_a$

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (15)$$

การหมุนรอบแกน Z ทวนเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม κ



รูปที่ 18 แสดงการหมุนรอบแกน Z

ทำให้พิกัด (x_a, y_a) เปลี่ยนไปเป็น (X_a, Y_a)

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa \\ -\sin \kappa & \cos \kappa \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \end{bmatrix} \quad (16)$$

เนื่องจากแกน z และ Z ทับกันอยู่ ทำให้พิกัด $Z_a = z_a$

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (17)$$

โดยกำหนดสัญลักษณ์ของเมทริกซ์การหมุนแกนรอบจุดกำเนิดได้ดังนี้

$$R_\omega = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix}$$

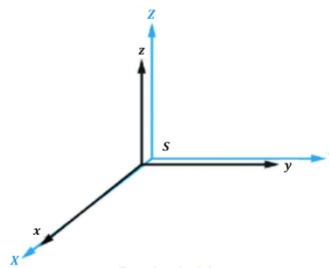
$$R_\phi = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix}$$

$$R_\kappa = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของลำดับการหมุนแกนรอบจุดกำเนิดแบบ $R_\omega, R_\phi, R_\kappa$ ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (18)$$

ส่วนที่ 3 การย่อ/ขยาย (Scaling)



รูปที่ 19 แสดงการย่อ/ขยาย (Scaling)

กำหนดค่าพารามิเตอร์ S แทนการยืดหดในระบบพิกัดฉากสามมิติ 2 ระบบตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = S \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} \quad (19)$$

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดทั้งสองระบบ โดยรวมทุกองค์ประกอบของการแปลงพิกัดจากสามมิติจะเริ่มต้นด้วยการหมุนแกนของระบบพิกัดทั้งสองให้ขนานกันก่อน โดยเลือกลำดับการหมุนแบบ $R_\omega, R_\phi, R_\kappa$ หลังจากนั้นตามด้วยการย่อ/ขยาย และการเลื่อนแกนตามลำดับ ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ผลรวมของพารามิเตอร์การแปลงพิกัดจากสามมิติแบบ Helmert Transformation ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = S \cdot \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} \quad (20)$$

โดยผลคูณของเมทริกซ์การหมุนแกนรอบจุดกำเนิดจากสมการที่ 20 จะได้

$$\begin{bmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{bmatrix} = S \cdot \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \kappa & \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa & \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa \\ -\cos \phi \sin \kappa & \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa & \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa \\ \sin \phi & -\sin \omega \cos \phi & \cos \omega \cos \phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix}$$

สำหรับแบบจำลองที่ใช้คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas โดยมีพารามิเตอร์ 7 ตัวแปร คือ $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, R_X, R_Y, R_Z$ และ $1 + \Delta S$

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดของพื้นหลักฐานทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งทำให้ $\sin \theta = \theta, \cos \theta = 1$ และ *Product of two sines* = 0 โดยจะส่งผลต่อค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดดังนี้

$$R = \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

หรือ

$$R = I + Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 0 & R_X \\ R_Y & -R_X & 0 \end{bmatrix}$$

โดยที่

R_x คือ การหมุนรอบแกน X ทวนเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม ω

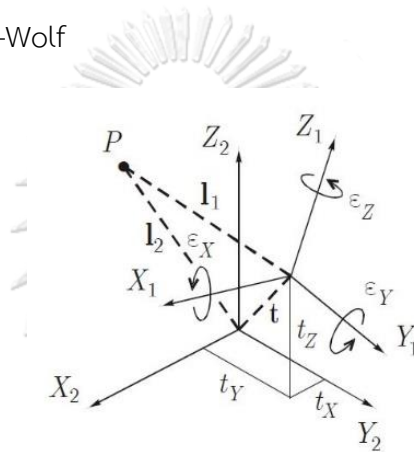
R_y คือ การหมุนรอบแกน Y ทวนเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม ϕ

R_z คือ การหมุนรอบแกน Z ทวนเข็มนาฬิกาไปเป็นมุม k

และมีค่าต่างอัตราการย่อ/ขยาย ซึ่งอยู่ในระดับ ppm (parts-per-million)

$$S = 1 + \Delta S \quad (22)$$

- แบบจำลอง Bursa-Wolf



รูปที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลอง Bursa-Wolf

(Deakin RE, 2006)

แบบจำลองนี้จะคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 7 ตัวแปรที่จุดกำเนิดของพื้นหลักฐานทั้งสอง ดังแสดงในสมการที่ 23 (Deakin RE, 2006)

$$X = T + (1 + \Delta S)RU \quad (23)$$

โดยที่

X คือ ค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียนของพื้นหลักฐานที่หนึ่ง

U คือ ค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียนของพื้นหลักฐานที่สอง

T คือ ค่าเลื่อนระหว่างจุดกำเนิดของพื้นหลักฐานทั้งสอง ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$)

ΔS คือ ค่าต่างอัตราส่วน

R คือ ค่ามุมหมุนรอบจุดกำเนิดของ U (R_x, R_y, R_z)

แสดงความสัมพันธ์ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_2 = (1 + \Delta S) \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_1 + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

ในการคำนวณจะใช้เทคนิคการปรับแก้แบบลิสต์สแควร์เข้ามาช่วยโดยจัดให้อยู่ในรูปแบบสมการทั่วไป (General Model)

$$F(X_a, L_a) = 0 \quad (24)$$

หรือ

$$F(X + X_0, L_b + v) = 0$$

โดยที่

- X_a คือ ค่าพารามิเตอร์หลังการปรับแก้
- X_0 คือ ค่าประมาณของพารามิเตอร์
- L_a คือ ค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสองหลังการปรับแก้
- L_b คือ ค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสอง
- v คือ ค่าเศษเหลือหลังการปรับแก้

เมื่อแทน R ด้วย $I + Q$ ในสมการที่ 23 และตัดเทอมที่ 2 ของค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดกับค่าต่างอัตราส่วนออก ($\Delta SQU \cong 0$) แล้ว ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{จุพาลง } X = T + RU + \Delta SU \quad (25)$$

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จัดสมการที่ 25 ใหม่ให้อยู่ในรูปของสมการเส้นตรงตามเงื่อนไขดังนี้

$$AX + Bv + W = 0 \quad (26)$$

โดยที่

$$A = \left. \frac{\partial F}{\partial X} \right|_{X_0, L_b}$$

$$B = \left. \frac{\partial F}{\partial L} \right|_{X_0, L_b}$$

$$W = F(X_0, L_b)$$

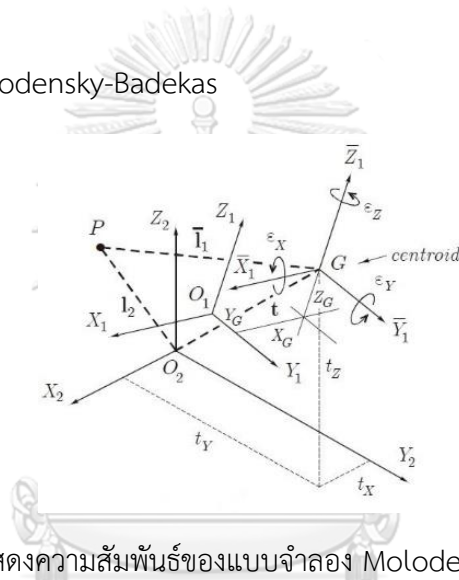
ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังนี้

$$T + RU + \Delta SU - X = 0 \quad (27)$$

แสดงความสัมพันธ์ในรูปของเมทริกซ์ค่าพิกัด 1 ตำแหน่งเมื่อกำหนดให้ $X_0 = 0$ ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_1 & Y_1 & X_1 \\ 0 & 1 & 0 & Z_1 & 0 & -X_1 & Y_1 \\ 0 & 0 & 1 & -Y_1 & X_1 & 0 & Z_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \\ R_X \\ R_Y \\ R_Z \\ -\Delta S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{X_1} \\ v_{Y_1} \\ v_{Z_1} \\ v_{X_2} \\ v_{Y_2} \\ v_{Z_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 - X_2 \\ Y_1 - Y_2 \\ Z_1 - Z_2 \end{bmatrix} = 0$$

- แบบจำลอง Molodensky-Badekas



รูปที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas

(Deakin RE, 2006)

แบบจำลองนี้จะคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 7 ตัวแปร ในกรณีที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลื่อนแกนและค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดสูงจะนิยมใช้แบบจำลอง Molodensky-Badekas ซึ่งจะให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลื่อนแกนและค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดต่ำ โดยค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดซึ่งแต่เดิมหมุนรอบจุดกำเนิดของพื้นหลักฐานจะถูกย้ายมาอยู่ที่พื้นผิวโลกใกล้กับตำแหน่งของจุดรวมเฉลี่ยซึ่งเรียกว่า จุดศูนย์ถ่วง (Centroid; G) ดังแสดงในสมการที่ 28 (Deakin RE, 2006)

$$X = T + (1 + \Delta S)R(U - U_G) \quad (28)$$

โดยที่

U_G คือ ค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียนของจุดศูนย์ถ่วง (X_0, Y_0, Z_0)

แสดงความสัมพันธ์ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_2 = (1 + \Delta S) \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix}_1 + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

เมื่อแทน R ด้วย $I + Q$ ในสมการที่ 28 และตัดเทอมที่ 2 ของค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดกับค่าต่างอัตราส่วนออก ($\Delta S Q(U - U_G) \cong 0$) แล้ว ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$X = R(U - U_G) + \Delta S(U - U_G) + T \quad (29)$$

จัดสมการที่ 29 ใหม่ให้อยู่ในรูปของสมการเส้นตรงซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของแบบจำลองดังนี้

$$T + R(U - U_G) + \Delta S(U - U_G) - X = 0 \quad (30)$$

แสดงความสัมพันธ์ในรูปของเมทริกซ์ค่าพิกัด 1 ตำแหน่งเมื่อกำหนดให้ $X_0 = 0$ ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -(Z_1 - Z_0) & (Y_1 - Y_0) & (X_1 - X_0) \\ 0 & 1 & 0 & (Z_1 - Z_0) & 0 & -(X_1 - X_0) & (Y_1 - Y_0) \\ 0 & 0 & 1 & -(Y_1 - Y_0) & (X_1 - X_0) & 0 & (Z_1 - Z_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \\ R_X \\ R_Y \\ R_Z \\ \Delta S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{X_1} \\ v_{Y_1} \\ v_{Z_1} \\ v_{X_2} \\ v_{Y_2} \\ v_{Z_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 - X_2 \\ Y_1 - Y_2 \\ Z_1 - Z_2 \end{bmatrix} = 0$$

2.1.5 การประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS (GNSS Data Processing)

ในปัจจุบันการประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS มีหลายวิธีการ ได้แก่ การประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง (Precise positioning processing ; PPP) หรือ การประมวลผลแบบสัมพัทธ์ (Relative processing) และมีซอฟต์แวร์ที่มารองรับ ได้แก่ ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์, ซอฟต์แวร์เชิงวิจัย หรือการคำนวณผ่านระบบออนไลน์ เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะใช้การประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียมด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ Leica Infinity 3.1 ซึ่งเป็นการประมวลผลแบบสัมพัทธ์ในภายหลัง (Post-processing)

2.1.5.1 การประมวลผลเส้นฐาน (Baseline processing)

สำหรับงานที่ต้องการความถูกต้องทางตำแหน่งสูงในระดับมิลลิเมตร จำเป็นต้องใช้วิธีการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์และจะต้องนำข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาประมวลผล ซึ่งผลที่ได้จะอยู่ในรูปของระยะทางในสามมิติที่เชื่อมระหว่างจุดสองจุดที่ได้ทำการรังวัด โดยทั่วไปจะเรียกย่อ ๆ ว่า เส้นฐาน (Baseline) วิธีที่มักจะนิยมนำมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณ GNSS จะเป็นการปรับแก้ด้วย

ลีสท์สแควร์โดยวิธีสมการค่าสังเกต (Least-squares adjustment by method of observation equations) (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2548) เป็นการนำข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาหาค่าต่างครั้งที่สอง (Double differencing) ซึ่งสามารถจัดค่าคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ได้ เช่น ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากนาฬิกาดาวเทียมและนาฬิกาเครื่องรับ ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวงโคจรของดาวเทียม ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์และไอโอโนสเฟียร์ เป็นต้น ซึ่งในการประมวลผลเส้นฐานถือเป็นขั้นตอนการปรับแก้หลัก (Primary adjustment) ในงานสำรวจจริงวัดด้วยระบบดาวเทียม

ในการประมวลผลเส้นฐานที่ละหลายเส้น (Multi-baseline processing) จะมีความถูกต้องในเชิงคณิตศาสตร์มากกว่าการประมวลผลเส้นฐานที่ละเส้น (Single baseline processing) เนื่องจากการประมวลผลเส้นฐานที่ละเส้นจะทำให้ค่าความเกี่ยวพันระหว่างเส้นฐานที่มาจากช่วงการรับสัญญาณเดียวกัน (Correlation of simultaneously observed baselines) หายไป โดยการสร้างเส้นฐานจากข้อมูลที่มีอยู่ควรเลือกเฉพาะเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent baselines) เท่านั้น ซึ่งจำนวนเส้นฐานอิสระหาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้ (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2548)

$$\text{จำนวนเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกัน} = (s - 1) \quad (31)$$

โดยที่

s คือ จำนวนสถานีที่รับวัดข้อมูลในช่วงการรับสัญญาณ (Session) เดียวกัน

2.2.5.2 การตรวจสอบการบรรจบของเส้นฐาน (Loop misclosure test)

หลังจากที่ประมวลผลเส้นฐานได้ครบทุกเส้นควรมีการตรวจสอบการบรรจบของเส้นฐานเพื่อตรวจหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น ก่อนที่จะใช้เส้นฐานที่ได้ไปเป็นข้อมูลในขั้นตอนการปรับแก้โครงข่ายต่อไป จึงควรเลือกใช้เฉพาะเส้นฐานที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent baselines) เท่านั้น ในการใช้เส้นฐานไม่ควรอย่างยิ่งที่นำเส้นฐานที่เป็นไปได้ทั้งหมด (All possible baseline) ที่อยู่ในช่วงการรับสัญญาณเดียวกันมาคำนวณหาค่าการบรรจบของเส้นฐาน เนื่องจากจะไม่สามารถตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้และการเลือกใช้เส้นฐานที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละช่วงการรับสัญญาณมาใช้ในการปรับแก้โครงข่ายมีผลทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้ดูดีเกินจริงเป็นอย่างมาก (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2548)

2.2.5.3 การปรับแก้โครงข่าย (Network Adjustment)

งานสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียม GNSS ในการตรวจสอบต้องอาศัยข้อมูลที่มีมากกว่าความต้องการขั้นต่ำ นั่นคือการสร้างเส้นฐานที่มากกว่าความต้องการขั้นต่ำ หรือเรียกว่า เส้นฐานเผื่อ (Redundant baseline) และเพื่อให้การตรวจสอบผลลัพธ์ทำได้ง่ายขึ้นก็ควรจะมีการออกแบบลักษณะการเชื่อมต่อของเส้นฐานให้เป็นโครงข่าย (Network) ที่มีจำนวนรูปปิดย่อย ๆ (Small loops) อยู่ภายในให้มากที่สุด (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2548)

เมื่อนำเส้นฐานที่ได้มาประกอบกันเป็นโครงข่ายและปรับแก้โครงข่ายด้วยวิธีสัทศาสตร์โดยวิธีสมการค่าสังเกต ซึ่งการปรับแก้โครงข่ายนี้ถือเป็นขั้นตอนการปรับแก้ลำดับที่สอง (Secondary adjustment) และการกำหนดให้จุดในโครงข่ายเป็นจุดที่อยู่กับที่ (Fixed point) จะสามารถแก้ปัญหาในส่วนของ Rank deficiency ของโครงข่ายได้ ซึ่งวิธีการกำหนดให้หนึ่งจุดในโครงข่ายเป็นจุดที่อยู่กับที่ เรียกว่า Minimally constrained adjustment (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2548) เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความเข้ากันได้ภายในโครงข่ายข้อมูลรังวัด รวมถึงตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องของค่าพิกัดสถานีที่จะใช้เป็นจุดควบคุมโครงข่าย หากพบเส้นฐานที่มีความคลาดเคลื่อนสูงอยู่ในโครงข่ายให้ทำการตรวจสอบแก้ไขและประมวลผลเส้นฐานใหม่ ซึ่งจะปรับแก้จนซ้ำจนกว่าจะไม่มีเส้นฐานใดในโครงข่ายที่มีความคลาดเคลื่อนสูงอย่างมีนัยสำคัญแฝงอยู่ และวิธีการกำหนดให้หลายจุดในโครงข่ายเป็นจุดที่อยู่กับที่ เรียกว่า Fully constrained adjustment เพื่อยึดตรึงโครงข่ายเข้ากับระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงที่ต้องการซึ่งทำให้การปรับแก้โครงข่ายเป็นไปอย่างสมบูรณ์

2.1.6 การประมาณค่าในช่วง (Interpolation)

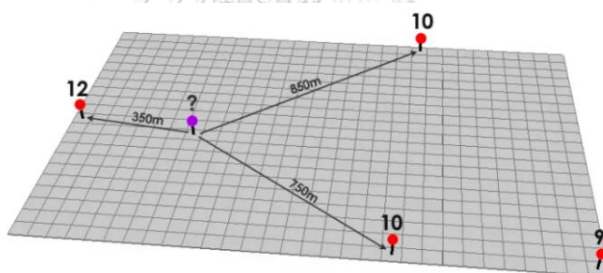
การประมาณค่าในช่วงเป็นการวิเคราะห์และคาดการณ์โดยอาศัยจุดข้อมูลตัวอย่างที่ทราบค่ามาทำนายด้วยการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าให้กับจุดที่ไม่ทราบค่าโดยใช้จุดข้อมูลตัวอย่างที่กระจายตัวอยู่รอบ ๆ จะได้ข้อมูลพื้นผิวที่มีความต่อเนื่องโดยค่าความถูกต้องที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายตัวและความหนาแน่นของจุดข้อมูลตัวอย่าง รวมถึงวิธีการที่ใช้ในการประมาณค่าของจุดข้อมูลตัวอย่างด้วย

ในงานวิจัยนี้การประมาณค่าในช่วงเพื่อสร้างข้อมูลพื้นผิวที่มีความต่อเนื่อง ได้เลือกใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงด้วยกัน 4 วิธี ประกอบด้วย Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging, Natural Neighbor และ Spline ซึ่งในแต่ละวิธีการประมาณค่าในช่วงจะให้ข้อมูล

พื้นผิวที่แตกต่างกัน และเลือกใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นคู่ (Bi-Linear) สำหรับทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

2.1.6.1 การประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW)

เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงโดยคำนวณค่าจากจุดข้อมูลตัวอย่างแต่ละจุดสัมพันธ์กับระยะทาง ถ้าจุดที่ต้องการประมาณค่าอยู่ใกล้กับจุดข้อมูลตัวอย่างก็จะมีผลกระทบต่อค่าสูงซึ่งให้ค่าน้ำหนักมาก แต่ถ้าอยู่ไกลออกไปจะมีผลกระทบต่อค่าต่ำซึ่งให้ค่าน้ำหนักน้อย โดยสามารถเจาะจงจำนวนจุดหรืออาจใช้ทุกจุดที่อยู่ในรัศมีที่กำหนดมาคำนวณค่าได้ วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่ว่าแปรมีการปรับค่าตามระยะทางจากจุดข้อมูลตัวอย่าง โดยตัวแปรที่ต้องคำนึง นั่นคือ ค่ายกกำลังของระยะทาง (Power) ถ้ากำหนด Power มากจะให้ความสำคัญกับจุดที่อยู่ใกล้ ส่งผลให้พื้นผิวไม่ราบเรียบหรือราบเรียบน้อยลง ถ้ากำหนด Power น้อยจะให้ความสำคัญกับจุดที่อยู่ไกลส่งผลให้พื้นผิวราบเรียบ



รูปที่ 22 แสดงระยะทางระหว่างจุดข้อมูลของวิธี IDW

(<https://gisgeography.com/inverse-distance-weighting-idw-interpolation>)

ในการประมาณค่าจะใช้ค่าน้ำหนักจากระยะทางระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่างกับจุดที่ต้องการทราบค่าด้วยความสัมพันธ์ดังนี้ (ArcGIS Desktop 10.8, 2020)

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i}{d_i^p} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^p} \right)} \quad (32)$$

โดยที่

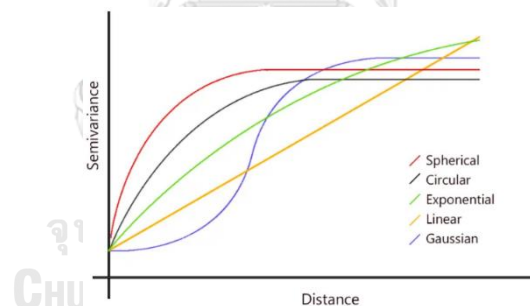
Z_p คือ ค่าของจุดที่ต้องการทราบค่า

Z_i คือ ค่าของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ i

- d_i คือ ระยะทางจุดข้อมูลตัวอย่างที่ i ไปยังจุดที่ต้องการทราบค่า
 p คือ ค่ายกกำลัง (Power) ของระยะทาง
 n คือ จำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประมาณค่า

2.1.6.2 การประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี Kriging

เป็นวิธีการประมาณค่าที่สันนิษฐานจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่างแต่ละจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิว โดยจะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดข้อมูลตัวอย่างที่เลือกไว้ หรือจุดข้อมูลตัวอย่างทั้งหมดภายในรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ออกมา ซึ่งวิธี Kriging มีการทำงานหลายขั้นตอน โดยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูล คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่างเชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) และสร้างแบบจำลองเซมิเวรีโอแกรม (Semi-variogram model) เพื่อตรวจสอบความแปรปรวนของพื้นผิว วิธีการนี้นิยมใช้ในกรณีที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล



รูปที่ 23 แสดงลักษณะของแบบจำลองเซมิเวรีโอแกรมของวิธี Kriging
 (<https://gisgeography.com/kriging-interpolation-prediction>)

ในการประมาณค่าจะใช้ค่าน้ำหนักจากแบบจำลองเซมิเวรีโอแกรมที่ใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดที่ต้องการทราบค่ากับจุดข้อมูลตัวอย่างด้วยความสัมพันธ์ดังนี้ (ArcGIS Desktop 10.8, 2020)

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \quad (33)$$

โดยที่

$Z(s_0)$ คือ ค่าของจุดที่ต้องการทราบค่าที่ตำแหน่ง s_0

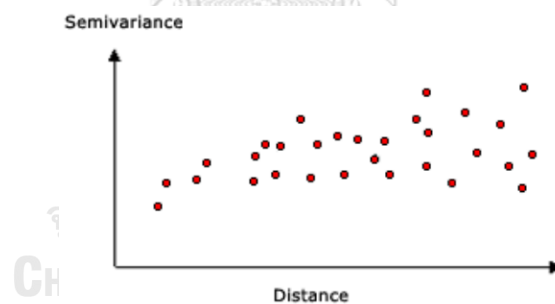
- $Z(s_i)$ คือ ค่าของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ตำแหน่ง s_i
 λ_i คือ ค่าน้ำหนักของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ i
 n คือ จำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประมาณค่า

โดยค่า λ_i ของวิธี Kriging ขึ้นกับแบบจำลองที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดที่ต้องการทราบค่า ซึ่งวิธี Kriging มี 2 กระบวนการ คือ การหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง Semi-variance และ Distance ด้วยความสัมพันธ์ดังนี้

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (34)$$

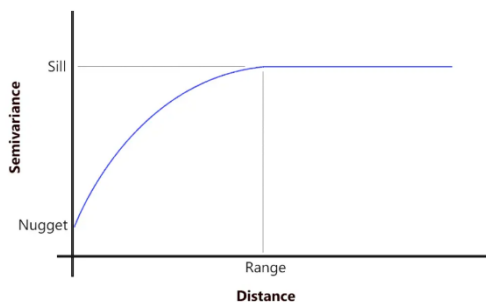
โดยที่

- $\gamma(h)$ คือ ค่า Semi-variance ที่ระยะทาง h
 $Z(x_i)$ คือ ค่าของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ตำแหน่ง x_i
 $Z(x_i + h)$ คือ ค่าของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ตำแหน่ง $x_i + h$
 n คือ จำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้หาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่



รูปที่ 24 แสดงกราฟความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่าง

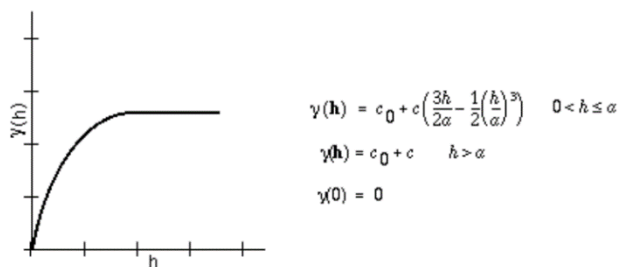
ซึ่งแบบจำลองที่เลือกใช้จะสอดคล้องกับจุดข้อมูลตัวอย่างหรือไม่พิจารณาจากค่า Nugget, Sill และ Range ในกราฟความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่าง โดยค่า Nugget อธิบายถึงความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูลตัวอย่างที่มีระยะห่างเกินไปหรือความผิดพลาดที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน, ค่า Sill อธิบายถึงความแปรปรวนของระยะทางที่ตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลข้างเคียงอีกต่อไป และค่า Range อธิบายถึงระยะทางที่ข้อมูลเริ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 25 แสดงค่า Nugget, Sill และ Range ในกราฟเซมิแวริโอแกรม
(<https://gisgeography.com/semi-variogram-nugget-range-sill>)

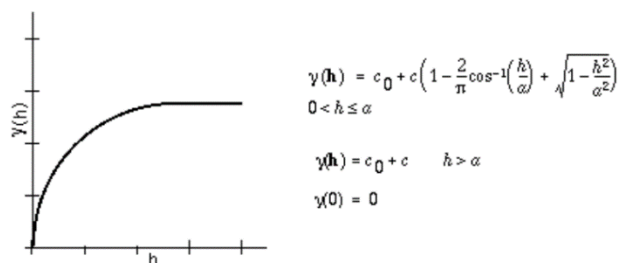
และเมื่อได้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่างแล้วจะนำแบบจำลองความสัมพันธ์ไปใช้หาระยะทางระหว่างจุดข้อมูลและค่า Semi-variance เพื่อใช้เป็นค่าน้ำหนักในการประมาณค่าของจุดที่ต้องการทราบค่าต่อไป ซึ่งในการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูลตัวอย่างจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองความสัมพันธ์ดังนี้

SPHERICAL



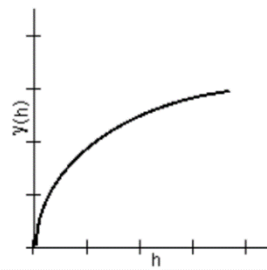
รูปที่ 26 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Spherical

CIRCULAR



รูปที่ 27 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Circular

EXPONENTIAL

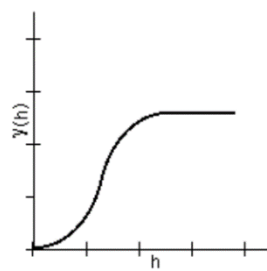


$$y(h) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{\tau}\right) \right) \quad h > 0$$

$$y(0) = 0$$

รูปที่ 28 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Exponential

GAUSSIAN

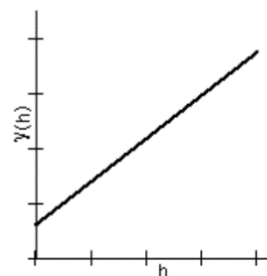


$$y(h) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h^2}{\tau^2}\right) \right) \quad h > 0$$

$$y(0) = 0$$

รูปที่ 29 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Gaussian

LINEAR



$$y(h) = c_0 + c \left(\frac{h}{\alpha} \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

$$y(h) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

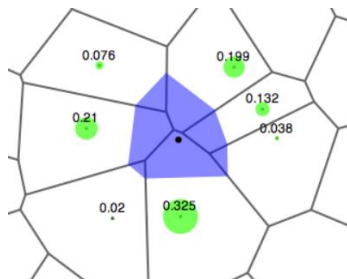
$$y(0) = 0$$

รูปที่ 30 แสดงแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Linear

2.1.6.3 การประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี Natural Neighbor

เป็นวิธีการประมาณค่าโดยอาศัยค่าน้ำหนักตามความสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่ของรูปโพลิกอนที่เรียกว่าโวโรนอย (Voronoi) ในเบื้องต้นจะสร้างโวโรนอยรอบจุดข้อมูลตัวอย่างขึ้นมาก่อน จากนั้นจะสร้างโวโรนอยรอบจุดที่ต้องการทราบค่าขึ้นมาใหม่ แล้วคำนวณค่าน้ำหนักตามอัตราส่วนขนาดพื้นที่ของโวโรนอย โดยจะใช้จุดข้อมูลตัวอย่างที่อยู่ใกล้เคียงและล้อมรอบจุดที่ต้องการทราบค่าทุกจุดในการคำนวณ วิธีการนี้เหมาะกับการสร้างข้อมูลพื้นผิวขึ้นมาจากจุดข้อมูลตัวอย่างที่มีการกระจายตัวด้วยความหนาแน่นแบบไม่แน่นอน เป็นเทคนิคการประมาณค่าที่สามารถนำไปประยุกต์ได้

ดีในพื้นที่ทั่วไปที่ไม่ต้องการปรับค่าตัวแปร เช่น รัศมี (Radius), จำนวนของจุดข้อมูล ตัวอย่าง (Number of neighbors) หรือค่าน้ำหนัก (Weight) เป็นต้น



รูปที่ 31 แสดงพื้นที่โวลูนอยรอบจุดข้อมูลของวิธี Natural Neighbor (https://wikiwand.com/en/Natural_neighbor_interpolation)

ในการประมาณค่าจะใช้การคำนวณค่าน้ำหนักจากอัตราส่วนขนาดพื้นที่โวลูนอยของจุดที่ต้องการทราบค่ากับโวลูนอยของจุดข้อมูลตัวอย่างด้วยความสัมพันธ์ดังนี้ (ArcGIS Desktop 10.8, 2020)

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i, y_i) \quad (35)$$

โดยที่

$G(x, y)$ คือ ค่าของจุดที่ต้องการทราบค่าที่ตำแหน่ง (x, y)

w_i คือ อัตราส่วนขนาดพื้นที่โวลูนอยที่ i

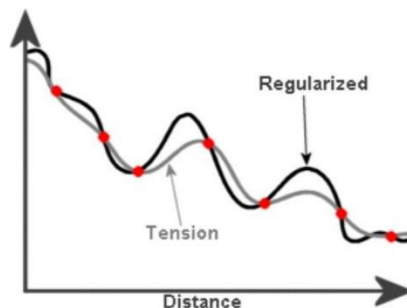
$f(x_i, y_i)$ คือ ค่าของจุดข้อมูลตัวอย่างที่ตำแหน่ง (x_i, y_i)

n คือ จำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประมาณค่า

2.1.6.4 การประมาณค่าด้วยวิธี Spline

เป็นวิธีการประมาณค่าให้พอดีกับพื้นผิวที่มีความโค้งเว้าอย่างน้อยตามจุดข้อมูลตัวอย่างที่นำเข้ามา เหมือนกับการบิดของแผ่นยางให้ผ่านจุดข้อมูลตัวอย่างที่กำหนดทุกจุด โดยสร้างสมการให้ความโค้งเข้าหาจุดข้อมูลตัวอย่างออกมาเป็นข้อมูลพื้นผิว ซึ่งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่สร้างส่วนโค้งเล็ก ๆ บนระนาบหรือแผ่นแบน ๆ โดยต้องผ่านจุดข้อมูลตั้งต้นเสมอ วิธีการนี้เหมาะสำหรับค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งจะให้ข้อมูลพื้นผิวที่มีความกลมกลืน และไม่เหมาะกับบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่ามาก ๆ ภายในระยะทางสั้น ๆ โดยวิธี Spline มีสองประเภท คือ แบบพื้นผิวปกติ (Regularized) ซึ่งผลที่ได้จะมีความกลมกลืน มีความแปรปรวนพื้นผิว

แบบค่อยเป็นค่อยไป และแบบพื้นผิวตึงตัว (Tension) ซึ่งผลที่ได้จะมีลักษณะตรง พื้นผิวไม่ค่อยกลมกลื่นกัน



รูปที่ 32 แสดงการสร้างส่วนโค้งให้เข้ากับจุดข้อมูลของวิธี Spline
(<https://neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/spatial-interpolation-basics>)

ในการประมาณค่าจะใช้การสร้างส่วนโค้งให้สอดคล้องกับจุดข้อมูลตัวอย่าง แล้วนำไปประมาณค่าจุดที่ต้องการทราบค่าระหว่างส่วนโค้งจุดข้อมูลตัวอย่างด้วยความสัมพันธ์ดังนี้ (ArcGIS Desktop 10.8, 2020)

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{i=1}^n \lambda_i R(r_i) \quad (36)$$

โดยที่

$S(x, y)$ คือ ค่าของจุดที่ต้องการทราบค่าที่ตำแหน่ง (x, y)

λ_i คือ สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง

n คือ จำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ประมาณค่า

$T(x, y)$ และ $R(r_i)$ คือ สมการตามประเภทของวิธี Spline ที่ใช้ประมาณค่า

- ประเภทแบบพื้นผิวปกติ (Regularized)

$$T(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y$$

และ

$$R(r_j) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[\ln \left(\frac{r}{2\tau} \right) + c - 1 \right] + \tau^2 \left[K_0 \left(\frac{r}{\tau} \right) + c + \ln \left(\frac{r}{2\pi} \right) \right] \right\}$$

โดยที่

a_i คือ สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง

r คือ ระยะห่างระหว่างจุดที่ต้องการทราบค่าและจุดข้อมูลตัวอย่าง

τ^2 คือ ค่าน้ำหนัก

K_0 คือ Bessel function
 c คือ ค่าคงที่เท่ากับ 0.577215

- ประเภทแบบพื้นผิวตึงตัว (Tension)

$$T(x, y) = a_1$$

และ

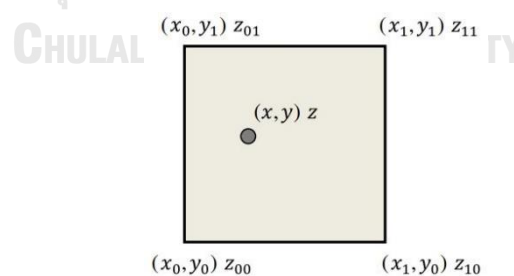
$$R(r_i) = \frac{1}{2\pi\varphi^2} \left[\ln\left(\frac{r\varphi}{2}\right) + c + K_0(r\varphi) \right]$$

โดยที่

a_1 คือ สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง
 r คือ ระยะห่างระหว่างจุดที่ต้องการทราบค่าและจุดข้อมูลตัวอย่าง
 φ^2 คือ ค่าน้ำหนัก
 K_0 คือ Bessel function
 c คือ ค่าคงที่เท่ากับ 0.577215

2.1.6.5 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นคู่ (Bi-Linear)

เป็นการประมาณค่าในช่วงด้วยตำแหน่งกริดจำนวน 4 ตำแหน่งที่ทราบค่า ซึ่งอยู่ใกล้เคียงและล้อมรอบจุดที่ต้องการทราบค่า โดยการคำนวณตามระยะทางและให้ค่าน้ำหนักกับจุดข้อมูลตัวอย่างที่อยู่ใกล้มากกว่าจุดข้อมูลตัวอย่างที่อยู่ไกล



รูปที่ 33 แสดงการประมาณค่าด้วยวิธี Bi-linear

(Gabriele G., 2014)

ในการประมาณค่าจะใช้ค่าน้ำหนักจากตำแหน่งกริด 4 ตำแหน่งที่อยู่ใกล้เคียงและล้อมรอบจุดที่ต้องการทราบค่าที่ไปตกในช่องกริดนั้นด้วยความสัมพันธ์ดังนี้

(Gabriele G., 2014)

$$z = (1 - s)(1 - t)z_{00} + (1 - s)tz_{01} + s(1 - t)z_{10} + stz_{11} \quad (37)$$

โดยที่

$$s = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

$$t = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0}$$

2.1.7 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความถูกต้องด้วยวิธีการทางสถิติ

การพิจารณาค่าเศษเหลือของหมุดร่วมที่มีขนาดใหญ่ในขั้นตอนการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7% หรือ 3-Sigma (3σ) และการเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ระหว่างค่าพิกัดทางราบอ้างอิงกับค่าพิกัดทางราบที่ได้จากการแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ คือ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE)

2.1.7.1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD หรือ σ)

เป็นวิธีการทางสถิติเพื่อวัดการกระจายตัวของข้อมูลซึ่งจะแสดงถึงคุณภาพของข้อมูล ใช้เปรียบเทียบข้อมูลว่ามีการกระจายตัวห่างจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลมากน้อยเพียงใด หากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวห่างจากค่าเฉลี่ยต่ำ ซึ่งหมายถึงข้อมูลมีคุณภาพดี และในทางกลับกันถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวห่างจากค่าเฉลี่ยสูง ซึ่งหมายถึงข้อมูลมีคุณภาพไม่ดี ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (38)$$

โดยที่

X_i คือ ค่าเศษเหลือของหมุดร่วมตามแกน X, Y, Z (เมตร)

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยของค่าเศษเหลือของหมุดร่วมตามแกน X, Y, Z (เมตร)

N คือ จำนวนหมุดร่วมที่ใช้คำนวณในแต่ละครั้ง (สถานี)

ในการหาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับจำนวนของการรังวัดที่เป็นเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 39 (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2558)

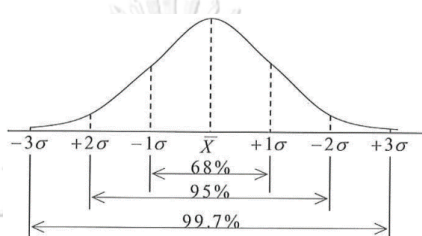
$$E_p = C_p * \sigma_x \quad (39)$$

โดยที่

E_p คือ ค่าคลาดเคลื่อนสุ่มที่เป็นไปได้ที่อัตราส่วนร้อยละ p ของการวัด 1 ครั้ง

C_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่อัตราส่วนร้อยละ p

σ_x คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 34 แสดงพื้นที่ใต้กราฟของการแจกแจงแบบปกติ

(วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2558)

ค่าอัตราส่วนร้อยละ p สามารถใช้บอกถึงระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) ของการวัดนั้น ๆ โดยระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ที่นิยมใช้มีดังนี้

- 1) ที่ระดับความเชื่อมั่น 68%

มีความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน $p(-\sigma \leq \varepsilon \leq \sigma)$

- 2) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

มีความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน $p(-1.96\sigma \leq \varepsilon \leq 1.96\sigma)$

- 3) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7%

มีความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน $p(-3\sigma \leq \varepsilon \leq 3\sigma)$

2.1.7.2 ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE)

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของการแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ซึ่งจะเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพิกัดทางราบในระบบพิกัด UTM เพื่อให้เห็นขนาดของความคลาด

เคลื่อนที่มีหน่วยวัดเป็นระยะทาง โดยการคำนวณหาค่าต่างทางทิศตะวันออก (ΔE) และทางทิศเหนือ (ΔN) แล้วคำนวณค่าคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ดังแสดงในสมการที่ 40 (FGDC, 1998)

$$RMSE_{Hor.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(E_{check,i} - E_{model,i})^2 + (N_{check,i} - N_{model,i})^2]}{n}} \quad (40)$$

โดยที่

$E_{check,i}$, $N_{check,i}$ คือ ค่าพิกัดทางราบอ้างอิง (เมตร)

$E_{model,i}$, $N_{model,i}$ คือ ค่าพิกัดทางราบที่ได้จากแบบจำลอง (เมตร)

n คือ จำนวนหมุดทดสอบ (ตำแหน่ง)

2.1.8 CSCS Model (Country Specific Coordinate System Model)

เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Leica Geosystem AG ประเทศเยอรมัน ใช้สำหรับการปรับแก้ค่าพิกัดในลักษณะของตำแหน่งกริดที่มีค่าพิกัดและบรรจุค่าแก้ตามตำแหน่งของกริดไว้ ซึ่งสามารถใช้ในการปรับแก้ค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐานที่แตกต่างกัน โดยวิธีการประมาณค่าจากตำแหน่งกริดที่อยู่ใกล้เคียงและล้อมรอบมาทำการปรับแก้ค่าพิกัดนั่นเอง ซึ่งสามารถใช้แปลงระบบพิกัดในรูปแบบของระบบพิกัดฉากสามมิติ (Cartesian; X, Y, Z), ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geodetic; Latitude, Longitude) และระบบพิกัดยูทีเอ็ม (Grid; Easting, Northing) โดยมีการจัดรูปแบบไฟล์ (File format) ตามที่กำหนดในรูปแบบของ Generic ASCII (.txt) ก่อนที่จะทำการแปลงไฟล์ด้วย CSCS Model Converter ให้อยู่ในรูปแบบของ CSCS Model (.csc) เพื่อรองรับการนำเข้าสู่ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 โดยมี 2 ส่วนที่สำคัญซึ่งประกอบด้วย ส่วน Header และส่วน Body โดยในแต่ละคำสั่งจะคั่นด้วยเครื่องหมาย Semicolon (;) (LEICA Geosystems AG, 2014)

ส่วนที่ 1 Header เป็นส่วนที่ระบุรูปแบบของแบบจำลองมีอยู่ 5 บรรทัดประกอบด้วย

บรรทัดที่1 : ชื่อแบบจำลอง (Name)

บรรทัดที่2 : ประเภทแบบจำลอง (Model Type)

วิธีการประมาณค่าแก้ (Interpolation Method)

ระบบพิกัด (Coord Type)

- บรรทัดที่3 : จุดเริ่มต้นแบบจำลอง (Corner Point Start)
 ทิศทางการใช้ค่าแก้ (Reading Direction)
 จำนวนแถว (#of NS values), จำนวนหลัก (#of EW values)
- บรรทัดที่4 : ค่าพิกัดเริ่มต้น (Start Corner Point; East/Lon, North/Lat)
 ระยะกริด (Spacing NS, Spacing EW)
- บรรทัดที่5 : จำนวนแบบจำลอง (#of Grids)

ส่วนที่ 2 Body เป็นส่วนที่บรรจุค่าแก้ในตำแหน่งกริด (Point grid) ตามประเภทแบบจำลอง (Model Type) ที่เลือกใช้
 แบบจำลองในระบบพิกัดฉากสามมิติ

: ค่าแก้ทางแกน X, ค่าแก้ทางแกน Y, ค่าแก้ทางแกน Z มีหน่วยเป็นเมตร

แบบจำลองในระบบพิกัดภูมิศาสตร์

: ค่าแก้ทาง Latitude, ค่าแก้ทาง Longitude มีหน่วยเป็นฟิลิปดา

แบบจำลองในระบบพิกัด UTM

: ค่าแก้ทาง E, ค่าแก้ทาง N มีหน่วยเป็นเมตร

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา

ศรายุทธ อยู่สำราญ (2543) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างพื้นหลักฐาน WGS84 และพื้นหลักฐาน Indian1975 ในประเทศไทย โดยมีแนวคิดที่ว่าพื้นหลักฐาน WGS84 มีความเหมาะสมกับพื้นผิวที่ย่อยดัดในประเทศไทยมากกว่าพื้นหลักฐาน Indian1975 อีกทั้งเทคโนโลยีการสำรวจด้วยระบบดาวเทียมมีความสะดวกรวดเร็วและมีความถูกต้องสูง โดยจะเปลี่ยนพื้นหลักฐาน WGS84 เป็นพื้นหลักฐานอ้างอิงในประเทศไทย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อหลักฐานแผนที่เดิมที่อ้างอิงอยู่บนพื้นหลักฐาน Indian1975 จึงทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์สำหรับการแปลงพื้นหลักฐานโดยใช้หมุดโครงข่ายสามเหลี่ยมชั้นที่ 1 ซึ่งอ้างอิงอยู่บนพื้นหลักฐานทั้งสองจำนวน 21 หมุดเป็นหมุดร่วม (Common Points) ในการแปลงพื้นหลักฐานใช้แบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas ด้วยโปรแกรม Leica SKI-Pro และพิจารณาค่าเศษเหลือของหมุดร่วมหลังการคำนวณที่มีขนาดใหญ่เกิน 1 เมตร ออกจากการคำนวณแล้วคำนวณครั้งต่อไปจนกว่าหมุดร่วมจะไม่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่เกิน 1 เมตร ผลการคำนวณพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแปลงพื้นหลักฐานจาก WGS84 ไปสู่ Indian1975 ได้จากแบบจำลอง Bursa-Wolf โดยใช้หมุดร่วม 16 หมุด ประกอบด้วย $\Delta X = -204.5$ เมตร, $\Delta Y = -837.9$ เมตร และ $\Delta Z = -294.8$ เมตร แล้วได้ทำการทดสอบความถูกต้องทางตำแหน่งของค่าพิกัดที่ได้จากการแปลงด้วยค่าพารามิเตอร์ชุดเดิม ($\Delta X = -206$ เมตร, $\Delta Y = -837$ และ $\Delta Z = -295$ เมตร) และค่าพิกัดที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ชุดใหม่โดยเปรียบเทียบกับค่าพิกัดอ้างอิง ซึ่งผลการทดสอบพบว่าค่าพิกัดที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ชุดเดิมและค่าพารามิเตอร์ชุดใหม่มีความถูกต้องทางตำแหน่งอยู่ที่ 0.341 เมตร และ 0.159 เมตร ตามลำดับ จึงได้มีการประกาศใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดใหม่สำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่าง WGS84 และ Indian1975 ในประเทศไทยเป็นต้นมา

ธนพัทธ์ จงรักชอบ (2560) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงข่ายอ้างอิงในประเทศไทยระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 และ ITRF2014 โดยมีแนวคิดที่ว่าลักษณะพื้นฐานทางกายภาพของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงในงานยื่ออเดติกซึ่งได้ถูกนำมาพิจารณาในงานสำรวจและทำแผนที่มากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงข่ายอ้างอิง (Zero Order Geodetic Network) ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งถือเป็นโครงข่ายที่สำคัญของประเทศไทย และจัดอยู่ในประเภทงานชั้น A ตามมาตรฐาน FGCC จำนวน 7 หมุด อีกทั้งได้ขยายโครงข่ายเพิ่มเติมอีกจำนวน 11 หมุด (First Order Geodetic Network) ซึ่งจัดอยู่ในประเภทงานชั้น B ตามมาตรฐาน FGCC โดยก่อนหน้านี้ได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพิกัดระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล

ITRF2000 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ผลการเปรียบเทียบพบว่าค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 มีการเปลี่ยนแปลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เฉลี่ยอยู่ที่ 12.3 ซม. ซึ่งกรมแผนที่ทหารจึงได้ปฏิบัติงานต่าง ๆ ด้วยการใช้ค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานในโครงข่ายอ้างอิงและโครงข่ายหลักบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 เป็นต้นมา ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงโครงข่ายอ้างอิงในประเทศไทยระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 และ ITRF2014 ที่ epoch2016.11 โดยใช้ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS จากหมุดหลักฐานในโครงข่ายอ้างอิงในห้วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2560 มาประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง (Precise Point Positioning; PPP) ด้วยโปรแกรม Bernese GNSS Software 5.2 ผลการเปรียบเทียบพบว่าค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2014 ที่ epoch2016.11 มีการเปลี่ยนแปลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เฉลี่ยอยู่ที่ 7.5 ซม. พบว่ามีความใกล้เคียงกับอัตราการเคลื่อนที่ของแผ่น Sundaland Block ซึ่งมีอัตราเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 3 ซม.ต่อปีในทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

Altamimi Z. et al. (2011) ได้ทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์สำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ไปยัง ITRF2005 โดยมีแนวคิดที่จะใช้วิธีออดิตจากการรับสัญญาณจากอวกาศ (Space Geodetic Techniques) ในหลายรูปแบบ ซึ่งประกอบด้วย 1) Very Long Baseline Interferometry (VLBI) โดยหน่วยงาน the International VLBI Service (IVS), 2) Satellite Laser Ranging (SLR) โดยหน่วยงาน the International Laser Ranging Service (ILRS), 3) Global Navigation Satellite System (GNSS) โดยหน่วยงาน the International GNSS Service (IGS) และ 4) Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS) โดยหน่วยงาน the International DORIS Service (IDS) โดยใช้ข้อมูลของสถานีดังกล่าวจำนวน 179 สถานีที่กระจายตัวอยู่ทั่วโลกแบบ Long-term ตั้งแต่ปี 1980-2009 ในรูปแบบอนุกรมเวลาของตำแหน่งสถานีมาประมวลผลร่วมกับการวางตัวของโลก Earth Orientation Parameters (EOPs) และแบบจำลองชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ โดยคำนวณพารามิเตอร์ที่ epoch2005.0 จำนวน 14 ตัวแปร ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ค่าพารามิเตอร์ระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล (ITRF2008 to ITRF2005) และอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อปี (Rates from ITRF2008 to ITRF2005) ซึ่งมีพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าเลื่อนเลื่อนแกนและอัตราการเปลี่ยนแปลง 6 ตัวแปร, ค่ามุมหมุนรอบจุดกำเนิดและอัตราการเปลี่ยนแปลง 6 ตัวแปร, ค่าอัตราส่วนและอัตราการเปลี่ยนแปลง 2 ตัวแปร ผลการศึกษาพบว่าในการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิง

สากล ITRF2008 ไปยัง ITRF2005 ที่ epoch2005.0 ได้ค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าเลื่อนแกนและ อัตราการเปลี่ยนแปลง ΔX , ΔY , ΔZ อยู่ที่ -0.5 ± 0.2 mm. (rate 0.3 ± 0.2 mm./ปี), -0.9 ± 0.2 mm. (rate 0.0 ± 0.2 mm/ปี) และ -4.7 ± 0.2 mm. (rate 0.0 ± 0.2 mm/ปี) ตามลำดับ, ค่ามุมหมุนรอบจุดกำเนิดและอัตราการเปลี่ยนแปลง R_x , R_y , R_z เท่ากันอยู่ที่ 0.00 ± 0.08 mas (rate 0.0 ± 0.08 mas/ปี) และค่าอัตราส่วนและอัตราการเปลี่ยนแปลง Scale factor อยู่ที่ 0.94 ± 0.03 ppb (rate 0.00 ± 0.03 ppb/ปี) ตามลำดับ

กรมแผนที่ทหารและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2560) ได้จัดทำข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพบนตำแหน่งกริดที่เหมาะสม ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในโครงการพัฒนาแบบจำลองยี่ออยด์ความละเอียดสูงของประเทศไทย (TGM2017) เนื่องจากการจัดทำข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพบนตำแหน่งกริดที่เหมาะสมจำเป็นต้องใช้ข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพภาคพื้นดินมาพิจารณา โดยใช้ข้อมูลการรังวัดความโน้มถ่วงพิภพมาตรฐานงานชั้นที่ 1 และ 3 บริเวณทั่วพื้นที่ทั่วประเทศไทยประมาณ 10,000 หมุด และใช้ข้อมูล Free-air anomaly ที่ได้จากการลดทอนลงอย่างต่อเนื่องพร้อมค่าแก้ภูมิประเทศที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 ฟิลิปดา, 1 ลิปดา และ 2 ลิปดา นำมาทำการคำนวณหาแบบจำลองยี่ออยด์เบื้องต้น โดยครอบคลุมพื้นที่ $96^\circ - 107^\circ E$ และ $5^\circ - 21^\circ N$ และทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างความสูงยี่ออยด์ที่ได้จากหมุดรวมจำนวน 412 หมุดกับแบบจำลองยี่ออยด์ที่คำนวณได้จากข้อมูลรังวัดความโน้มถ่วงพิภพที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ต่างกัน พบว่ามีค่า SD ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ที่ระยะกริด 30 ฟิลิปดา, 1 ลิปดา และ 2 ลิปดา เท่ากับ 0.120, 0.115 และ 0.129 เมตร ตามลำดับ จากการทดสอบกริด 3 ระยะทำให้ทราบว่าระยะกริดที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 1 ลิปดาเนื่องจากมีค่า SD น้อยที่สุด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Ajvazi B. & Czimmer K. (2019) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) ด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) กรณีสถานที่ศึกษาเมือง Rahovec ประเทศ Kosovo โดยมีแนวคิดที่ว่า การสร้างพื้นผิวข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการจำลองข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแทนสิ่งที่ปรากฏอยู่จริงบนโลก (Real world) ซึ่งจะใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) สำหรับการสร้างแบบจำลอง โดยการใช้ข้อมูลเดียวกันแต่วิธีการประมาณค่าในช่วงแตกต่างกันจะให้ผลลัพธ์พื้นผิวแตกต่างกัน ในงานวิจัยจะใช้ข้อมูลค่าระดับสูงของจุดข้อมูลตัวอย่างที่กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาจำนวน 15,583 จุด และแบ่งการใช้จุดข้อมูลตัวอย่างออกเป็น 3 กรณี คือ ใช้จุดข้อมูลตัวอย่าง 10%, 20% และ 30% ของจุดข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งเท่ากับ 1,536, 3,117 และ 4,675 จุด ตามลำดับ และใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง 4 วิธี คือ IDW, Kriging, Natural

Neighbor และ Spline แล้วทำการเปรียบเทียบค่าระดับสูงที่ได้จากพื้นผิวกับจุดข้อมูลตัวอย่างที่เหลือในแต่ละกรณีด้วยค่า RMSE ผลการเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีได้ผลดังนี้ กรณีที่ 1 วิธี Spline ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมีค่า RMSE = 0.774 เมตร และวิธี IDW ให้ผลลัพธ์แย่งที่สุดมีค่า RMSE = 1.302 เมตร, กรณีที่ 2 วิธี Kriging ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมีค่า RMSE = 0.804 เมตร และวิธี IDW ให้ผลลัพธ์แย่งที่สุดมีค่า RMSE = 1.429 เมตร และกรณีที่ 3 วิธี Spline ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมีค่า RMSE = 0.815 เมตร และวิธี IDW ให้ผลลัพธ์แย่งที่สุดมีค่า RMSE = 1.476 เมตร ซึ่งพบว่าวิธีการประมาณค่าในช่วงที่เหมาะสมและให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการศึกษาดังกล่าว คือ วิธี Spline, Kriging, Natural Neighbor และ IDW ตามลำดับ

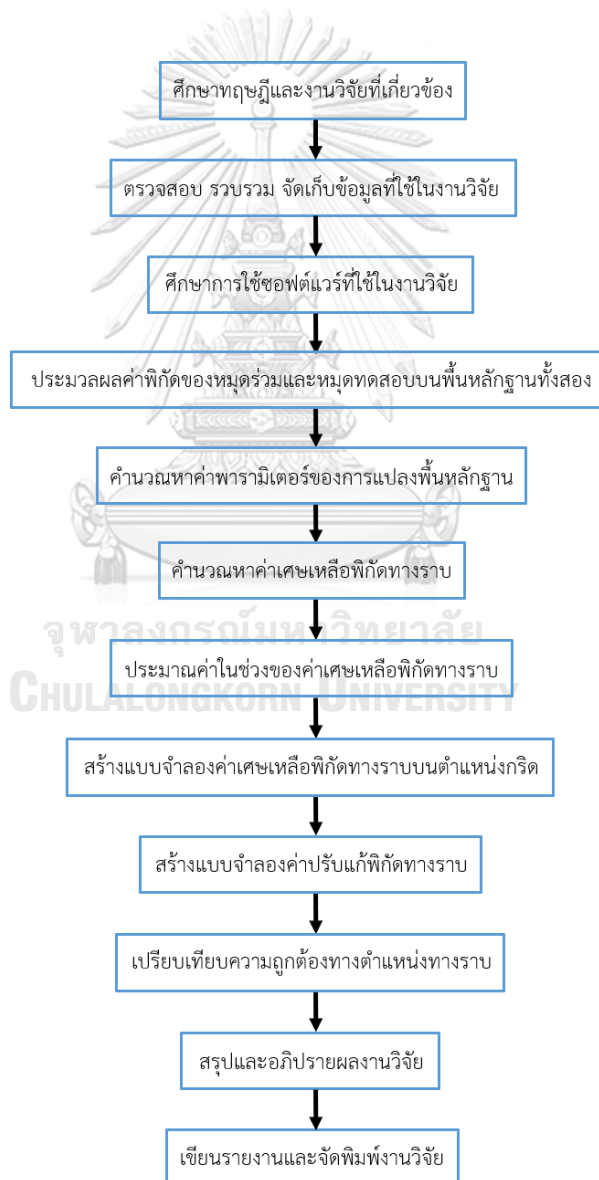
Gabriele G. (2014) ได้ทำการศึกษาการนำ NTV2 (National Transformation version2) มาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรม โดยใช้เทคนิคการแปลงค่าพิกัดระหว่างระบบพิกัดด้วย NTV2 ซึ่งเป็นวิธีการนำค่าพารามิเตอร์ระหว่างระบบพิกัดมาใช้ในกระบวนการแปลงค่าพิกัด โดย NTV2 สามารถสร้างกริดที่ความละเอียดตามความต้องการขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของข้อมูล ซึ่งเรียกว่า กริดหลัก (Parent Grid) และกริดย่อย (Sub Grid) โดยในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ได้นำ NTV2 มาใช้ในการแปลงค่าพิกัดระหว่างระบบพิกัด เช่น Australian Geodetic Datum of 1984 (AGD1984) กับ Geocentric Datum of Australia of 1994 (GDA1994) และ New Zealand Geodetic Datum of 1949 (NZGD1949) กับ NZGD2000 เป็นต้น โดยการหาค่าแก้ (Shift) ของตำแหน่งที่ไปตกอยู่ในช่องกริดด้วยการใช้ตำแหน่งกริด 4 ตำแหน่งที่อยู่ล้อมรอบมาประมาณค่าด้วยวิธี Bilinear โดยที่ NTV2 จะกำหนดค่าต่าง ๆ และใช้รูปแบบไฟล์แบบ Binary (.gsb) ซึ่งประกอบด้วย จำนวนกริด (Parent, Sub Grid), ประเภทของค่าแก้ (Shift type), ระบบพิกัด ค่าความยาวกึ่งแกนเอกและแกนโท (Semi-Major, Semi-Minor) เริ่มต้น, ระบบพิกัด ค่าความยาวกึ่งแกนเอกและแกนโท (Semi-Major, Semi-Minor) ผลลัพธ์, ขอบเขตของกริด (Lower-Upper Latitude, Lower-Upper Longitude) และระยะกริด (Latitude, Longitude interval) เป็นต้น ซึ่งผ่านกระบวนการประมาณค่าแล้วได้ผลลัพธ์เป็นค่าพิกัดที่ปรับแก้แล้วอยู่บนระบบพิกัดที่ต้องการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้กับการหาดำแหน่งบนทางด่วนที่ Pedemontana Lombarda โดยการแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัด UTM/WGS84 zone32 ไปสู่ระบบพิกัด Rectilinear ด้วยจำนวนจุดทดสอบ 391 จุด โดยมีกริดหลัก (Parent grid) ที่ระยะ 1 องศาและมีกริดย่อย (Sub-grid) ที่ระยะ 5 ฟิลิปดา ผลการทดสอบพบว่าค่าเศษเหลือของค่าพิกัดที่ได้มีความต่างอยู่ในระดับมิลลิเมตรจำนวน 365 จุด และอยู่ในระดับ 5 เซนติเมตรจำนวน 29 จุด ตามลำดับ

Hart L. & Okeke F. (2016) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของการใช้ NTV2 สำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างพื้นหลักฐาน Minna (Local Datum) และพื้นหลักฐาน WGS84 (Global Datum) ของประเทศไนจีเรีย โดยใช้ข้อมูลจุดรวมจำนวน 50 จุดใน Nigerian Geodetic Network ที่มีค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสอง โดยใช้แบบจำลอง Molodensky-Badekas ในการแปลงพื้นหลักฐานเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดเพื่อหาค่าความบิดเบือน (Distortion) และค่าความถูกต้อง (Shift accuracy) ของจุดรวมแต่ละจุด แล้วทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อสร้างพื้นผิวแล้วหาค่าความบิดเบือนและค่าความถูกต้องเข้าสู่กริดที่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นนำเข้าสู่ NTV2 โดยใช้การประมาณค่าด้วยวิธี Bilinear เพื่อคำนวณค่าความบิดเบือนและค่าความถูกต้องให้กับจุดทดสอบ ผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่าค่า RMS ของค่าความบิดเบือนของละติจูดและลองจิจูด อยู่ที่ 0.00026 ฟิลิปดา (0.007 เมตร) และ 0.00907 ฟิลิปดา (0.272 เมตร) ตามลำดับ และค่าความถูกต้องทางละติจูดและลองจิจูดอยู่ในช่วง 0.037 ถึง 0.184 เมตร และ 0.026 ถึง 0.281 เมตร ตามลำดับ และทำการทดสอบทางตำแหน่งของการแปลงพื้นหลักฐาน Minna ไปสู่ WGS84 ด้วยการ ใช้ NTV2 พบว่าให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 0.322 เมตร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับการแปลงพื้นหลักฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 ในประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วย พารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ แล้วทำการเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้



รูปที่ 35 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ การประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS และการคำนวณปรับแก้โครงข่าย, แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน, วิธีการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ, การสร้างค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด, การสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ และการวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบด้วยค่าทางสถิติ อีกทั้งศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการแปลงพื้นหลักฐานและการประมาณค่าในช่วงของข้อมูล

3.2 ตรวจสอบ รวบรวม จัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบประกอบด้วย ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรจากกรมที่ดิน 134 สถานี, กรมแผนที่ทหาร 80 สถานี และกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี รวมทั้งสิ้น 229 สถานี ในวันที่ 1 ถึง 6 มีนาคม พ.ศ.2563 และค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดินบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหารบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 และ ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ประกอบด้วย ข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีในโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี และหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งในห้วงวันที่ 8 ถึง 26 พฤศจิกายน พ.ศ.2563

3.3 ศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 สำหรับการประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วมและหมุดทดสอบบนพื้นหลักฐานทั้งสอง ประกอบด้วย กรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10, การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 และการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบรวมถึงการทดสอบแบบจำลองด้วย, ซอฟต์แวร์ ArcGIS Desktop 10.8 สำหรับการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบเพื่อสร้างพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบที่มีความต่อเนื่องและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด และซอฟต์แวร์ CSCS Model Convert สำหรับการแปลงไฟล์ข้อมูลแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริดในรูปแบบ Generic ASCII (.txt) ให้เป็นไฟล์ CSCS (.csc) ตามรูปแบบของ CSCS Model ก่อนนำเข้าสู่ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1

3.4 ประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วมและหมุดทดสอบบนพื้นฐานทั้งสอง

การประมวลผลค่าพิกัดจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วม 229 สถานี และประมวลผลค่าพิกัดของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง โดยการประมวลผลค่าพิกัดจะใช้ค่าแก้วงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง (Precise Ephemeris) จาก IGN Global Data Center และ IGS International GPS Service for Geodynamics รวมทั้งค่าแก้ความคลาดเคลื่อนของเสาอากาศเครื่องรับ (Antenna Calibration) จาก National Geodetic Survey (NGS) เพื่อให้ได้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.4.1 ประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วม 229 สถานี

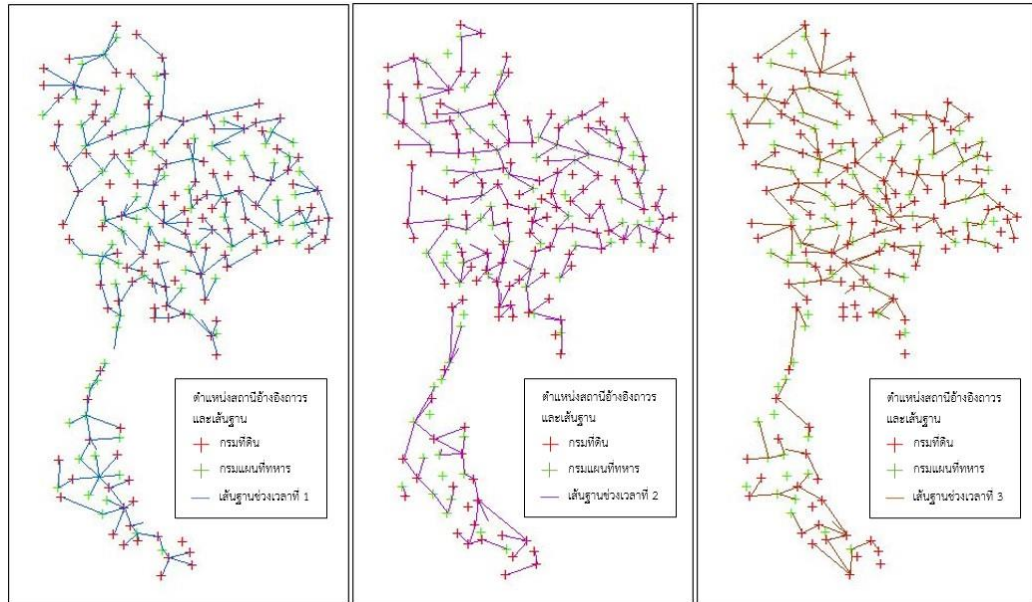
ในการประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วมไม่สามารถประมวลผลข้อมูลและคำนวณปรับแก้โครงข่ายร่วมกัน 229 สถานีได้ เนื่องจากข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS และจำนวนของสถานีอ้างอิงถาวรจากกรมโยธาธิการและผังเมืองไม่สมบูรณ์ ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลประมวลผลร่วมกับอีกสองหน่วยงานได้ครบทั้งหมด 15 สถานี ในห้วงวันที่ 1-2 มีนาคม พ.ศ. 2563 เท่านั้น จึงจะแบ่งการประมวลผลค่าพิกัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรจากกรมที่ดินและกรมแผนที่ทหาร 214 สถานี ด้วยการคำนวณปรับแก้โครงข่ายร่วมกัน และประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรจากกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี ด้วยการโยงยึดค่าพิกัดจากสถานีอ้างอิงถาวรในโครงข่ายหมุดร่วม 214 สถานีที่มีระยะเส้นฐานใกล้ที่สุดจำนวน 2 สถานี เนื่องจากระยะเส้นฐานที่ลดลงจะทำให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งสูงขึ้น (Okorochoa & Olajugba, 2014) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4.1.1 ประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรจากกรมที่ดินและกรมแผนที่ทหาร 214 สถานี

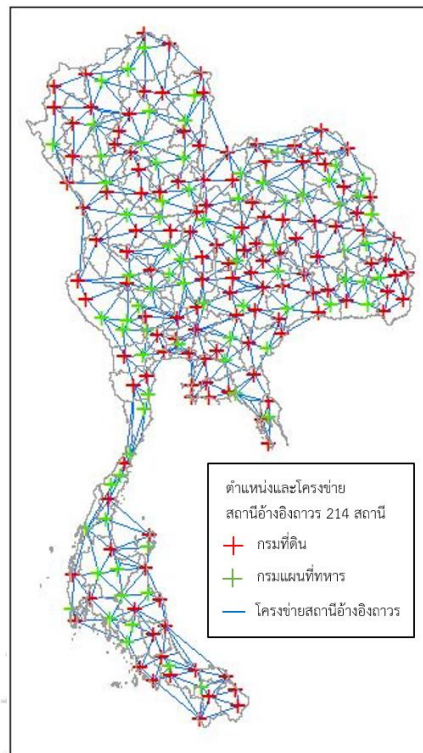
โดยใช้การคำนวณปรับแก้โครงข่ายร่วมกัน ในการประมวลผลจะแบ่งข้อมูลรังวัดออกเป็น 2 วันต่อช่วงเวลารับสัญญาณเดียวกัน ได้ทั้งหมด 3 ช่วงเวลา ประกอบด้วย ช่วงเวลาที่ 1 ห้วงวันที่ 1-2 มีนาคม พ.ศ.2563, ช่วงเวลาที่ 2 ห้วงวันที่ 3-4 มีนาคม พ.ศ.2563 และช่วงเวลาที่ 3 ห้วงวันที่ 5-6 มีนาคม พ.ศ.2563 จากนั้นเลือกเส้นฐานอิสระเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายที่มีจำนวนรูปปิดสามเหลี่ยมย่อย ๆ ให้มากที่สุด แล้วประมวลผลเส้นฐานที่ละลายเส้นโดยใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาหาค่าต่างครั้งที่สอง (Double differencing) ซึ่งจะสามารถลดและขจัดค่าคลาดเคลื่อนต่าง ๆ เช่น ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากนาฬิกาดาวเทียมและนาฬิกาเครื่องรับ, ค่าคลาดเคลื่อน

ที่เกิดจากวงโคจรของดาวเทียม และค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์และไอโอโนสเฟียร์ เป็นต้น (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2548) ซึ่งจะแสดงเส้นฐานอิสระในแต่ละช่วงเวลาดังแสดงในรูปที่ 36



รูปที่ 36 แสดงเส้นฐานอิสระในแต่ละช่วงเวลา

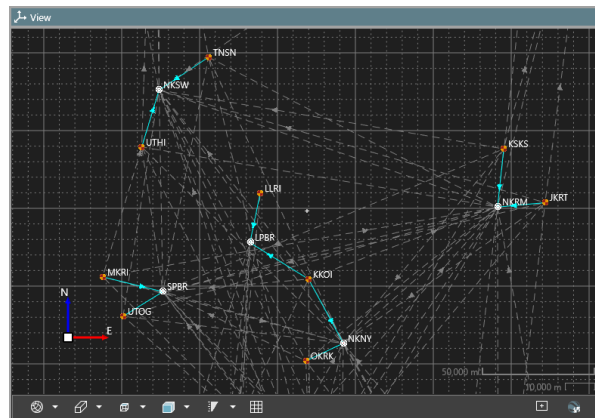
จากนั้นเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนและคุณภาพของเส้นฐานตามเกณฑ์งานชั้น B (High precision) ของ FGCC1989 (กรมแผนที่ทหาร, 2539) แล้วคำนวณปรับแก้โครงข่ายร่วมกันด้วยวิธีลีสทส์แควร์แบบ Minimal Constrained และ Fully Constrained ตามลำดับ โดยการยึดตรงค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ของสถานีอ้างอิงดาวเทียมจากกรมที่ดิน 134 สถานี และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ของสถานีอ้างอิงดาวเทียมจากกรมแผนที่ทหาร 80 สถานี เข้ากับโครงข่ายตามลำดับ ซึ่งจะทำให้หมุดรวมทั้งหมด 214 สถานีมีค่าพิกัดที่อ้างอิงบนพื้นหลักฐานทั้งสองทั้งโครงข่ายอย่างสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการโยงยึดค่าพิกัดให้กับสถานีอ้างอิงดาวเทียมของกรมโยธาธิการและผังเมืองต่อไป



รูปที่ 37 แสดงโครงข่ายหมุดรวม 214 สถานี

3.4.1.2 ประมวลผลข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรจากกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี

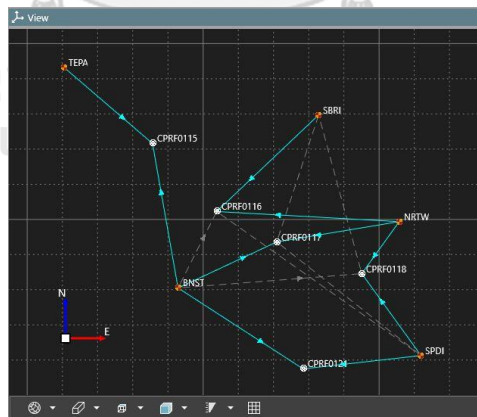
โดยใช้การโยงยึดค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ของสถานีอ้างอิงถาวรในโครงข่ายหมุดรวม 214 สถานีที่มีระยะเส้นฐานไกลที่สุดจำนวน 2 สถานีที่การประมวลผลเส้นฐานเป็น Fixed Solution ในการประมวลผลจะใช้ข้อมูลรังวัดในห้วงวันที่ 1-2 มีนาคม พ.ศ.2563 ซึ่งจะทำให้หมุดรวมทั้งหมด 229 สถานีมีค่าพิกัดที่อ้างอิงบนพื้นหลักฐานทั้งสอง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานต่อไป



รูปที่ 38 แสดงตัวอย่างเส้นฐานที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด 2 สถานีให้กับสถานีอ้างอิงถาวร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

3.4.2 ประมวลผลค่าพิกัดของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง

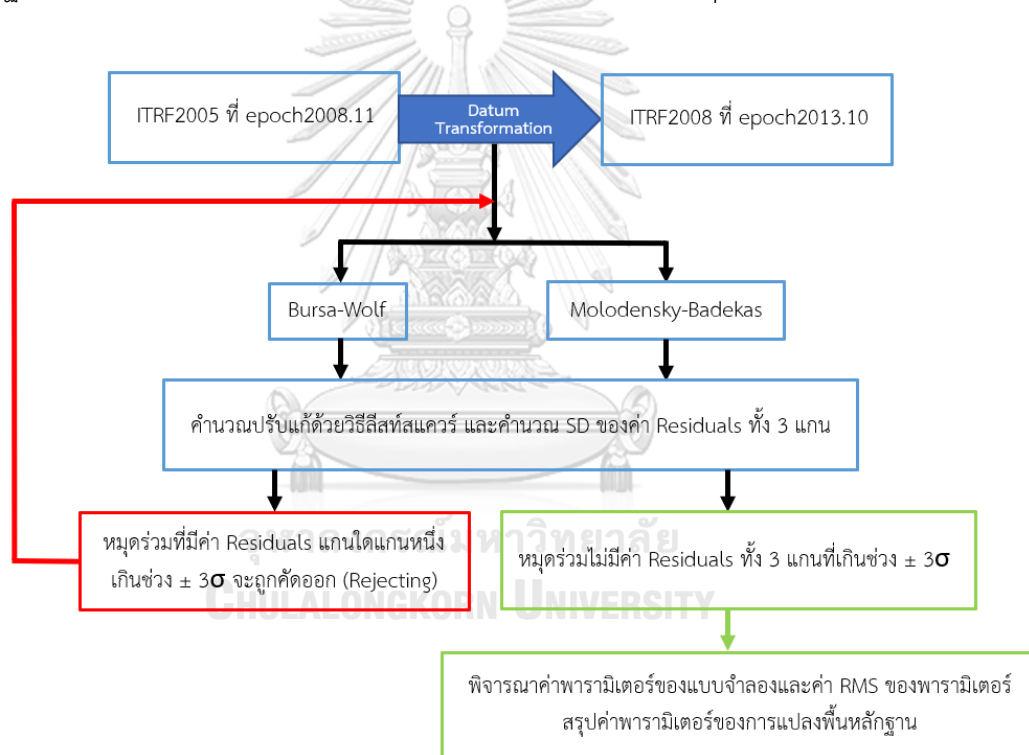
โดยใช้การโยงยึดค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ของสถานีอ้างอิงถาวรในโครงข่ายหมุดรวม 229 สถานีที่มีระยะเส้นฐานไกลที่สุดจำนวน 2 สถานีที่การประมวลผลเส้นฐานเป็น Fixed Solution โดยการประมวลผลจะใช้ข้อมูลรังวัด ในห้วงวันที่ 8-26 พฤศจิกายน พ.ศ.2563 ซึ่งจะทำให้หมุดทดสอบทั้งหมด 100 ตำแหน่งมีค่าพิกัดที่อ้างอิงบนพื้นหลักฐานทั้งสอง เพื่อใช้เป็นค่าพิกัดอ้างอิงของหมุดทดสอบในการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบต่อไป



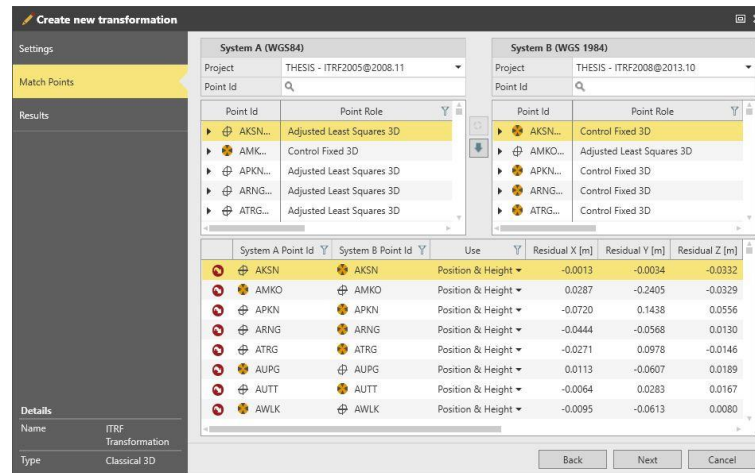
รูปที่ 39 แสดงตัวอย่างเส้นฐานที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด 2 สถานีให้กับหมุดทดสอบ

3.5 คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน

การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas ซึ่งการคำนวณจะใช้เทคนิคการปรับแก้แบบลีสทิงสแควร์ จากนั้นพิจารณาค่าเศษเหลือของหมุดร่วมหลังการคำนวณในแต่ละครั้ง เพื่อที่จะทำการคัดออก (Rejecting) ในทางปฏิบัติจะพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนที่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ ออกซึ่งถือว่าเป็นค่าคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ (Gross error) (วิชัย เที่ยงวีรชน, 2558) แล้วคำนวณครั้งต่อ ๆ ไปจนกว่าค่าเศษเหลือของหมุดร่วมมีขนาดไม่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ จากนั้นพิจารณาค่าพารามิเตอร์และค่า RMS ของพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองทั้งสอง เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานที่เหมาะสมมาใช้หาค่าเศษเหลือพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีต่อไป



รูปที่ 40 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน



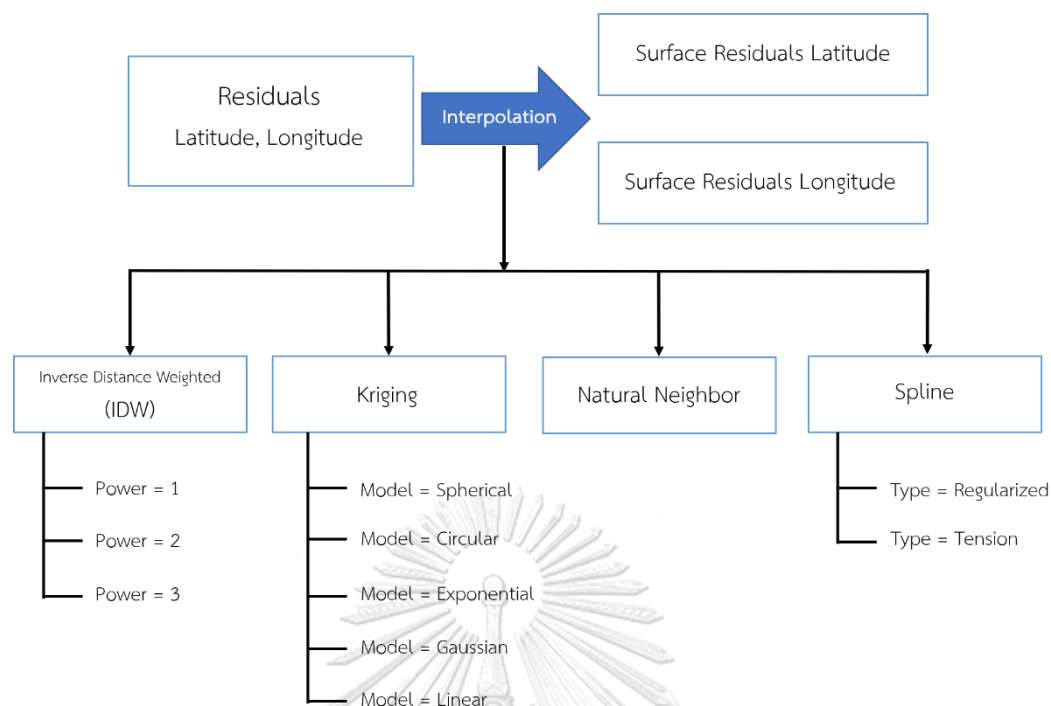
รูปที่ 41 แสดงการเลือกชุดข้อมูลหมุดร่วมในการแปลงพื้นหลักฐาน

3.6 คำนวณหาค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

คำนวณหาค่าต่างพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ระหว่างค่าพิกัดที่ได้จากการประมวลผลค่าพิกัดของหมุดร่วม และค่าพิกัดที่ได้จากการแปลงพื้นหลักฐานด้วยพารามิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ค่าต่างพิกัดทางละติจูด และค่าต่างพิกัดทางลองจิจูด เพื่อใช้เป็นจุดข้อมูลตัวอย่างในการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบต่อไป

3.7 ประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

ในการประมาณค่าในช่วงจะเลือกใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง 4 วิธี ประกอบด้วย วิธี Inverse Distance Weighted (IDW) ใช้ค่ายกกำลัง (Power) เท่ากับ 1, 2 และ 3, วิธี Kriging ใช้แบบจำลอง (Semi-variogram model) คือ Spherical, Circular, Exponential, Gaussian และ Linear, วิธี Natural Neighbor และวิธี Spline ใช้ประเภท (Spline type) คือ Regularized และ Tension โดยการกำหนดขนาดเซลล์ (Cell size) ของข้อมูลแรสเตอร์ในการประมาณค่าในช่วง เท่ากับ 1 ลิปดา หรือประมาณ 1.85 กิโลเมตร และขอบเขตการประมาณค่าในช่วง (Processing Extent) อยู่ที่ 97° - 106°E และ 5° - 21°N ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย เพื่อสร้างพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบที่มีความต่อเนื่อง โดยแยกการประมาณค่าเศษเหลือพิกัดทางราบออกเป็น 2 ส่วนประกอบด้วย ค่าเศษเหลือพิกัดทางละติจูด และค่าเศษเหลือพิกัดทางลองจิจูดด้วยการประมาณค่าในช่วงทั้งหมด 11 เงื่อนไข ซึ่งจะได้พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบทั้งหมด 22 พื้นผิว เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริดต่อไป



รูปที่ 42 แสดงขั้นตอนการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

3.8 สร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด

แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริดจะทำการสร้างตำแหน่งกริดบนมุมร่วมของกริดที่ระยะ 1 ลิปดา หรือประมาณ 1.85 กิโลเมตร ซึ่งจะสอดคล้องกับแบบจำลองย่อยของความละเอียดสูงของประเทศไทย (กรมแผนที่ทหารและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560) โดยให้ครอบคลุมพื้นที่ $97^{\circ} - 106^{\circ}E$ และ $5^{\circ} - 21^{\circ}N$ จากนั้นคำนวณค่าพิกัดทางราบของตำแหน่งกริดและดึงค่าเศษเหลือพิกัดทางราบจากพื้นผิวมาเก็บไว้ตามตำแหน่งกริด ซึ่งจะได้ตำแหน่งกริดที่ระยะ 1 ลิปดา หรือประมาณ 1.85 กิโลเมตร ที่มีค่าพิกัดทางราบและบรรจุค่าเศษเหลือพิกัดทางละติจูดและลองจิจูด ซึ่งจะได้แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบทั้งหมด 11 แบบจำลอง เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบต่อไป

3.9 สร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

ในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบจะต้องแก้ไขไฟล์ของแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบตามรูปแบบของ CSCS Model ในรูปแบบของ Generic ASCII (.txt) โดยกำหนดให้แบบจำลองของการปรับแก้ (Model types) เป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ (Interpolation Method) แบบเชิงเส้นคู่ (Bi-Linear) ใช้ตำแหน่งเริ่มต้นที่มุมล่างซ้าย ($5^{\circ} N, 97^{\circ} E$) และสิ้นสุดที่มุมบนขวา ($21^{\circ} N, 106^{\circ} E$) ซึ่งมีทิศทางจากทิศ

ตะวันตกไปยังทิศตะวันออก (W-E) และทิศใต้ขึ้นไปทิศเหนือ (S-N) ตามลำดับ และแปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของ CSCS (.csc) จากนั้นสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งจะได้แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบทั้งหมด 11 แบบจำลอง เพื่อนำไปเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบด้วยหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งต่อไป

1.1 Generic ASCII Input Format

The input file should start with a file header consisting of 5 lines:

```

Name
  [string]

Model_Type, Interpolation_Method, Coord_Type
  Type: 0=Cart, 1=Geod, 2=Grid; 3=Ellipsoidal
  Interpol Type: 0, 1, 2, ... (as in CSC):
    0=bilinear (2 values)
    1=bilinear (3 values)
    2=spline (2 values)
    3=bi-quadratic (2 values)
  Coord Type: 0, 1, 2 (as in CSC):
    0=Grid, 1=Geodetic Local, 2=Geodetic WGS

Corner_Point_Start, Reading_Direction, #of_NS_values, #of_EW_values
  Start Point:: 1(=SW), 2(=NW), 3(=NE), 4(=SE);
  Reading Direction: 1(=NS or SN), 2(=EW or WE);
  # of values: integer

Start_Corner_Point(East/Lon), Start_Corner_Point(North/Lat), Spacing_NS, Spacing_EW
  units: [m] / [arc sec], both real

#of_Grids, "Invalid" value (optional)
  # of grids (including the main grid): integer
  Value to mark invalid data points (no interpolation, not used for base value calculation)

```

The file body contains the values separated by a semicolon. Each grid node is in one line. In case of Model_type = 0 this is 3 values in [m], order is dX, dY, dZ
 = 1 this is 2 values in [arcsec], order is dLat, dLon
 = 2 this is 2 values in [m], order is dN, dE
 = 3 this is 2 values in [arcsec], order is dLat, dLon

รูปที่ 43 แสดงรูปแบบของ CSCS Model ประเภทไฟล์ Generic ASCII

(LEICA Geosystems AG, 2014)

3.10 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ

การเปรียบเทียบความถูกต้องค่าพิกัดทางราบในระบบพิกัด UTM ระหว่างค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ที่ได้จากหัวข้อ 3.4.2 กับค่าพิกัดบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ที่ได้จากหัวข้อ 3.4.2 มาแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบแบบต่าง ๆ โดยการคำนวณหาค่าต่างทางทิศตะวันออก (ΔE) และทางทิศเหนือ (ΔN) แล้วคำนวณความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ค่าพิกัดหมุดร่วมและหมุดทดสอบบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008

การประมวลผลค่าพิกัดได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 ซึ่งสามารถประมวลผลเส้นฐาน (Baseline Processing) และคำนวณปรับแก้โครงข่าย (Network Adjustment) ของข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ซึ่งได้ผลลัพธ์การประมวลผลค่าพิกัดดังนี้

4.1.1 ค่าพิกัดหมุดร่วม 214 สถานี

จากการประมวลผลค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดิน 134 สถานี และกรมแผนที่ทหาร 80 สถานี ด้วยการประมวลผลเส้นฐานแสดงผลเป็น Fixed Solution มีความคลาดเคลื่อนตามระยะเส้นฐานไม่เกิน 1.0 ppm. (1:1,000,000) และสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนในการประมวลผลเส้นฐานซึ่งดีที่สุดเป็นลำดับที่สองกับลำดับที่หนึ่ง (Ratio) ไม่น้อยกว่า 1.5 โดยการคำนวณปรับแก้โครงข่ายมีค่า Variance factor น้อยกว่า 1.5 และเข้าใกล้เคียง 1 และผ่านเกณฑ์การทดสอบ F-test, Chi-square test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมแผนที่ทหาร 80 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
1	AKSN	16° 47' 52.19867" N	104° 02' 41.06650" E	172.3120	0.0186	0.0359
2	APKN	11° 25' 53.52647" N	99° 33' 20.58937" E	-3.1895	0.0152	0.0286
3	ARNG	9° 51' 05.92657" N	98° 37' 10.35152" E	-5.0237	0.0158	0.0295
4	ATRG	7° 26' 11.51400" N	99° 30' 10.78519" E	-10.3494	0.0155	0.0281
5	AUTT	17° 46' 10.64442" N	100° 43' 31.77217" E	142.2666	0.0186	0.0371
6	CKRI	14° 21' 12.22637" N	98° 57' 25.53343" E	213.1174	0.0171	0.0335
7	CTAK	17° 13' 36.50954" N	99° 03' 53.74338" E	113.0501	0.0157	0.0311
8	DACR	15° 56' 40.14796" N	104° 37' 56.15027" E	151.6903	0.0167	0.0327
9	DBRM	14° 33' 16.46080" N	102° 55' 54.65820" E	183.9336	0.0142	0.0271
10	DCMI	19° 24' 50.09228" N	98° 57' 55.62514" E	408.2841	0.0213	0.0423
11	DCRI	20° 06' 27.63799" N	99° 52' 54.09311" E	435.4268	0.0219	0.0442

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
12	DLEI	17° 25' 15.33872" N	101° 55' 57.42039" E	280.9224	0.0171	0.0332
13	DMSN	18° 03' 13.04447" N	97° 55' 56.07691" E	156.0193	0.0249	0.0507
14	DNAN	19° 06' 00.62579" N	100° 56' 58.79759" E	324.9216	0.0205	0.0413
15	DNPM	16° 57' 18.50476" N	104° 27' 04.55694" E	132.4619	0.0154	0.0294
16	DPLK	16° 50' 25.29309" N	100° 15' 25.66866" E	15.3336	0.0198	0.0384
17	DPNB	16° 26' 21.92782" N	101° 08' 46.74685" E	95.8128	0.0196	0.0388
18	DSNI	8° 59' 13.06561" N	99° 19' 24.16734" E	-5.7171	0.0152	0.0278
19	DSNK	17° 18' 18.44927" N	103° 50' 21.36705" E	154.4962	0.0207	0.0406
20	DSSK	15° 10' 35.32503" N	104° 09' 23.00115" E	133.5690	0.0177	0.0340
21	DUDN	16° 58' 23.41886" N	103° 16' 09.97172" E	154.6362	0.0179	0.0359
22	DUTI	15° 14' 45.19055" N	99° 34' 39.15650" E	107.0774	0.0184	0.0357
23	DYLA	6° 27' 34.35955" N	101° 04' 47.32479" E	56.7034	0.0119	0.0217
24	ECMI	18° 28' 25.26725" N	98° 47' 20.75265" E	261.3977	0.0162	0.0322
25	ENMA	14° 35' 49.59297" N	102° 00' 08.00185" E	204.3470	0.0189	0.0365
26	LCNT	14° 58' 45.17000" N	100° 00' 21.38622" E	-10.1370	0.0151	0.0291
27	LCPM	15° 33' 31.88615" N	101° 50' 30.17952" E	168.6319	0.0139	0.0269
28	LKPT	16° 33' 07.90237" N	99° 30' 44.58305" E	73.3610	0.0210	0.0410
29	LKRI	14° 18' 25.63830" N	99° 30' 34.35875" E	53.3488	0.0151	0.0292
30	LLEI	16° 53' 04.68456" N	101° 53' 07.75996" E	235.6899	0.0198	0.0390
31	LLPG	18° 45' 22.98609" N	99° 58' 42.30700" E	251.1437	0.0215	0.0422
32	LLPN	17° 48' 06.75186" N	98° 57' 01.76209" E	419.8351	0.0192	0.0390
33	LLRI	15° 05' 23.00831" N	100° 42' 54.89941" E	4.4624	0.0174	0.0330
34	LMDH	16° 32' 49.25995" N	104° 43' 34.95114" E	119.6497	0.0183	0.0366
35	LNAN	18° 34' 16.92813" N	100° 45' 03.75810" E	162.2444	0.0187	0.0365
36	LNBP	17° 13' 26.24269" N	102° 25' 28.63050" E	208.3719	0.0181	0.0358
37	LNKI	17° 52' 46.91915" N	102° 44' 29.39777" E	144.3227	0.0217	0.0431
38	LNMA	15° 20' 53.99682" N	102° 44' 29.79373" E	121.4250	0.0164	0.0319
39	LNSN	15° 17' 57.91359" N	100° 24' 09.28194" E	52.6618	0.0186	0.0354
40	LPBI	12° 43' 22.24753" N	99° 57' 11.80359" E	-13.4179	0.0169	0.0327
41	LPCT	16° 30' 30.98018" N	100° 12' 15.55381" E	9.5372	0.0192	0.0382
42	LPLK	17° 06' 29.98161" N	100° 49' 35.21017" E	182.9715	0.0177	0.0347
43	LPRE	18° 04' 31.09251" N	99° 49' 54.98358" E	109.7635	0.0148	0.0299

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
44	LSN1	9° 28' 20.49184" N	99° 57' 33.11269" E	7.1847	0.0205	0.0385
45	LSN2	8° 54' 00.03000" N	98° 53' 03.47102" E	28.8745	0.0145	0.0264
46	LSNK	17° 35' 43.24518" N	103° 58' 24.55670" E	130.7209	0.0170	0.0335
47	LSRN	14° 38' 11.53791" N	103° 51' 11.71874" E	143.1073	0.0180	0.0342
48	LSSK	14° 38' 26.23567" N	104° 38' 59.28275" E	138.1144	0.0209	0.0397
49	LTRG	7° 47' 18.96983" N	99° 38' 06.19726" E	38.8976	0.0155	0.0284
50	LTRT	12° 14' 00.20585" N	102° 31' 37.68750" E	-9.9600	0.0197	0.0382
51	LYST	15° 48' 10.88983" N	104° 08' 23.65304" E	107.8865	0.0163	0.0322
52	MKRI	14° 36' 25.54861" N	99° 46' 20.60904" E	8.9075	0.0180	0.0353
53	MNSN	15° 36' 01.59927" N	100° 39' 24.70428" E	36.0010	0.0173	0.0330
54	MRBR	13° 33' 37.68763" N	99° 50' 26.06530" E	-22.7040	0.0141	0.0271
55	NKBI	7° 56' 07.95503" N	99° 08' 43.71619" E	-9.8164	0.0120	0.0219
56	PCCO	13° 26' 42.30183" N	101° 36' 37.60576" E	48.6519	0.0154	0.0302
57	PCPM	16° 04' 57.49603" N	101° 48' 10.23192" E	229.7238	0.0231	0.0458
58	PCRI	19° 39' 21.96233" N	99° 32' 34.73580" E	420.9372	0.0175	0.0351
59	PNST	8° 25' 12.23444" N	99° 23' 42.59958" E	36.1530	0.0108	0.0200
60	SBKK	13° 47' 34.60238" N	100° 35' 47.36804" E	0.3502	0.0169	0.0323
61	TCP1	10° 48' 10.39854" N	99° 10' 12.81212" E	30.7955	0.0161	0.0307
62	TCP2	10° 04' 11.35955" N	99° 03' 31.31083" E	4.2828	0.0174	0.0337
63	TCTI	12° 44' 07.72750" N	101° 50' 00.38738" E	15.4962	0.0187	0.0381
64	TKK1	16° 50' 18.43867" N	102° 54' 45.71822" E	381.1982	0.0194	0.0384
65	TKK2	15° 53' 42.45189" N	102° 38' 55.85366" E	195.9440	0.0163	0.0312
66	TKRI	14° 06' 18.74846" N	99° 25' 46.28649" E	25.0624	0.0178	0.0343
67	TNPM	17° 20' 03.65375" N	104° 34' 42.01391" E	150.9582	0.0235	0.0467
68	TNPT	14° 05' 16.86797" N	99° 56' 23.70935" E	-20.2541	0.0143	0.0275
69	TNSN	15° 52' 48.74978" N	100° 24' 41.81036" E	1.0830	0.0179	0.0348
70	TNST	8° 29' 21.21854" N	99° 57' 22.45871" E	-11.4685	0.0222	0.0402
71	TPK1	12° 24' 56.91196" N	99° 53' 10.12787" E	-5.8959	0.0213	0.0409
72	TPK2	10° 59' 14.16764" N	99° 22' 06.33385" E	134.8841	0.0136	0.0262
73	TPKT	8° 08' 04.38521" N	98° 19' 49.69223" E	218.3263	0.0162	0.0308
74	TPRI	13° 56' 39.76594" N	101° 42' 44.20421" E	-4.5180	0.0197	0.0406
75	TSKA	6° 55' 43.47799" N	100° 24' 22.28313" E	4.7445	0.0111	0.0205

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
76	TSKW	13° 41' 41.79948" N	102° 29' 32.70231" E	24.1548	0.0208	0.0396
77	TSRI	14° 39' 06.78110" N	101° 09' 18.40365" E	474.2152	0.0250	0.0512
78	TSSK	15° 06' 18.29788" N	104° 34' 08.34487" E	117.8951	0.0158	0.0309
79	TUBN	15° 11' 34.74034" N	104° 53' 01.38908" E	115.4481	0.0164	0.0323
80	TUTT	17° 39' 46.92405" N	100° 07' 29.76954" E	51.5427	0.0187	0.0379
				ค่าต่ำสุด	0.0108	0.0200
				ค่าสูงสุด	0.0250	0.0512
				ค่าเฉลี่ย	0.0177	0.0345

ตารางที่ 5 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมที่ดิน 134 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
1	AMKO	17° 48' 02.29777" N	98° 21' 29.88559" E	785.0302	0.0067	0.0139
2	AUPG	16° 00' 58.20110" N	98° 51' 45.37411" E	428.7844	0.0095	0.0186
3	AWLK	8° 22' 38.04170" N	98° 43' 18.14045" E	-7.2079	0.0047	0.0088
4	AYYA	14° 21' 51.51864" N	100° 34' 36.35344" E	-14.5966	0.0044	0.0086
5	BDNG	17° 42' 02.97397" N	103° 15' 32.64506" E	147.7632	0.0059	0.0119
6	BGKN	18° 21' 33.16099" N	103° 39' 18.96217" E	131.7045	0.0103	0.0204
7	BGSP	11° 15' 35.38162" N	99° 26' 15.30846" E	7.1127	0.0046	0.0088
8	BKOK	18° 01' 29.97543" N	101° 04' 04.29109" E	402.3560	0.0072	0.0142
9	BLAN	13° 59' 17.32224" N	100° 09' 58.70309" E	-17.9080	0.0043	0.0083
10	BLMG	12° 54' 48.56308" N	100° 52' 56.89637" E	-12.4930	0.0068	0.0130
11	BNMG	17° 51' 02.02394" N	103° 34' 09.73200" E	134.5806	0.0070	0.0139
12	BNNR	15° 29' 59.40449" N	101° 41' 12.11038" E	186.5992	0.0049	0.0096
13	BNPE	17° 41' 18.06548" N	102° 28' 27.35121" E	158.6909	0.0081	0.0162
14	BNPG	17° 58' 02.27057" N	104° 12' 53.32732" E	127.4158	0.0085	0.0172
15	BNST	6° 15' 41.10743" N	101° 15' 18.41322" E	46.8579	0.0054	0.0098
16	BOBR	16° 02' 20.15500" N	103° 07' 06.76988" E	151.2608	0.0078	0.0152
17	BOKO	19° 08' 56.38836" N	101° 09' 26.51977" E	709.9285	0.0073	0.0147
18	BORI	12° 34' 50.97015" N	102° 32' 28.14696" E	11.0335	0.0067	0.0134

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
19	BPLE	13° 35' 31.28892" N	100° 49' 55.63126" E	-18.3969	0.0050	0.0097
20	BRAI	15° 05' 01.42706" N	99° 31' 18.79015" E	125.3435	0.0057	0.0111
21	BTAK	17° 03' 02.19283" N	99° 04' 26.31200" E	93.4262	0.0077	0.0150
22	BTHG	14° 45' 23.86533" N	105° 24' 40.61259" E	139.4838	0.0074	0.0148
23	BTNG	5° 47' 18.96896" N	101° 04' 23.81015" E	288.9649	0.0066	0.0120
24	BUYI	15° 34' 57.32149" N	102° 25' 19.47363" E	143.8048	0.0059	0.0114
25	CHDN	15° 10' 57.27016" N	101° 06' 33.96428" E	25.7481	0.0057	0.0110
26	CHKG	20° 12' 59.76825" N	100° 24' 13.35105" E	327.7441	0.0083	0.0168
27	CHKN	17° 53' 52.98113" N	101° 39' 52.07826" E	191.4606	0.0075	0.0147
28	CHPM	15° 48' 19.82349" N	102° 01' 51.69359" E	158.9021	0.0072	0.0139
29	CHTK	17° 16' 35.16294" N	100° 35' 58.50755" E	174.7647	0.0068	0.0135
30	CHYA	9° 24' 32.70967" N	99° 09' 56.18371" E	-1.6664	0.0050	0.0094
31	CLPK	19° 34' 46.20692" N	101° 04' 51.00738" E	473.1432	0.0094	0.0190
32	CMPN	10° 29' 28.17937" N	99° 07' 34.87233" E	-9.9363	0.0053	0.0102
33	DKTN	15° 12' 32.50813" N	101° 45' 57.14726" E	193.3371	0.0056	0.0108
34	DSAI	17° 16' 47.98880" N	101° 08' 49.33122" E	331.0737	0.0064	0.0125
35	DUDM	14° 54' 36.39413" N	105° 04' 10.86314" E	116.0988	0.0058	0.0116
36	HACH	18° 19' 38.65084" N	99° 20' 49.21427" E	249.4412	0.0070	0.0137
37	JAHM	18° 42' 26.19433" N	99° 33' 21.11528" E	274.9181	0.0071	0.0142
38	JKRT	15° 00' 49.87320" N	102° 24' 47.05939" E	149.3845	0.0049	0.0094
39	KBCG	14° 28' 28.42575" N	103° 35' 40.09288" E	181.7131	0.0063	0.0123
40	KHJM	15° 19' 06.77048" N	105° 29' 42.95536" E	94.2319	0.0073	0.0146
41	KHMR	16° 02' 30.91421" N	105° 13' 36.31406" E	118.7517	0.0065	0.0129
42	KKJN	12° 54' 28.05479" N	99° 38' 54.05758" E	48.4729	0.0053	0.0104
43	KKOI	14° 35' 10.99803" N	100° 59' 53.99482" E	-0.9013	0.0058	0.0114
44	KKOR	16° 37' 40.56833" N	100° 59' 44.24832" E	910.9634	0.0064	0.0127
45	KLKG	16° 12' 47.93344" N	99° 42' 40.62357" E	34.2758	0.0077	0.0150
46	KLNG	12° 46' 51.01950" N	101° 41' 17.41878" E	-11.0898	0.0064	0.0124
47	KMCE	16° 34' 37.79490" N	104° 25' 06.45081" E	159.6568	0.0054	0.0106
48	KNKN	16° 26' 27.42418" N	102° 50' 16.60935" E	138.5911	0.0073	0.0141
49	KNSN	16° 25' 17.75526" N	103° 30' 49.50742" E	128.6766	0.0063	0.0122
50	KNSW	15° 55' 54.41768" N	102° 16' 50.45667" E	158.8839	0.0060	0.0116

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
51	KNYM	18° 50' 23.13038" N	97° 57' 07.74438" E	590.4271	0.0088	0.0176
52	KOGD	11° 39' 29.02862" N	102° 32' 31.34307" E	35.9826	0.0115	0.0217
53	KORN	14° 31' 24.00763" N	102° 14' 56.85187" E	190.5722	0.0052	0.0101
54	KPNG	9° 43' 13.69781" N	99° 59' 43.52774" E	-11.9904	0.0083	0.0156
55	KSKS	15° 19' 46.52807" N	102° 10' 16.89031" E	160.6746	0.0061	0.0118
56	KSSB	16° 16' 50.22037" N	101° 57' 13.42239" E	206.2314	0.0067	0.0131
57	KSW5	15° 39' 22.00487" N	103° 34' 45.88784" E	115.3252	0.0057	0.0112
58	KTBN	13° 37' 24.26322" N	100° 17' 49.46237" E	-19.3158	0.0050	0.0094
59	KUKN	14° 42' 49.41218" N	104° 11' 56.63064" E	137.5981	0.0053	0.0100
60	LAGU	6° 53' 04.17080" N	99° 47' 15.84840" E	-7.2965	0.0068	0.0126
61	LGNT	16° 12' 25.70971" N	104° 33' 18.45090" E	142.7021	0.0064	0.0126
62	LMHP	12° 10' 20.70480" N	102° 23' 40.58775" E	-14.0866	0.0075	0.0152
63	LOMS	16° 45' 22.81308" N	101° 12' 06.82335" E	137.8877	0.0064	0.0127
64	LPMA	15° 01' 30.41052" N	102° 50' 21.02581" E	144.9812	0.0060	0.0115
65	MEJM	18° 29' 57.44896" N	98° 21' 42.43214" E	437.9351	0.0072	0.0146
66	MHGS	19° 17' 25.69792" N	97° 57' 51.09332" E	203.4852	0.0100	0.0204
67	MSAI	20° 25' 39.67259" N	99° 53' 00.75541" E	377.9290	0.0085	0.0171
68	MSOD	16° 42' 42.90404" N	98° 34' 22.63640" E	180.7584	0.0090	0.0174
69	MSSB	15° 30' 36.60145" N	104° 43' 37.20995" E	117.3983	0.0059	0.0116
70	MWOG	15° 46' 52.76310" N	99° 31' 07.91013" E	97.4783	0.0088	0.0171
71	NAMY	14° 29' 20.77831" N	105° 00' 00.01454" E	169.8740	0.0082	0.0160
72	NANO	18° 19' 38.51005" N	100° 42' 37.17204" E	248.7487	0.0064	0.0126
73	NDDG	14° 18' 58.13614" N	102° 44' 36.27644" E	231.2497	0.0054	0.0104
74	NROA	16° 29' 33.52167" N	102° 25' 58.09046" E	172.7293	0.0076	0.0146
75	NRTW	6° 25' 44.77763" N	101° 49' 24.30537" E	4.4645	0.0079	0.0143
76	NSHO	15° 43' 59.71492" N	102° 47' 45.32044" E	145.6798	0.0064	0.0123
77	OKRK	14° 06' 40.89192" N	100° 58' 43.64644" E	-15.4213	0.0046	0.0089
78	PBHN	15° 14' 42.35465" N	105° 13' 48.32556" E	108.9376	0.0057	0.0112
79	PDCP	15° 54' 16.92669" N	101° 25' 18.08265" E	249.1956	0.0063	0.0125
80	PKET	7° 53' 22.66116" N	98° 23' 39.82772" E	0.1279	0.0057	0.0107
81	PKKT	13° 54' 44.91291" N	100° 32' 24.26746" E	13.3421	0.0063	0.0120
82	PKNK	8° 20' 16.16346" N	100° 12' 31.97913" E	-11.7667	0.0054	0.0101

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
83	PLDG	12° 58' 18.53970" N	101° 12' 54.57558" E	37.3590	0.0067	0.0129
84	PNNK	13° 27' 57.01171" N	101° 11' 00.04190" E	-12.3259	0.0061	0.0118
85	PNPS	18° 02' 09.63754" N	103° 04' 56.94215" E	141.1711	0.0071	0.0142
86	PNTG	16° 19' 01.79300" N	103° 59' 00.04039" E	143.3116	0.0061	0.0120
87	PONG	19° 08' 59.96816" N	100° 16' 30.70886" E	264.9718	0.0065	0.0128
88	PPRM	17° 02' 01.21956" N	100° 12' 05.76701" E	20.3912	0.0060	0.0119
89	PTBR	13° 06' 32.91821" N	99° 56' 39.53747" E	-16.1324	0.0054	0.0104
90	PTLG	7° 36' 56.11084" N	100° 04' 17.49544" E	-2.6189	0.0045	0.0082
91	PYAO	19° 11' 31.62347" N	99° 52' 49.83474" E	378.6200	0.0069	0.0135
92	RAND	7° 46' 03.44373" N	100° 19' 27.77739" E	-4.0700	0.0055	0.0102
93	RATP	7° 08' 04.40150" N	100° 15' 22.08508" E	17.1333	0.0043	0.0080
94	RAYG	12° 40' 08.55777" N	101° 16' 25.28227" E	-13.4264	0.0071	0.0137
95	SADO	6° 43' 50.29014" N	100° 26' 56.74347" E	24.4298	0.0043	0.0079
96	SAKW	13° 48' 21.63534" N	102° 05' 48.69896" E	25.7031	0.0055	0.0108
97	SAMG	18° 50' 53.25913" N	98° 43' 56.42972" E	470.3779	0.0068	0.0138
98	SATN	6° 37' 28.90195" N	100° 03' 58.07973" E	-4.8502	0.0056	0.0104
99	SBRI	6° 42' 16.29538" N	101° 37' 05.34748" E	1.5472	0.0061	0.0111
100	SCHP	16° 48' 04.27590" N	102° 11' 13.68247" E	179.2766	0.0074	0.0147
101	SDAN	16° 11' 20.92353" N	100° 51' 33.40945" E	75.1404	0.0064	0.0125
102	SDAO	13° 08' 13.30474" N	102° 13' 06.13711" E	233.8274	0.0085	0.0164
103	SGNN	14° 53' 33.15494" N	101° 43' 22.14753" E	212.1668	0.0056	0.0108
104	SICN	9° 00' 25.80869" N	99° 54' 04.49916" E	-9.8003	0.0049	0.0092
105	SISA	17° 31' 03.10890" N	99° 45' 37.61941" E	41.0969	0.0085	0.0173
106	SKBR	15° 09' 18.02794" N	98° 27' 12.10219" E	173.6862	0.0084	0.0163
107	SKNK	17° 09' 18.72908" N	104° 08' 01.34074" E	155.0021	0.0076	0.0147
108	SKOM	18° 03' 49.23712" N	102° 16' 19.11803" E	151.0727	0.0066	0.0131
109	SKPM	14° 56' 45.13806" N	103° 47' 30.29373" E	119.9171	0.0052	0.0100
110	SKTH	17° 00' 18.65748" N	99° 49' 38.15319" E	23.0898	0.0063	0.0122
111	SMNM	18° 03' 54.71880" N	99° 14' 43.90812" E	212.9235	0.0064	0.0126
112	SNCK	13° 39' 30.88335" N	101° 26' 23.13770" E	-7.1831	0.0068	0.0134
113	SPDI	6° 05' 05.41069" N	101° 52' 38.75699" E	21.2215	0.0076	0.0137
114	SPUG	13° 32' 50.43295" N	99° 26' 26.75991" E	100.7039	0.0067	0.0131

ลำดับ	สถานี	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ความสูงเหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
					ทางราบ [ม.]	ทางตั้ง [ม.]
115	STHP	12° 39' 46.15447" N	100° 54' 14.63539" E	-17.2873	0.0076	0.0145
116	STUK	15° 17' 52.44082" N	103° 17' 32.49796" E	113.9705	0.0054	0.0104
117	SURN	14° 52' 46.69531" N	103° 29' 15.13453" E	129.0037	0.0051	0.0099
118	TAPY	14° 00' 22.35285" N	102° 48' 21.29372" E	58.2578	0.0080	0.0152
119	TEPA	6° 49' 47.37481" N	100° 57' 52.20415" E	-2.3793	0.0040	0.0074
120	TGSG	8° 07' 46.10994" N	99° 40' 16.63881" E	42.6201	0.0041	0.0075
121	THKP	8° 52' 14.58645" N	98° 20' 39.92365" E	-14.0603	0.0068	0.0127
122	THPP	14° 44' 41.53923" N	98° 37' 27.11081" E	118.6493	0.0082	0.0160
123	THSY	17° 13' 36.16511" N	98° 13' 32.98067" E	99.7526	0.0085	0.0175
124	TKPP	15° 36' 19.09473" N	105° 02' 10.15675" E	126.4079	0.0056	0.0110
125	TPHN	16° 13' 07.85894" N	100° 25' 42.78475" E	10.0320	0.0073	0.0142
126	TPNM	16° 56' 12.88268" N	104° 42' 34.02728" E	125.6742	0.0062	0.0118
127	UTHI	15° 21' 38.97543" N	100° 00' 31.20068" E	0.5110	0.0066	0.0127
128	UTOG	14° 22' 38.17328" N	99° 53' 35.10316" E	-13.9007	0.0054	0.0104
129	VCBR	15° 39' 26.54781" N	101° 06' 24.54052" E	46.1491	0.0073	0.0142
130	WGNC	17° 53' 59.41075" N	99° 36' 10.84431" E	72.7547	0.0060	0.0121
131	WHAG	19° 33' 41.59474" N	98° 38' 13.16574" E	705.6412	0.0076	0.0153
132	WNKH	14° 25' 01.23139" N	101° 51' 01.01801" E	400.5908	0.0057	0.0109
133	WNNW	17° 37' 54.17909" N	103° 45' 07.04633" E	142.6751	0.0057	0.0112
134	WSPG	17° 18' 02.82082" N	101° 46' 07.18352" E	228.9413	0.0062	0.0121
				ค่าต่ำสุด	0.0040	0.0074
				ค่าสูงสุด	0.0115	0.0217
				ค่าเฉลี่ย	0.0066	0.0128

4.1.2 ค่าพิกัดหมุดร่วม 15 สถานี

จากการประมวลผลค่าพิกัดสถานีอ้างอิงถาวรของกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี ด้วยการโยงยึดค่าพิกัดของสถานีอ้างอิงถาวรในโครงข่ายหมุดร่วม 214 สถานีที่มีระยะเส้นฐานใกล้ที่สุดจำนวน 2 สถานีที่การประมวลผลเส้นฐานแสดงผลเป็น Fixed Solution ซึ่งเส้นฐานมีระยะอยู่ที่ประมาณ 5 - 68 กม. โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะเส้นฐานอยู่ที่ประมาณ 35 กม.

ตารางที่ 6 สถานีในโครงข่ายหมุดรวม 214 สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานทั้งสองให้กับ สถานีอ้างอิงถาวรของกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานี

ลำดับ	สถานีอ้างอิงถาวร กรมโยธาธิการและผังเมือง	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
1	CHAN	TCTI	32.333
		BORI	47.784
2	CHMA	ECMI	44.342
		JAHM	63.381
3	CNBR	PNNK	21.170
		BPLE	27.289
4	DPT9	SBKK	4.728
		PKKT	17.594
5	LPBR	LLRI	32.691
		KKOI	44.280
6	NKNY	OKRK	26.568
		KKOI	46.889
7	NKRM	JKRT	30.601
		KSKS	37.617
8	NKSW	TNSN	38.160
		UTHI	38.208
9	PJRK	APKN	49.561
		TPK1	67.548
10	SISK	DSSK	15.418
		TSSK	30.479
11	SOKA	TSKA	37.218
		RATP	38.391
12	SPBR	UTOG	30.020
		MKRI	39.816
13	SRTN	DSNI	16.090
		CHYA	35.628
14	UDON	LNBP	43.238
		BNPE	44.600

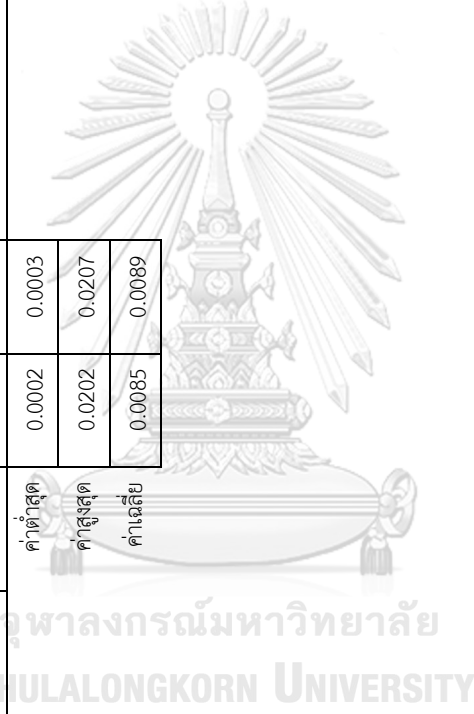
ลำดับ	สถานีอ้างอิงถาวร กรมโยธาธิการและผังเมือง	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
15	UTTD	TUTT	4.743
		SISA	37.772
		ค่าต่ำสุด	4.728
		ค่าสูงสุด	67.548
		ค่าเฉลี่ย	34.805



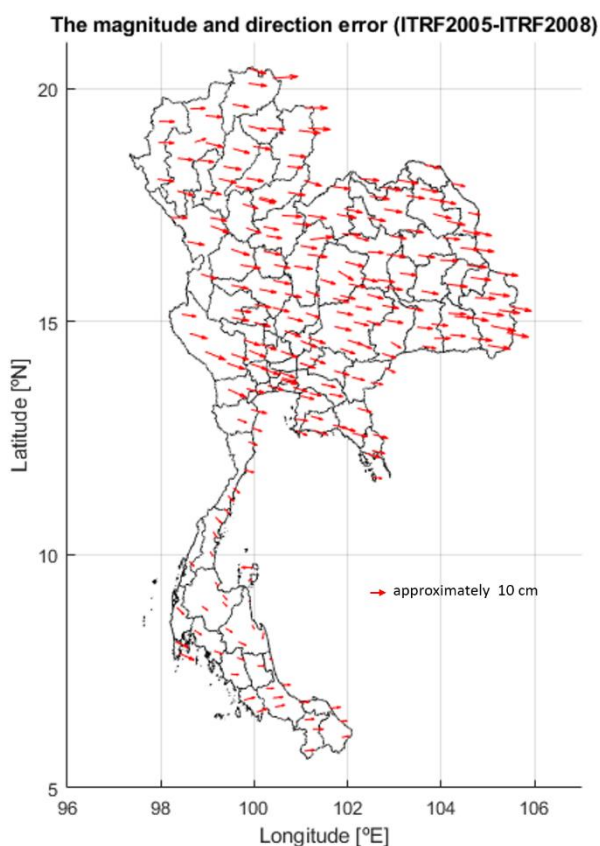
ตารางที่ 7 ค่าพิกัดสถานีอ้างอิงดาวของกรมโยธาธิการและผังเมือง 15 สถานีบนพื้นหลักฐานท้องถิ่น

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11					ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10				
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ทางราบ	ทางตั้ง	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]
1	CHAN	12° 36' 37.11111" N	102° 06' 08.68722" E	6.5943	0.0002	0.0003	12° 36' 37.10999" N	102° 06' 08.69162" E	7.7790	0.0014	0.0167
2	CHMA	18° 50' 06.98652" N	98° 58' 11.85367" E	294.8162	0.0134	0.0029	18° 50' 06.98517" N	98° 58' 11.85876" E	295.8709	0.0125	0.0494
3	CNBR	13° 24' 21.66060" N	100° 59' 51.55328" E	-8.5179	0.0121	0.0026	13° 24' 21.65960" N	100° 59' 51.55716" E	-7.6034	0.0013	0.0028
4	DPT9	13° 45' 24.40633" N	100° 34' 23.52498" E	37.0522	0.0029	0.0071	13° 45' 24.40490" N	100° 34' 23.52955" E	37.9644	0.0004	0.0073
5	LPBR	14° 48' 03.26122" N	100° 39' 04.49543" E	8.8548	0.0202	0.0127	14° 48' 03.25950" N	100° 39' 04.50018" E	9.7135	0.0014	0.0277
6	NKNY	14° 12' 43.44941" N	101° 12' 07.90029" E	-14.6778	0.0055	0.0070	14° 12' 43.44782" N	101° 12' 07.90477" E	-13.7978	0.0075	0.0134
7	NKRM	14° 59' 31.49562" N	102° 07' 45.94288" E	151.5846	0.0091	0.0174	14° 59' 31.49453" N	102° 07' 45.94733" E	152.4577	0.0112	0.0242
8	NKSW	15° 41' 26.28661" N	100° 06' 50.81205" E	20.2928	0.0062	0.0121	15° 41' 26.28568" N	100° 06' 50.81704" E	21.1676	0.0064	0.0038
9	PJRK	11° 48' 41.82648" N	99° 47' 46.85195" E	-12.8617	0.0004	0.0007	11° 48' 41.82584" N	99° 47' 46.85474" E	-11.9428	0.0086	0.0175
10	SISK	15° 06' 58.03344" N	104° 17' 08.44827" E	103.9332	0.0139	0.0168	15° 06' 58.03287" N	104° 17' 08.45378" E	104.9350	0.0096	0.0009
11	SOKA	7° 12' 24.08260" N	100° 35' 46.03334" E	17.8110	0.0114	0.0207	7° 12' 24.08264" N	100° 35' 46.03587" E	18.7560	0.0023	0.0068
12	SPBR	14° 31' 07.94337" N	100° 07' 50.09431" E	-14.2070	0.0098	0.0125	14° 31' 07.94160" N	100° 07' 50.09906" E	-13.3037	0.0027	0.0116
13	SRTN	9° 07' 56.00020" N	99° 19' 52.89474" E	9.0319	0.0002	0.0003	9° 07' 55.99880" N	99° 19' 52.89601" E	9.8402	0.0030	0.0144

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10				
		ละติจูด [° '"]	ลองจิจูด [° '"]	ความสูง เหนือทรีนรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° '"]	ลองจิจูด [° '"]	ความสูง เหนือทรีนรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	
14	UDON	17° 24' 45.82960" N	102° 46' 50.55029" E	149.0765	0.0114	0.0097	0.0032	0.0098	0.0032	0.0098
15	UTTD	17° 37' 48.33201" N	100° 05' 46.84694" E	50.1450	0.0115	0.0100	0.0066	0.0179	0.0066	0.0179
				ค่าต่ำสุด	0.0002	0.0003	ค่าต่ำสุด	0.0004	0.0004	0.0009
				ค่าสูงสุด	0.0202	0.0207	ค่าสูงสุด	0.0125	0.0125	0.0494
				ค่าเฉลี่ย	0.0085	0.0089	ค่าเฉลี่ย	0.0052	0.0052	0.0149



เมื่อประมวลผลค่าพิกัดของหมุดรวม 229 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ตามลำดับแล้ว จะพบว่ามีความแตกต่างของค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐานทั้งสอง โดยมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบจาก ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ซึ่งมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้เฉลี่ยอยู่ที่ 13.6 ซม. และมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบสูงที่สุดอยู่ที่ 22.1 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 44



รูปที่ 44 แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบของโครงข่ายหมุดรวม 229 สถานี

4.1.3 ค่าพิกัดหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง

จากการประมวลผลค่าพิกัดหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง ด้วยการโยงยึดค่าพิกัดของสถานีอ้างอิงถาวรในโครงข่ายหมุดรวม 229 สถานีที่มีระยะเส้นฐานไกลที่สุดจำนวน 2 สถานีที่การประมวลผลเส้นฐานแสดงผลเป็น Fixed Solution ซึ่งเส้นฐานมีระยะอยู่ที่ประมาณ 9 - 72 กม. โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะเส้นฐานอยู่ที่ประมาณ 38 กม.

ตารางที่ 8 สถานีในโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิคตบนพื้นหลักฐานทั้งสองให้กับหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง

ลำดับ	หมุดทดสอบ	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิคต	ระยะเสี้ยนฐาน [กม.]
1	CPRF0101	RAND	28.092
		PTLG	38.039
2	CPRF0103	PTLG	26.925
		RATP	44.845
3	CPRF0105	RATP	63.071
		PTLG	64.993
4	CPRF0115	TEPA	33.168
		BNST	41.722
5	CPRF0116	SBRI	39.905
		NRTW	51.897
6	CPRF0117	BNST	30.935
		NRTW	35.233
7	CPRF0118	NRTW	18.193
		SPDI	28.707
8	CPRF0121	SPDI	33.663
		BNST	42.321
9	CPRF0203	PKNK	29.664
		PTLG	51.889
10	CPRF0204	RAND	11.613
		PKNK	53.930
11	CPRF0208	AWLK	39.409
		DSNI	55.148
12	CPRF0211	DSNI	51.013
		THKP	57.436
13	CPRF0232	AWLK	52.771
		PKET	60.222
14	CPRF0304	PTBR	26.853
		KKJN	27.795
15	CPRF0305	KKJN	18.431
		PTBR	24.841

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
16	CPRF0306	PTBR	16.387
		KKJN	49.410
17	CPRF0307	TPK1	24.660
		KKJN	37.922
18	CPRF0314	BGSP	33.634
		CMPN	59.322
19	CPRF0315	CMPN	29.946
		BGSP	61.823
20	CPRF0316	CMPN	32.348
		BGSP	64.327
21	CPRF0326	CHYA	26.294
		SICN	69.430
22	CPRF0330	TCP2	41.118
		CMPN	61.812
23	CPRF0332	SPUG	28.494
		BLAN	70.593
24	CPRF0333	BLAN	36.600
		SPUG	55.988
25	CPRF0408	CKRI	24.607
		THPP	66.710
26	CPRF0409	PKKT	18.887
		OKRK	60.370
27	CPRF0417	AYYA	25.924
		KKOI	49.165
28	CPRF0418	KKOI	25.716
		AYYA	29.245
29	CPRF0426	UTHI	27.777
		BRAI	37.944
30	CPRF0434	UTOG	39.960
		BRAI	52.400
31	CPRF0507	SNCK	27.743
		OKRK	42.981

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
32	CPRF0508	OKRK	18.260
		SNCK	52.723
33	CPRF0511	SNCK	31.089
		WNKH	63.948
34	CPRF0518	SAKW	19.630
		SDAO	60.322
35	CPRF0521	BORI	39.209
		KLNG	60.704
36	CPRF0522	KLNG	42.394
		BORI	55.661
37	CPRF0524	LMHP	20.187
		BORI	28.825
38	CPRF0526	LMHP	22.685
		BORI	28.669
39	CPRF0532	RAYG	13.867
		KLNG	40.891
40	CPRF0601	KKOI	23.682
		OKRK	34.314
41	CPRF0612	BNNR	18.223
		CHPM	44.880
42	CPRF0616	KSKS	30.493
		BNNR	36.935
43	CPRF0618	BNNR	28.279
		KSKS	28.293
44	CPRF0623	SGNN	25.631
		KORN	44.721
45	CPRF0625	KORN	24.010
		SGNN	47.775
46	CPRF0628	KORN	27.552
		NDDG	33.507
47	CPRF0702	KBCG	23.897
		SURN	26.858

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
48	CPRF0706	SKPM	20.340
		SURN	41.623
49	CPRF0707	SURN	13.895
		SKPM	27.494
50	CPRF0709	SKPM	29.129
		KUKN	29.526
51	CPRF0716	MSSB	37.557
		LGNT	47.448
52	CPRF0717	LGNT	28.375
		MSSB	60.186
53	CPRF0726	KBCG	27.412
		KUKN	50.212
54	CPRF0727	KUKN	27.609
		KBCG	57.541
55	CPRF0731	DUDM	26.235
		NAMY	27.529
56	CPRF0732	NAMY	23.420
		DUDM	29.050
57	CPRF0734	DUDM	22.491
		PBHN	24.873
58	CPRF0736	PBHN	18.952
		KHJM	29.753
59	CPRF0738	KHJM	37.484
		TKPP	49.772
60	CPRF0739	KHJM	23.924
		TKPP	60.635
61	CPRF0805	LGNT	23.946
		KMCE	24.132
62	CPRF0813	PNTG	21.688
		KNSN	45.594
63	CPRF0817	DUDN	22.593
		KNKN	52.569

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานที่ใช้ योगยัตค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
64	CPRF0822	KSWS	22.469
		BOBR	50.860
65	CPRF0827	KNSW	20.250
		CHPM	24.796
66	CPRF0828	CHPM	13.119
		KNSW	27.703
67	CPRF0830	CHPM	28.710
		KNSW	29.970
68	CPRF0831	KNSW	19.698
		CHPM	41.449
69	CPRF0837	KSSB	28.513
		NROA	67.544
70	CPRF0910	BNPE	34.855
		WSPG	55.547
71	CPRF0921	BDNG	37.237
		BNPE	46.034
72	CPRF0923	BDNG	14.912
		PNPS	31.663
73	CPRF0929	WNNW	14.192
		SKNK	64.034
74	CPRF0931	SKNK	24.312
		WNNW	42.371
75	CPRF0936	BNPG	37.691
		SKNK	53.514
76	CPRF1014	MWOG	29.138
		KLKG	51.819
77	CPRF1015	MWOG	35.353
		KLKG	37.262
78	CPRF1017	TPHN	34.939
		KLKG	44.420
79	CPRF1018	TPHN	51.488
		KLKG	57.367

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
80	CPRF1025	SDAN	42.241
		TPHN	51.206
81	CPRF1026	TPHN	14.942
		SDAN	36.109
82	CPRF1028	TPHN	56.866
		UTHI	61.377
83	CPRF1102	SISA	25.612
		BTAK	66.590
84	CPRF1106	SKTH	45.954
		PPRM	50.748
85	CPRF1107	SKTH	21.481
		PPRM	40.137
86	CPRF1108	PPRM	12.117
		SKTH	30.558
87	CPRF1114	BKOK	38.511
		DSAI	50.796
88	CPRF1115	BKOK	9.311
		NANO	51.330
89	CPRF1118	PPRM	40.661
		SISA	51.700
90	CPRF1119	PPRM	30.801
		SISA	43.498
91	CPRF1120	SISA	18.382
		PPRM	52.837
92	CPRF1129	MSOD	45.266
		BTAK	69.338
93	CPRF1210	MEJM	33.960
		SMNM	72.199
94	CPRF1303	HACH	37.239
		SMNM	40.413
95	CPRF1305	HACH	12.191
		JAHM	58.203

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานีที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด	ระยะเส้นฐาน [กม.]
96	CPRF1307	WGCM	22.516
		SMNM	38.742
97	CPRF1309	AMKO	42.063
		SMNM	56.572
98	CPRF1314	SMNM	23.672
		HACH	45.904
99	CPRF1320	DCMI	26.243
		WHAG	64.407
100	CPRF1334	JAHM	35.570
		HACH	58.564
		ค่าต่ำสุด	9.311
		ค่าสูงสุด	72.199
		ค่าเฉลี่ย	37.867

ตารางที่ 9 ค่าพิกัดหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งบนพื้นหลักฐานทั้งสอง

ลำดับ	หมุดทดสอบ	ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11					ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10				
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ทางดิ่ง	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ทางดิ่ง
1	CPRF0101	7° 31' 35.39990" N	100° 24' 16.04525" E	-14.3868	0.0003	0.0006	7° 31' 35.39975" N	100° 24' 16.04766" E	-13.6453	0.0158	0.0027
2	CPRF0103	7° 24' 11.94848" N	99° 57' 07.41314" E	31.6762	0.0040	0.0960	7° 24' 11.94844" N	99° 57' 07.41550" E	32.4982	0.0014	0.0121
3	CPRF0105	7° 10' 16.22431" N	99° 41' 10.74396" E	0.4102	0.0004	0.0007	7° 10' 16.22459" N	99° 41' 10.74632" E	1.1221	0.0035	0.0315
4	CPRF0115	6° 37' 59.56680" N	101° 11' 27.79893" E	11.1088	0.0117	0.0085	6° 37' 59.56689" N	101° 11' 27.80200" E	12.1413	0.0011	0.0039
5	CPRF0116	6° 27' 27.00504" N	101° 21' 18.47020" E	21.4085	0.0086	0.0125	6° 27' 27.00534" N	101° 21' 18.47321" E	22.5444	0.0038	0.0140
6	CPRF0117	6° 22' 43.06987" N	101° 30' 32.27837" E	21.2777	0.0074	0.0936	6° 22' 43.06985" N	101° 30' 32.28119" E	22.3589	0.0043	0.0385
7	CPRF0118	6° 17' 45.86895" N	101° 43' 36.03388" E	9.8615	0.0133	0.0626	6° 17' 45.86913" N	101° 43' 36.03619" E	10.9823	0.0138	0.0490
8	CPRF0121	6° 03' 07.04215" N	101° 34' 30.43000" E	50.2347	0.0069	0.0357	6° 03' 07.04234" N	101° 34' 30.43264" E	51.3054	0.0047	0.0053
9	CPRF0203	8° 04' 13.88413" N	100° 11' 11.69137" E	-15.3055	0.0509	0.0762	8° 04' 13.88311" N	100° 11' 11.69217" E	-14.6449	0.0046	0.0051
10	CPRF0204	7° 52' 12.39623" N	100° 20' 50.31316" E	-15.7670	0.0003	0.0007	7° 52' 12.39420" N	100° 20' 50.31283" E	-15.1607	0.0063	0.0315
11	CPRF0208	8° 37' 19.08951" N	98° 58' 54.67193" E	4.4807	0.0080	0.0358	8° 37' 19.08814" N	98° 58' 54.67348" E	5.2624	0.0002	0.0004
12	CPRF0211	8° 56' 30.44692" N	98° 51' 42.19101" E	19.0466	0.0158	0.0060	8° 56' 30.44519" N	98° 51' 42.19266" E	19.8546	0.0002	0.0005
13	CPRF0232	8° 24' 47.14421" N	98° 14' 38.04922" E	-22.1561	0.0377	0.0054	8° 24' 47.14237" N	98° 14' 38.05272" E	-21.2395	0.0032	0.0123
14	CPRF0304	13° 09' 13.32743" N	99° 42' 03.09975" E	40.6494	0.0311	0.0294	13° 09' 13.32631" N	99° 42' 03.10394" E	41.5671	0.0073	0.0040
15	CPRF0305	12° 55' 19.72935" N	99° 49' 03.19523" E	-6.7890	0.0292	0.0236	12° 55' 19.72835" N	99° 49' 03.19916" E	-5.8676	0.0026	0.0036
16	CPRF0306	13° 02' 47.40693" N	100° 04' 52.47284" E	-29.5796	0.0296	0.0087	13° 02' 47.40585" N	100° 04' 52.47679" E	-28.6625	0.0057	0.0156

ลำดับ	หมู่จุดทดสอบ	คำพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				คำพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10					
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]		
					ทางราบ	ทางตั้ง			ทางราบ	ทางตั้ง	
17	CPRF0307	12° 38' 15.31084" N	99° 51' 47.69511" E	28.8326	0.0038	0.0503	12° 38' 15.30981" N	99° 51' 47.69770" E	29.7081	0.0002	0.0005
18	CPRF0314	11° 00' 38.26860" N	99° 15' 40.19046" E	106.3005	0.0227	0.0921	11° 00' 38.26683" N	99° 15' 40.19193" E	107.1036	0.0066	0.0316
19	CPRF0315	10° 45' 02.57541" N	99° 12' 15.01961" E	19.2253	0.0002	0.0004	10° 45' 02.57348" N	99° 12' 15.02039" E	20.1343	0.0077	0.0263
20	CPRF0316	10° 41' 06.43864" N	99° 20' 51.25426" E	-22.7998	0.0002	0.0005	10° 41' 06.43675" N	99° 20' 51.25490" E	-21.8934	0.0101	0.0298
21	CPRF0326	9° 12' 58.84343" N	99° 18' 20.59126" E	-18.6185	0.0167	0.0416	9° 12' 58.84267" N	99° 18' 20.59178" E	-17.6833	0.0043	0.0302
22	CPRF0330	10° 08' 13.56516" N	98° 41' 23.06026" E	3.4608	0.0048	0.0700	10° 08' 13.56367" N	98° 41' 23.06141" E	4.3887	0.0023	0.0750
23	CPRF0332	13° 46' 57.21936" N	99° 32' 52.89164" E	45.0287	0.0104	0.0021	13° 46' 57.21775" N	99° 32' 52.89701" E	45.9103	0.0096	0.0114
24	CPRF0333	13° 47' 28.41840" N	99° 53' 39.16621" E	-24.5167	0.0194	0.0272	13° 47' 28.41633" N	99° 53' 39.17139" E	-23.6375	0.0103	0.0175
25	CPRF0408	14° 26' 54.62283" N	99° 09' 48.01897" E	195.7877	0.0260	0.0649	14° 26' 54.62084" N	99° 09' 48.02441" E	196.7086	0.0045	0.0654
26	CPRF0409	14° 02' 26.05148" N	100° 25' 28.26673" E	-29.9244	0.0078	0.0195	14° 02' 26.04989" N	100° 25' 28.27153" E	-29.0280	0.0037	0.0040
27	CPRF0417	14° 35' 46.23936" N	100° 32' 31.78943" E	-26.3207	0.0007	0.0183	14° 35' 46.23740" N	100° 32' 31.79430" E	-25.4495	0.0002	0.0142
28	CPRF0418	14° 33' 28.27712" N	100° 45' 41.40026" E	-19.5498	0.0066	0.0255	14° 33' 28.27517" N	100° 45' 41.40502" E	-18.6785	0.0070	0.0214
29	CPRF0426	15° 09' 00.21102" N	99° 52' 05.54747" E	27.6642	0.0003	0.0007	15° 09' 00.21026" N	99° 52' 05.55217" E	28.7523	0.0083	0.0099
30	CPRF0434	14° 37' 10.22268" N	99° 37' 05.29328" E	79.5738	0.0232	0.0813	14° 37' 10.22141" N	99° 37' 05.29829" E	80.5810	0.0032	0.0036
31	CPRF0507	13° 49' 35.08645" N	101° 14' 57.00562" E	-25.5414	0.0076	0.0155	13° 49' 35.08527" N	101° 14' 57.01000" E	-24.6566	0.0066	0.0173
32	CPRF0508	13° 58' 37.21784" N	101° 04' 37.07297" E	-26.8804	0.0062	0.0175	13° 58' 37.21655" N	101° 04' 37.07746" E	-25.9964	0.0032	0.0193
33	CPRF0511	13° 53' 48.24140" N	101° 35' 32.44194" E	-8.5237	0.0205	0.0233	13° 53' 48.24025" N	101° 35' 32.44622" E	-7.6099	0.0190	0.0008

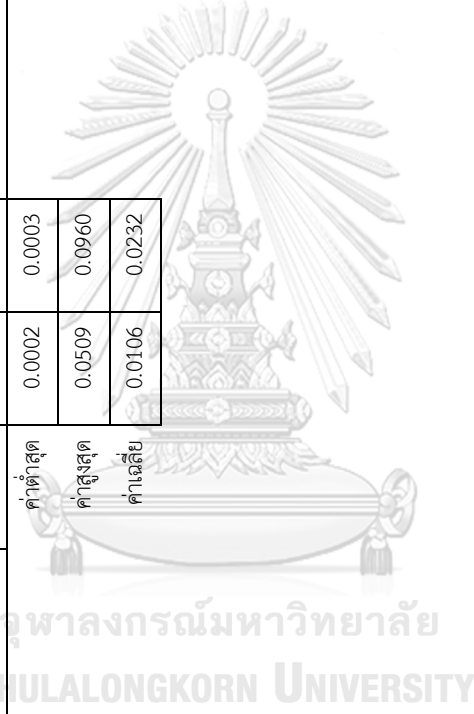
ลำดับ	หมู่จุดทดสอบ	คำพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				คำพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10					
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]		
										ทางราบ	ทางตั้ง
34	CPRF0518	13° 38' 45.43261" N	102° 01' 06.77149" E	56.7775	0.0116	0.0436	13° 38' 45.43155" N	102° 01' 06.77537" E	57.6775	0.0061	0.0028
35	CPRF0521	12° 47' 11.66632" N	102° 14' 50.01110" E	0.8432	0.0002	0.0004	12° 47' 11.66530" N	102° 14' 50.01509" E	1.7741	0.0014	0.0057
36	CPRF0522	12° 35' 39.34070" N	102° 01' 44.71308" E	5.4788	0.0003	0.0004	12° 35' 39.33970" N	102° 01' 44.71708" E	6.4202	0.0046	0.0066
37	CPRF0524	12° 19' 25.19269" N	102° 29' 54.30201" E	-19.3066	0.0003	0.0004	12° 19' 25.19146" N	102° 29' 54.30602" E	-18.2135	0.0040	0.0070
38	CPRF0526	12° 22' 36.71521" N	102° 22' 42.41631" E	-18.7647	0.0003	0.0008	12° 22' 36.71425" N	102° 22' 42.42097" E	-17.1899	0.0030	0.0187
39	CPRF0532	12° 47' 19.42126" N	101° 18' 41.94401" E	-13.2295	0.0322	0.0568	12° 47' 19.42017" N	101° 18' 41.94834" E	-12.2756	0.0243	0.0226
40	CPRF0601	14° 24' 22.03722" N	100° 52' 47.62453" E	-21.7583	0.0106	0.0087	14° 24' 22.03544" N	100° 52' 47.62922" E	-20.8796	0.0082	0.0059
41	CPRF0612	15° 39' 30.21670" N	101° 38' 26.89310" E	269.1284	0.0059	0.0294	15° 39' 30.21560" N	101° 38' 26.89813" E	269.9855	0.0019	0.0345
42	CPRF0616	15° 33' 55.30132" N	102° 01' 27.39718" E	165.7496	0.0021	0.0310	15° 33' 55.30017" N	102° 01' 27.40194" E	166.6121	0.0037	0.0244
43	CPRF0618	15° 21' 53.26294" N	101° 54' 37.36645" E	194.9228	0.0024	0.0285	15° 21' 53.26189" N	101° 54' 37.37122" E	195.7831	0.0017	0.0216
44	CPRF0623	14° 47' 16.24432" N	101° 56' 06.83934" E	195.6525	0.0107	0.0007	14° 47' 16.24303" N	101° 56' 06.84373" E	196.5459	0.0048	0.0006
45	CPRF0625	14° 42' 01.11702" N	102° 07' 12.66278" E	165.2792	0.0064	0.0099	14° 42' 01.11576" N	102° 07' 12.66703" E	166.1731	0.0094	0.0097
46	CPRF0628	14° 21' 09.16015" N	102° 26' 06.24610" E	210.8446	0.0188	0.0204	14° 21' 09.15878" N	102° 26' 06.24997" E	211.7214	0.0097	0.0033
47	CPRF0702	14° 41' 10.58116" N	103° 38' 17.99251" E	136.6980	0.0030	0.0122	14° 41' 10.58061" N	103° 38' 17.99682" E	137.6263	0.0080	0.0086
48	CPRF0706	15° 07' 44.92882" N	103° 46' 37.75611" E	132.6374	0.0078	0.0026	15° 07' 44.92823" N	103° 46' 37.76077" E	133.5721	0.0008	0.0006
49	CPRF0707	14° 59' 38.26239" N	103° 32' 27.51900" E	123.0060	0.0061	0.0032	14° 59' 38.26187" N	103° 32' 27.52378" E	123.9402	0.0017	0.0001
50	CPRF0709	14° 56' 42.56559" N	104° 03' 45.05142" E	106.9692	0.0017	0.0178	14° 56' 42.56509" N	104° 03' 45.05610" E	107.9149	0.0030	0.0113

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	คำพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				คำพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10			
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]
51	CPRF0716	15° 46' 48.56446" N	104° 30' 53.08142" E	105.5438	0.0004	15° 46' 48.56405" N	104° 30' 53.08737" E	106.5908	0.0004
52	CPRF0717	15° 58' 36.59338" N	104° 26' 18.75352" E	139.5180	0.0122	15° 58' 36.59286" N	104° 26' 18.75959" E	140.5674	0.0102
53	CPRF0726	14° 25' 16.76858" N	103° 50' 33.90537" E	245.0968	0.0019	14° 25' 16.76820" N	103° 50' 33.90983" E	246.0376	0.0135
54	CPRF0727	14° 28' 26.16706" N	104° 07' 41.47658" E	177.4363	0.0020	14° 28' 26.16657" N	104° 07' 41.48076" E	178.3735	0.0148
55	CPRF0731	14° 41' 15.51529" N	105° 09' 14.32681" E	121.4862	0.0166	14° 41' 15.51402" N	105° 09' 14.33354" E	122.5430	0.0073
56	CPRF0732	14° 41' 16.92309" N	104° 55' 32.71675" E	145.0467	0.0110	14° 41' 16.92179" N	104° 55' 32.72373" E	146.1020	0.0014
57	CPRF0734	15° 06' 42.46846" N	105° 02' 37.39514" E	100.7579	0.0183	15° 06' 42.46744" N	105° 02' 37.40170" E	101.8177	0.0039
58	CPRF0736	15° 24' 58.45951" N	105° 14' 13.50488" E	121.9279	0.0034	15° 24' 58.45845" N	105° 14' 13.51110" E	122.9846	0.0015
59	CPRF0738	15° 39' 26.23763" N	105° 29' 49.92826" E	215.9281	0.0073	15° 39' 26.23649" N	105° 29' 49.93412" E	216.9730	0.0057
60	CPRF0739	15° 09' 06.93068" N	105° 21' 12.07629" E	124.4331	0.0116	15° 09' 06.92989" N	105° 21' 12.08219" E	125.4788	0.0025
61	CPRF0805	16° 25' 20.72534" N	104° 34' 39.74175" E	147.7979	0.0127	16° 25' 20.72477" N	104° 34' 39.74745" E	148.8370	0.0048
62	CPRF0813	16° 30' 23.94934" N	103° 55' 53.47214" E	147.7169	0.0126	16° 30' 23.94884" N	103° 55' 53.47704" E	148.6893	0.0042
63	CPRF0817	16° 47' 39.70007" N	103° 10' 01.68572" E	241.5910	0.0114	16° 47' 39.69923" N	103° 10' 01.69085" E	242.5540	0.0046
64	CPRF0822	15° 38' 56.61046" N	103° 22' 11.92041" E	113.1439	0.0116	15° 38' 56.60983" N	103° 22' 11.92539" E	114.0861	0.0042
65	CPRF0827	15° 45' 01.60461" N	102° 15' 19.21093" E	146.5079	0.0007	15° 45' 01.60364" N	102° 15' 19.21591" E	147.3705	0.0034
66	CPRF0828	15° 55' 25.45929" N	102° 01' 19.52021" E	173.2529	0.0027	15° 55' 25.45825" N	102° 01' 19.52533" E	174.1139	0.0035
67	CPRF0830	16° 03' 53.52603" N	102° 02' 12.64613" E	435.2746	0.0048	16° 03' 53.52490" N	102° 02' 12.65123" E	436.1360	0.0058

ลำดับ	หมู่จุดทดสอบ	คำพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				คำพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10			
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูงเหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูงเหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]
				ทางราบ	ทางตั้ง			ทางราบ	ทางตั้ง
68	CPRF0831	16° 06' 30.59938" N	102° 15' 31.09165" E	170.3454	0.0080	0.0164	0.0099	0.0189	
69	CPRF0837	16° 29' 28.90368" N	101° 48' 00.77717" E	471.8842	0.0171	0.0610	0.0077	0.0076	
70	CPRF0910	17° 26' 29.53653" N	102° 16' 13.23370" E	194.7148	0.0089	0.0025	0.0016	0.0006	
71	CPRF0921	17° 41' 37.79125" N	102° 54' 29.29314" E	140.5507	0.0032	0.0143	0.0019	0.0343	
72	CPRF0923	17° 49' 54.65450" N	103° 17' 30.58602" E	136.5373	0.0057	0.0314	0.0031	0.0132	
73	CPRF0929	17° 31' 41.34153" N	103° 40' 23.28724" E	138.6126	0.0191	0.0034	0.0048	0.0152	
74	CPRF0931	17° 19' 01.12028" N	103° 58' 44.61480" E	128.4302	0.0185	0.0145	0.0043	0.0334	
75	CPRF0936	17° 37' 39.59912" N	104° 14' 26.87203" E	119.7601	0.0252	0.0137	0.0097	0.0470	
76	CPRF1014	15° 45' 03.98165" N	99° 47' 20.32897" E	20.2414	0.0172	0.0356	0.0028	0.0025	
77	CPRF1015	15° 53' 44.61393" N	99° 49' 37.20477" E	6.8322	0.0202	0.0232	0.0056	0.0146	
78	CPRF1017	16° 07' 30.91482" N	100° 06' 59.49081" E	0.5032	0.0163	0.0439	0.0081	0.0236	
79	CPRF1018	15° 52' 07.18739" N	100° 06' 42.24804" E	-5.3615	0.0002	0.0003	0.0039	0.0276	
80	CPRF1025	15° 50' 20.67315" N	100° 42' 06.92325" E	36.3069	0.0141	0.0157	0.0011	0.0036	
81	CPRF1026	16° 07' 27.75499" N	100° 31' 42.16381" E	2.8262	0.0173	0.0209	0.0045	0.0089	
82	CPRF1028	15° 42' 20.45735" N	100° 27' 24.40517" E	-5.4839	0.0109	0.0374	0.0071	0.0107	
83	CPRF1102	17° 19' 15.59832" N	99° 37' 59.38828" E	39.5628	0.0143	0.0272	0.0033	0.0128	
84	CPRF1106	16° 37' 18.00439" N	99° 59' 33.18642" E	10.5564	0.0066	0.0063	0.0056	0.0062	

ลำดับ	หมู่จุดทดสอบ	คำพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				คำพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10					
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูงเหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูงเหนือทรีจรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]		
									ทางราบ	ทางตั้ง	
85	CPRF1107	16° 49' 20.88336" N	99° 53' 43.07297" E	8.3213	0.0109	0.0136	16° 49' 20.88216" N	99° 53' 43.07747" E	9.1723	0.0109	0.0021
86	CPRF1108	16° 58' 00.79457" N	100° 06' 41.17013" E	8.9736	0.0080	0.0341	16° 58' 00.79336" N	100° 06' 41.17457" E	9.8296	0.0034	0.0216
87	CPRF1114	17° 41' 48.72506" N	100° 56' 49.38527" E	645.1901	0.0067	0.0156	17° 41' 48.72374" N	100° 56' 49.39073" E	646.1231	0.0052	0.0258
88	CPRF1115	18° 05' 17.20830" N	101° 07' 33.53560" E	425.0104	0.0246	0.0260	18° 05' 17.20750" N	101° 07' 33.54019" E	425.9456	0.0069	0.0014
89	CPRF1118	17° 23' 59.81098" N	100° 13' 53.34096" E	57.1111	0.0056	0.0273	17° 23' 59.80979" N	100° 13' 53.34534" E	58.0084	0.0031	0.0037
90	CPRF1119	17° 17' 34.67102" N	100° 05' 47.10030" E	14.7074	0.0035	0.0369	17° 17' 34.66989" N	100° 05' 47.10481" E	15.5931	0.0023	0.0091
91	CPRF1120	17° 23' 14.62074" N	99° 52' 04.71297" E	23.9342	0.0040	0.0317	17° 23' 14.61956" N	99° 52' 04.71755" E	24.8293	0.0019	0.0009
92	CPRF1129	17° 05' 42.19115" N	98° 25' 27.20379" E	203.0933	0.0193	0.0359	17° 05' 42.18957" N	98° 25' 27.20915" E	203.9870	0.0026	0.0099
93	CPRF1210	18° 25' 08.77305" N	98° 40' 19.52961" E	239.8710	0.0290	0.0226	18° 25' 08.77210" N	98° 40' 19.53458" E	240.9676	0.0051	0.0821
94	CPRF1303	18° 07' 07.53690" N	99° 37' 23.44494" E	229.7501	0.0073	0.0310	18° 07' 07.53572" N	99° 37' 23.45004" E	230.7495	0.0086	0.0354
95	CPRF1305	18° 16' 16.67241" N	99° 14' 52.02049" E	238.6482	0.0047	0.0006	18° 16' 16.67142" N	99° 14' 52.02567" E	239.6615	0.0022	0.0133
96	CPRF1307	17° 46' 08.43020" N	99° 26' 25.30014" E	147.2130	0.0059	0.0447	17° 46' 08.42922" N	99° 26' 25.30518" E	148.2029	0.0011	0.0402
97	CPRF1309	17° 53' 20.12689" N	98° 44' 39.15044" E	259.3266	0.0002	0.0006	17° 53' 20.12584" N	98° 44' 39.15575" E	260.3004	0.0121	0.0234
98	CPRF1314	18° 03' 08.11981" N	99° 01' 20.56024" E	556.3513	0.0082	0.0103	18° 03' 08.11877" N	99° 01' 20.56568" E	557.3498	0.0023	0.0147

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	คำพิทัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11				คำพิทัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10					
		ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]	ละติจูด [° ' '']	ลองจิจูด [° ' '']	ความสูง เหนือทรวงรี [ม.]	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [ม.]		
99	CPRF1320	19° 18' 44.19512" N	99° 11' 27.96465" E	386.5631	0.0002	0.0006	19° 18' 44.19483" N	99° 11' 27.96924" E	387.6073	0.0044	0.0720
100	CPRF1334	18° 33' 00.32935" N	99° 50' 59.45458" E	400.0876	0.0086	0.0101	18° 33' 00.32815" N	99° 50' 59.45941" E	401.1033	0.0033	0.0027
				ค่าต่ำสุด	0.0002	0.0003			ค่าต่ำสุด	0.0002	0.0001
				ค่าสูงสุด	0.0509	0.0960			ค่าสูงสุด	0.0243	0.0832
				ค่าเฉลี่ย	0.0106	0.0232			ค่าเฉลี่ย	0.0053	0.0168



4.2 ค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008

การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานจะใช้ข้อมูลค่าพิกัดของหมุดรวม 229 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นหลักฐานไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 โดยมีเครื่องมือสำหรับการแปลงพื้นหลักฐาน (Determine Transformation) ด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas ซึ่งได้ผลลัพธ์การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานดังนี้

4.2.1 การคำนวณครั้งที่ 1 ใช้หมุดรวม 229 สถานี

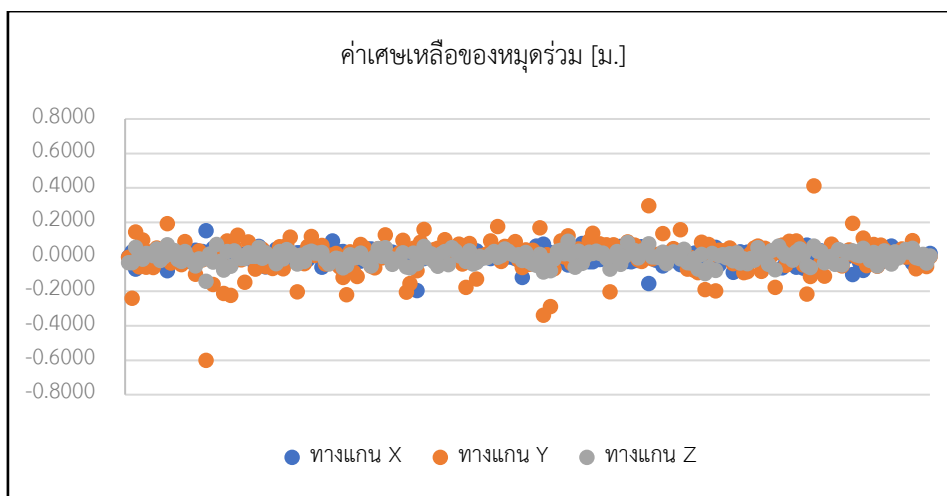
จากการคำนวณพบว่าสถานีที่มีค่าเศษเหลือทางแกน X, Y, Z ขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ อยู่จำนวน 6 สถานี ประกอบด้วย สถานี BORI, KPNG, LNS1, LTRT, PKNK และ TGSG จะถูกคัดออกจากการคำนวณครั้งต่อไป ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 10 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดรวม 229 สถานี

พารามิเตอร์	Bursa-Wolf	Molodensky-Badekas
ΔX [ม.]	-0.9385 ± 0.1391	-0.3051 ± 0.0043
ΔY [ม.]	-0.3211 ± 0.0677	0.8681 ± 0.0043
ΔZ [ม.]	0.1310 ± 0.0730	0.2080 ± 0.0043
R_x ["]	0.00486 ± 0.00234	0.00486 ± 0.00234
R_y ["]	0.00661 ± 0.00231	0.00661 ± 0.00231
R_z ["]	0.02998 ± 0.00446	0.02998 ± 0.00446
ΔS [ppm.]	0.1618 ± 0.0100	0.1618 ± 0.0100

(ค่าที่มีเครื่องหมาย \pm นำหน้าคือค่า RMS (Root Mean Square) เป็นดัชนีที่บอกค่าเลือนแกน และค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดที่คำนวณได้มีสหสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด)

สำหรับแบบจำลอง Molodensky-Badekas จุดกำเนิดของการหมุนจะถูกเลื่อนไปอยู่ที่ $X_0 = -1198142.2685$ ม., $Y_0 = 6042212.2565$ ม. และ $Z_0 = 1592438.2439$ ม.



รูปที่ 45 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 229 สถานี

ตารางที่ 11 ค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 229 สถานี

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
ค่าต่ำสุด	-0.1952	-0.6003	-0.1426
ค่าสูงสุด	0.1510	0.4115	0.0898
ค่าเฉลี่ย	0.0000	0.0000	0.0000
ค่า SD	0.0377	0.0999	0.0360
ช่วง $\pm 3\sigma$	0.1131	0.2997	0.1080

ตารางที่ 12 สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมุดร่วม 229 สถานี

สถานี	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
BORI	0.1510	-0.6003	-0.1426
KPNG	-0.1952	-0.0804	-0.0402
LSN1	-0.1205	-0.0624	-0.0220
LTRT	0.0739	-0.3393	-0.0883
PKNK	-0.1553	0.2962	0.0755
TGSG	-0.0872	0.4115	0.0624

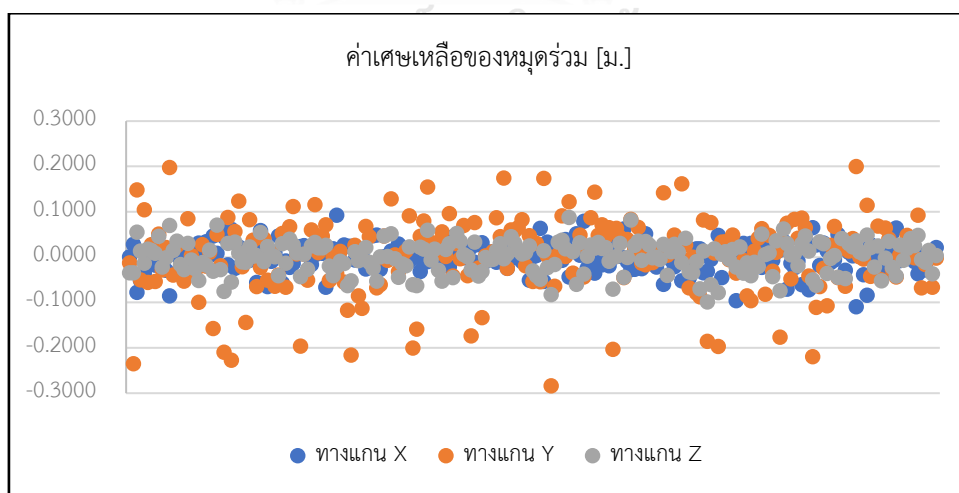
4.2.2 การคำนวณครั้งที่ 2 ใช้หมุดรวม 223 สถานี

จากการคำนวณพบว่าสถานีที่มีค่าเศษเหลือทางแกน X, Y, Z ขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ อยู่จำนวน 3 สถานี ประกอบด้วย สถานี MEJM, SICN และ TNST จะถูกคัดออกจากการคำนวณครั้งต่อไป ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 13 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดรวม 223 สถานี

พารามิเตอร์	Bursa-Wolf	Molodensky-Badekas
ΔX [ม.]	-0.7886 ± 0.1174	-0.3076 ± 0.0037
ΔY [ม.]	-0.2789 ± 0.0581	0.8663 ± 0.0037
ΔZ [ม.]	0.0993 ± 0.0628	0.2095 ± 0.0037
R_x ["]	0.00328 ± 0.00202	0.00328 ± 0.00202
R_y ["]	0.00626 ± 0.00198	0.00626 ± 0.00198
R_z ["]	0.02468 ± 0.00377	0.02468 ± 0.00377
ΔS [ppm.]	0.1610 ± 0.0086	0.1610 ± 0.0086

สำหรับแบบจำลอง Molodensky-Badekas จุดกำเนิดของการหมุนจะถูกเลื่อนไปอยู่ที่ $X_0 = -1198707.0317$ ม., $Y_0 = 6038917.8426$ ม. และ $Z_0 = 1605463.1772$ ม.



รูปที่ 46 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดรวม 223 สถานี

ตารางที่ 14 ค่าเศษเหลือของหมู่รวม 223 สถานี

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
ค่าต่ำสุด	-0.1097	-0.2842	-0.0987
ค่าสูงสุด	0.0925	0.1994	0.0875
ค่าเฉลี่ย	0.0000	0.0000	0.0000
ค่า SD	0.0317	0.0826	0.0338
ช่วง $\pm 3\sigma$	0.0951	0.2478	0.1014

ตารางที่ 15 สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมู่รวม 223 สถานี

สถานี	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
MEJM	0.0246	-0.2842	-0.0829
SICN	-0.0964	-0.0353	-0.0223
TNST	-0.1097	0.1994	0.0356

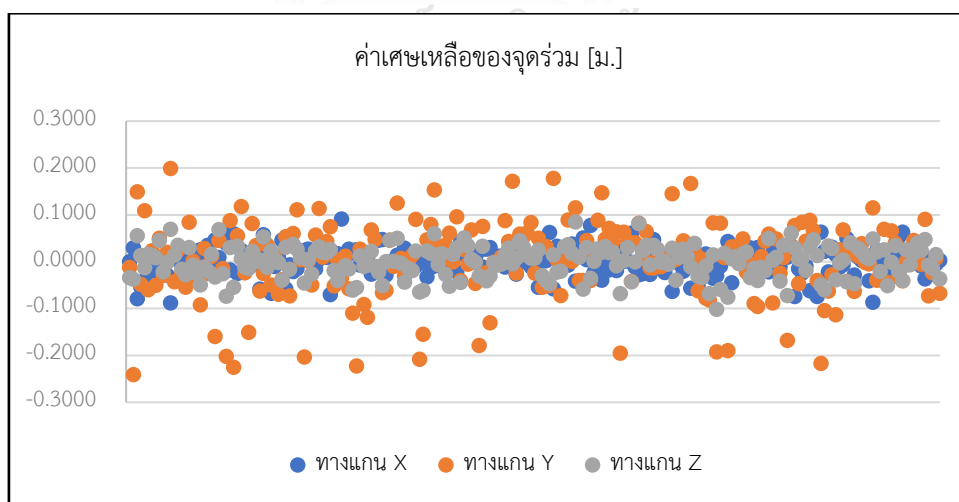
4.2.3 การคำนวณครั้งที่ 3 ใช้หมุดร่วม 220 สถานี

จากการคำนวณพบว่าสถานีที่มีค่าเศษเหลือทางแกน X, Y, Z ขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ อยู่จำนวน 2 สถานี ประกอบด้วย สถานี AMKO และ SAMG จะถูกคัดออกจากการคำนวณครั้งต่อไป ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 16 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดร่วม 220 สถานี

พารามิเตอร์	Bursa-Wolf	Molodensky-Badekas
ΔX [ม.]	-0.8583 ± 0.1144	-0.3091 ± 0.0036
ΔY [ม.]	-0.2748 ± 0.0569	0.8659 ± 0.0036
ΔZ [ม.]	0.0404 ± 0.0618	0.2097 ± 0.0036
R_x ["]	0.00208 ± 0.00198	0.00208 ± 0.00198
R_y ["]	0.00485 ± 0.00194	0.00485 ± 0.00194
R_z ["]	0.02664 ± 0.00367	0.02664 ± 0.00367
ΔS [ppm.]	0.1606 ± 0.0085	0.1606 ± 0.0085

สำหรับแบบจำลอง Molodensky-Badekas จุดกำเนิดของการหมุนจะถูกเลื่อนไปอยู่ที่ $X_0 = -1201171.2410$ ม., $Y_0 = 6037600.6043$ ม. และ $Z_0 = 1609454.6018$ ม.



รูปที่ 47 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 220 สถานี

ตารางที่ 17 ค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 220 สถานี

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
ค่าต่ำสุด	-0.0879	-0.2415	-0.1017
ค่าสูงสุด	0.0911	0.1986	0.0846
ค่าเฉลี่ย	0.0000	0.0000	0.0000
ค่า SD	0.0305	0.0797	0.0330
ช่วง $\pm 3\sigma$	0.0915	0.2391	0.0990

ตารางที่ 18 สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมุดร่วม 220 สถานี

สถานี	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
AMKO	0.0290	-0.2415	-0.0379
SAMG	-0.0298	-0.1930	-0.1017

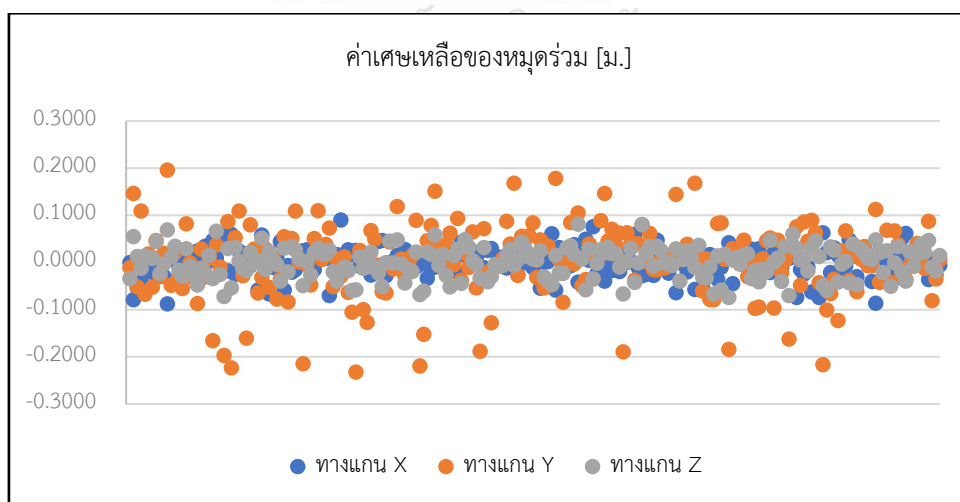
4.2.4 การคำนวณครั้งที่ 4 ใช้หมุดรวม 218 สถานี

จากการคำนวณพบว่าสถานีที่มีค่าเศษเหลือทางแกน X, Y, Z ขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ อยู่จำนวน 1 สถานี คือ สถานี ECMI จะถูกคัดออกจากการคำนวณครั้งต่อไป ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 19 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดรวม 218 สถานี

พารามิเตอร์	Bursa-Wolf	Molodensky-Badekas
ΔX [ม.]	-0.9748 ± 0.1127	-0.3094 ± 0.0035
ΔY [ม.]	-0.2813 ± 0.0557	0.8643 ± 0.0035
ΔZ [ม.]	-0.0070 ± 0.0606	0.2085 ± 0.0035
R_x ["]	0.00063 ± 0.00194	0.00063 ± 0.00194
R_y ["]	0.00385 ± 0.00190	0.00385 ± 0.00190
R_z ["]	0.03032 ± 0.00362	0.03032 ± 0.00362
ΔS [ppm.]	0.1596 ± 0.0085	0.1596 ± 0.0085

สำหรับแบบจำลอง Molodensky-Badekas จุดกำเนิดของการหมุนจะถูกเลื่อนไปอยู่ที่ $X_0 = -1203934.6047$ ม., $Y_0 = 6038039.1808$ ม. และ $Z_0 = 1605939.3879$ ม.



รูปที่ 48 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดรวม 218 สถานี

ตารางที่ 20 ค่าเศษเหลือของหมู่รวม 218 สถานี

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
ค่าต่ำสุด	-0.0875	-0.2324	-0.0745
ค่าสูงสุด	0.0901	0.1959	0.0814
ค่าเฉลี่ย	0.0000	0.0000	0.0000
ค่า SD	0.0304	0.0773	0.0319
ช่วง $\pm 3\sigma$	0.0912	0.2319	0.0957

ตารางที่ 21 สถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่จากการใช้หมู่รวม 218 สถานี

สถานี	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
ECMI	0.0258	-0.2324	-0.0579

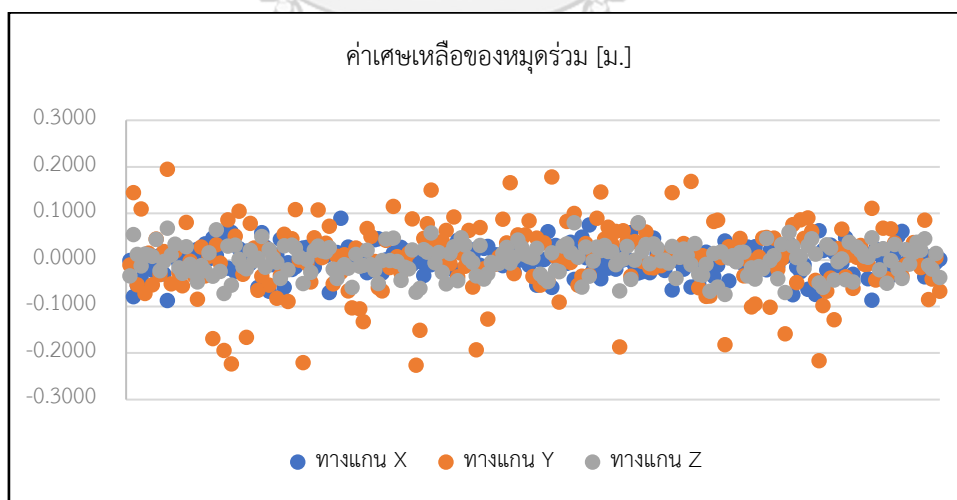
4.2.5 การคำนวณครั้งที่ 5 ใช้หมุดร่วม 217 สถานี

จากการคำนวณพบว่าไม่มีสถานีใดที่มีค่าเศษเหลือทางแกน X, Y, Z ขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 22 ค่าพารามิเตอร์จากการใช้หมุดร่วม 217 สถานี

พารามิเตอร์	Bursa-Wolf	Molodensky-Badekas
ΔX [ม.]	-1.0331 ± 0.1117	-0.3094 ± 0.0034
ΔY [ม.]	-0.2864 ± 0.0550	0.8635 ± 0.0034
ΔZ [ม.]	-0.0341 ± 0.0600	0.2079 ± 0.0034
R_x ["]	-0.00018 ± 0.00192	-0.00018 ± 0.00192
R_y ["]	0.00330 ± 0.00188	0.00330 ± 0.00188
R_z ["]	0.03216 ± 0.00358	0.03216 ± 0.00358
ΔS [ppm.]	0.1595 ± 0.0082	0.1595 ± 0.0082

สำหรับแบบจำลอง Molodensky-Badekas จุดกำเนิดของการหมุนจะถูกเลื่อนไปอยู่ที่ $X_0 = -1205221.4281$ ม., $Y_0 = 6038303.4799$ ม. และ $Z_0 = 1604085.3636$ ม.

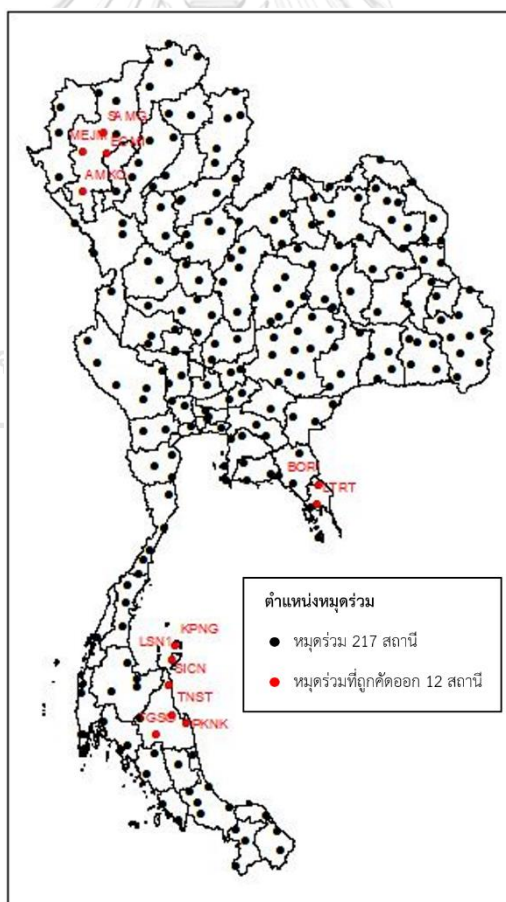


รูปที่ 49 แสดงกราฟค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 217 สถานี

ตารางที่ 23 ค่าเศษเหลือของหมุดร่วม 217 สถานี

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือ [ม.]		
	ทางแกน X	ทางแกน Y	ทางแกน Z
ค่าต่ำสุด	-0.0872	-0.2258	-0.0739
ค่าสูงสุด	0.0896	0.1947	0.0801
ค่าเฉลี่ย	0.0000	0.0000	0.0000
ค่า SD	0.0303	0.0760	0.0315
ช่วง $\pm 3\sigma$	0.0909	0.2280	0.0945

จากการคำนวณจะเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้หมุดร่วมจำนวน 217 สถานี ซึ่งได้คัดเลือกสถานีที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่่ออกจากการคำนวณ จำนวน 12 สถานี ประกอบด้วย AMKO, BORI, ECMI, KPNG, LSN1, LTRT, MEJM, PKNK, SAMG, SICN, TGSG, และ TNST



รูปที่ 50 แสดงตำแหน่งหมุดร่วมที่ใช้คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน

จากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์และค่า RMS ของพารามิเตอร์ด้วยแบบจำลองทั้งสอง พบว่าค่าพารามิเตอร์และค่า RMS ของการหมุนแกนรอบจุดกำเนิดและค่าต่างอัตราส่วนมีค่าเท่ากัน แต่เนื่องจากค่า RMS ของการหมุนรอบแกน X มีขนาดใหญ่กว่าค่าพารามิเตอร์ของการหมุนรอบแกน X ซึ่งบ่งบอกถึงความไม่น่าเชื่อถือ และเมื่อพิจารณาค่า RMS ของการเลื่อนแกนจากแบบจำลอง Bursa-Wolf จะพบว่ามีค่า RMS สูงแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลื่อนแกนและค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดมีความสัมพันธ์กันมาก ในขณะที่แบบจำลอง Molodensky-Badekas มีค่า RMS ต่ำแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลื่อนแกนและค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดมีความสัมพันธ์กันน้อย ซึ่งค่ามุมหมุนแกนรอบจุดกำเนิดและค่าต่างอัตราส่วนมีผลกระทบต่อค่าเลื่อนแกนของแบบจำลอง Bursa-Wolf มากกว่าแบบจำลอง Molodensky-Badekas (Kutoglu H. et al., 2002) ซึ่งเมื่อตัดค่าพารามิเตอร์ของการหมุนรอบแกน X ออกจะพบว่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas สามารถแปลงพื้นหลักฐานเข้ากับโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ได้ดีกว่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Bursa-Wolf ดังนั้นในการเลือกค่าพารามิเตอร์ของการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลองทั้งสองจึงเลือกใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง Molodensky-Badekas ดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์	Root Mean Square (RMS)
ΔX [ม.]	-0.3094	0.0034
ΔY [ม.]	0.8635	0.0034
ΔZ [ม.]	0.2079	0.0034
R_x ["]	-	-
R_y ["]	0.00330	0.00188
R_z ["]	0.03216	0.00358
ΔS [ppm.]	0.1595	0.0082

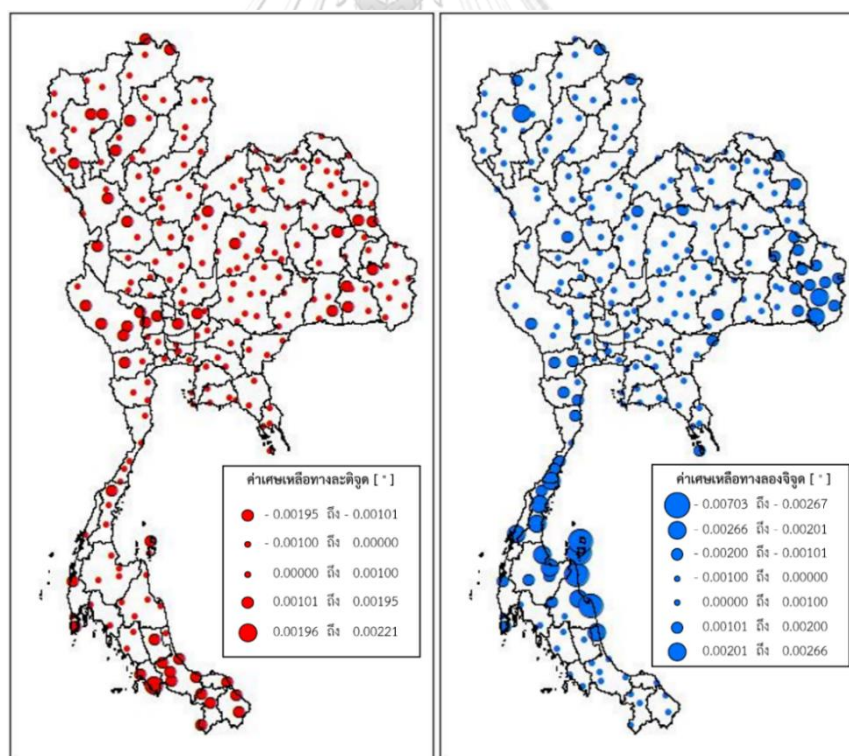
โดยที่ $X_0 = -1205221.4281$ ม., $Y_0 = 6038303.4799$ ม. และ $Z_0 = 1604085.3636$ ม.

4.3 ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

การคำนวณหาค่าต่างพิกัดทางราบบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีด้วยแบบจำลอง Molodensky-Badekas โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานจากตารางที่ 24 ซึ่งได้ผลลัพธ์ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบดังนี้

ตารางที่ 25 ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00195	-0.00703	-0.0585	-0.2109
ค่าสูงสุด	0.00221	0.00266	0.0663	0.0798
ค่าเฉลี่ย	0.00000	-0.00010	0.0000	-0.0030
ค่า RMS	0.00078	0.00107	0.0234	0.0321



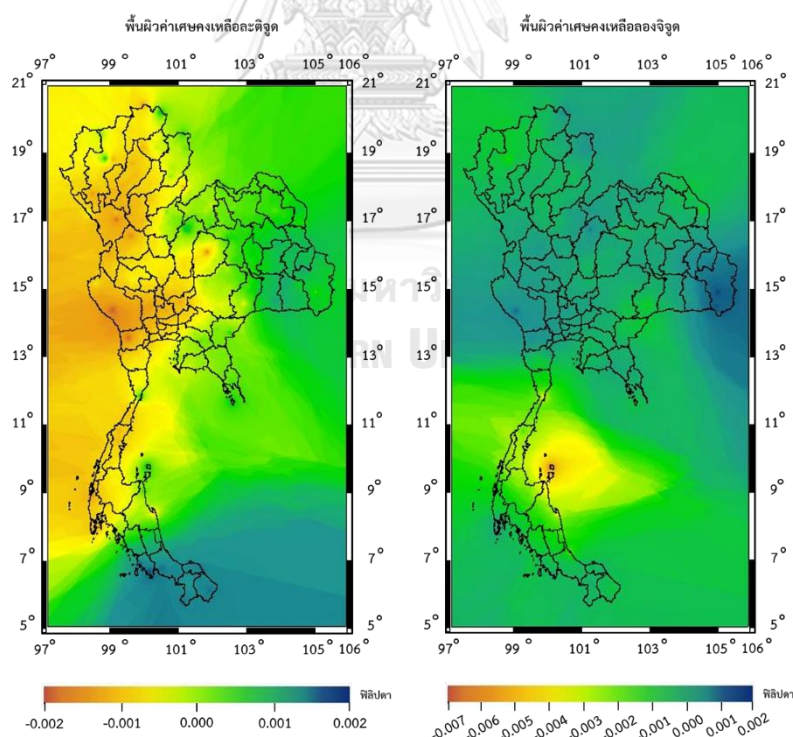
รูปที่ 51 แสดงค่าเศษเหลือพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี

4.4 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

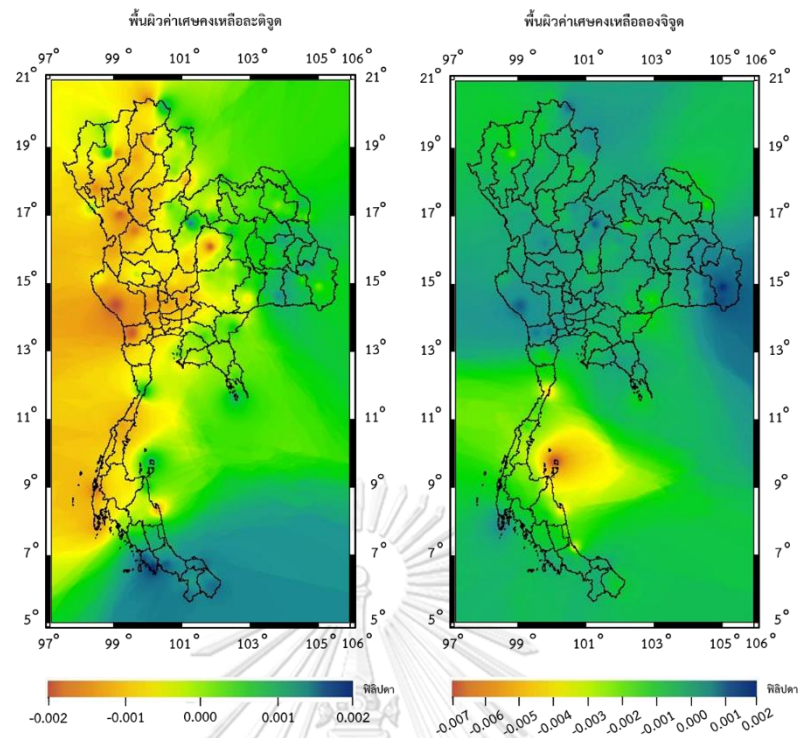
การประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS Desktop 10.8 ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าในช่วงทั้ง 4 วิธี ประกอบด้วย วิธี Inverse Distance Weighted (IDW) ใช้ค่ายกกำลัง (Power) เท่ากับ 1, 2 และ 3 , วิธี Kriging ใช้แบบจำลอง (Semi-variogram model) คือ Spherical, Circular, Exponential, Gaussian และ Linear, วิธี Natural Neighbor และวิธี Spline ใช้ประเภท (Spline type) คือ Regularized และ Tension โดยกำหนดขนาดเซลล์ (Cell size) เท่ากับ 1 ลิปดา หรือประมาณ 1.85 กิโลเมตร และขอบเขตการประมาณค่าในช่วง (Processing Extent) ให้ครอบคลุมพื้นที่ 97° - 106°E และ 5° - 21°N ซึ่งได้ผลลัพธ์พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบดังนี้

4.4.1 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW

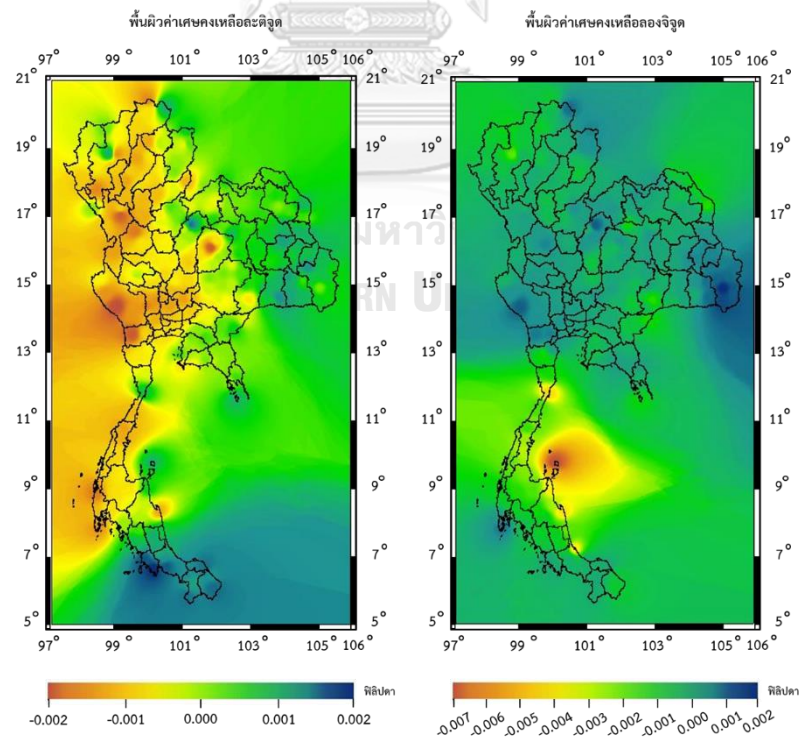
ใช้ค่ายกกำลัง (Power) เพื่อกำหนดความสำคัญของจุดข้อมูลตัวอย่างในการประมาณค่าในช่วง ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนผกผันของระยะทาง โดยเลือกค่ายกกำลัง (Power) เท่ากับ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการประมาณค่าในช่วงดังนี้



รูปที่ 52 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1



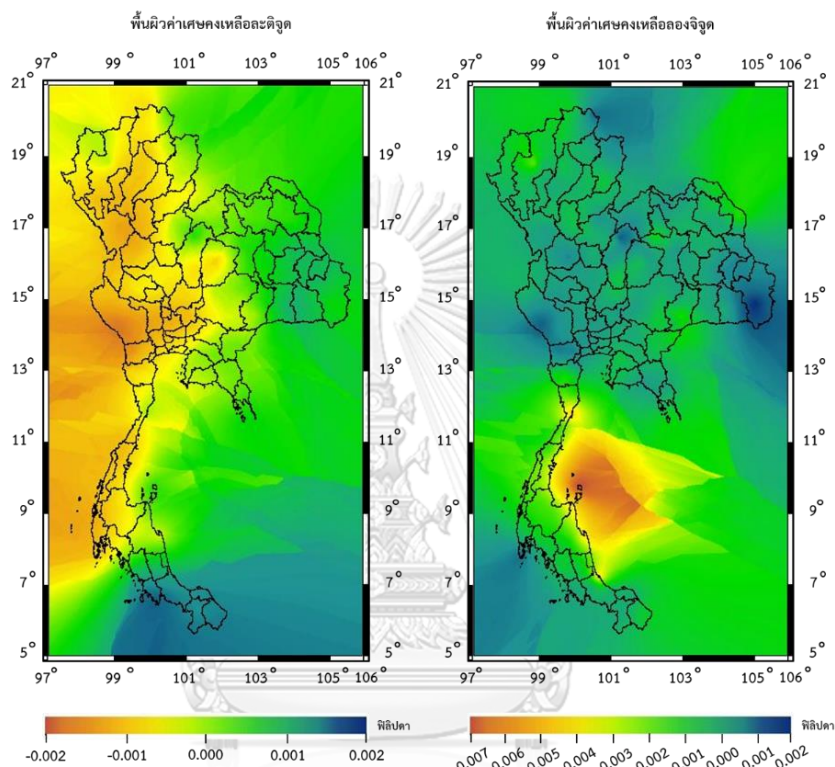
รูปที่ 53 แสดงพื้นที่ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 2



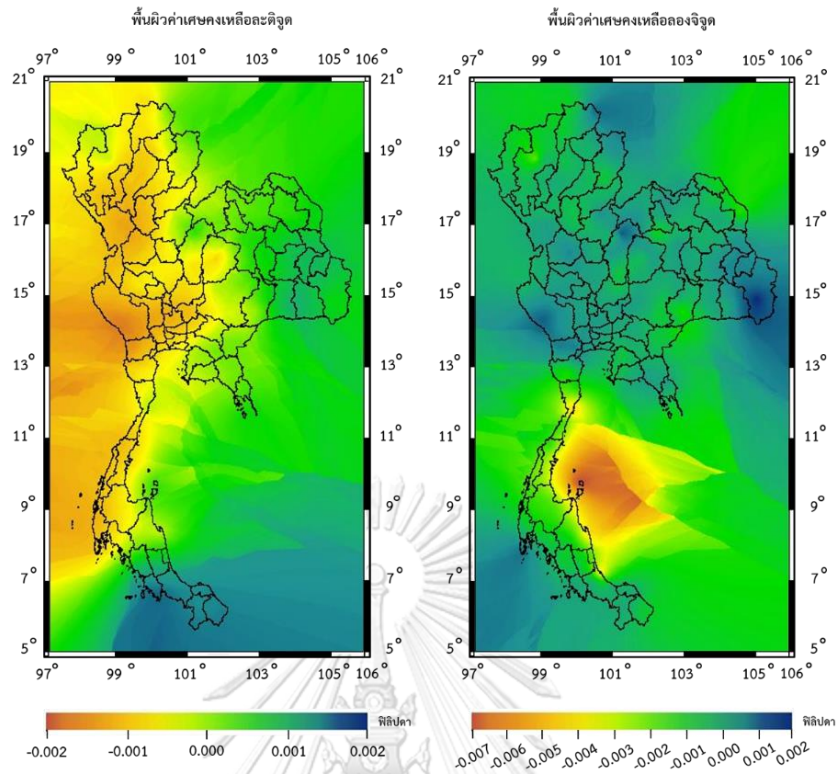
รูปที่ 54 แสดงพื้นที่ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 3

4.4.2 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging

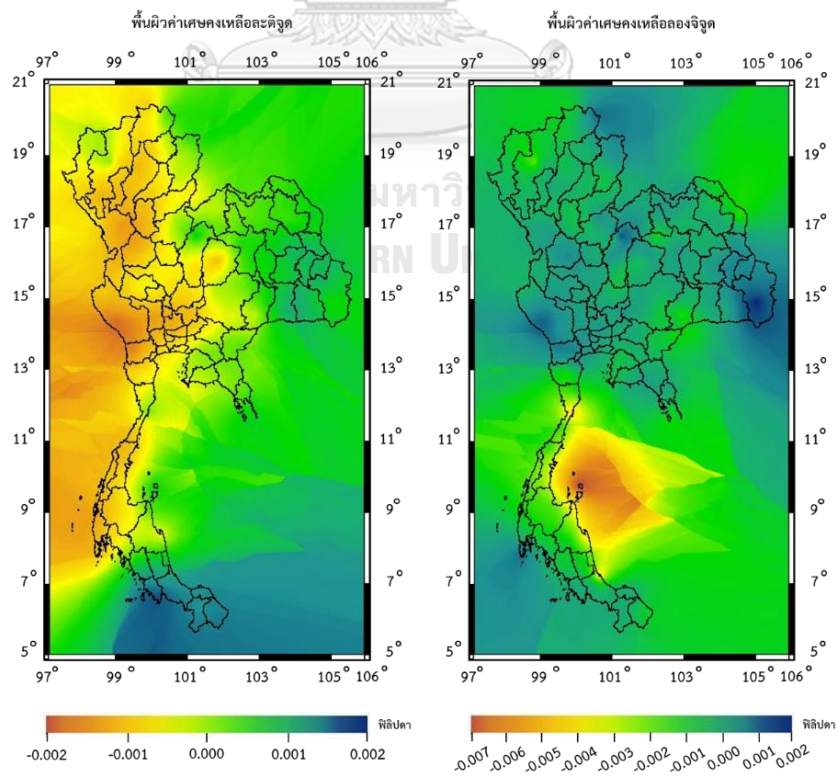
ใช้แบบจำลอง (Semi-variogram model) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อความเหมาะสมกับจุดข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งจะใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ในการประมาณค่าในช่วง โดยเลือกแบบจำลอง (Semi-variogram model) คือ Spherical, Circular, Exponential, Gaussian และ Linear ตามลำดับ ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการประมาณค่าในช่วงดังนี้



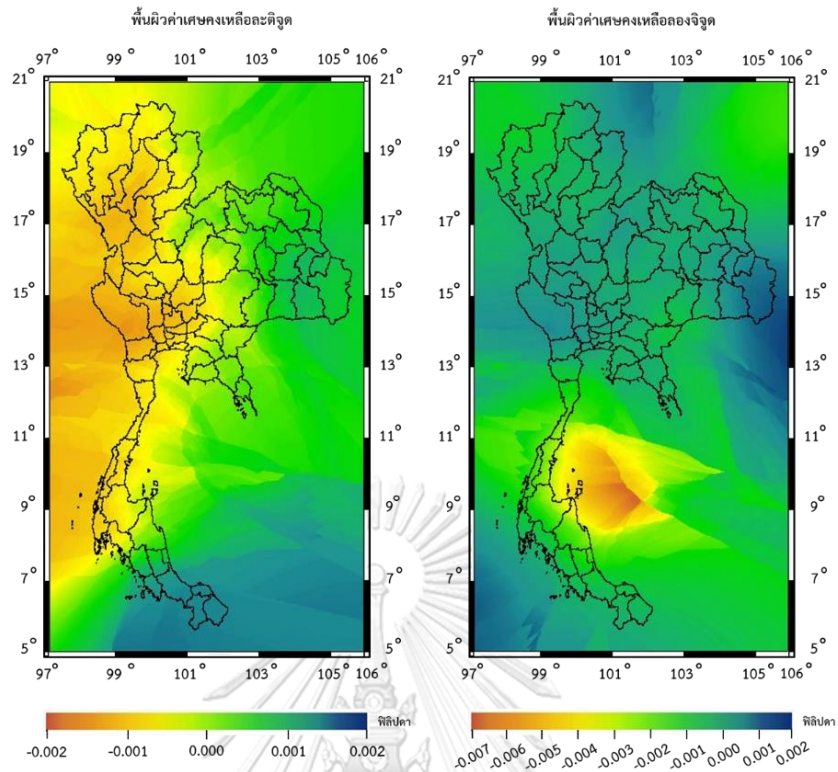
รูปที่ 55 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Spherical



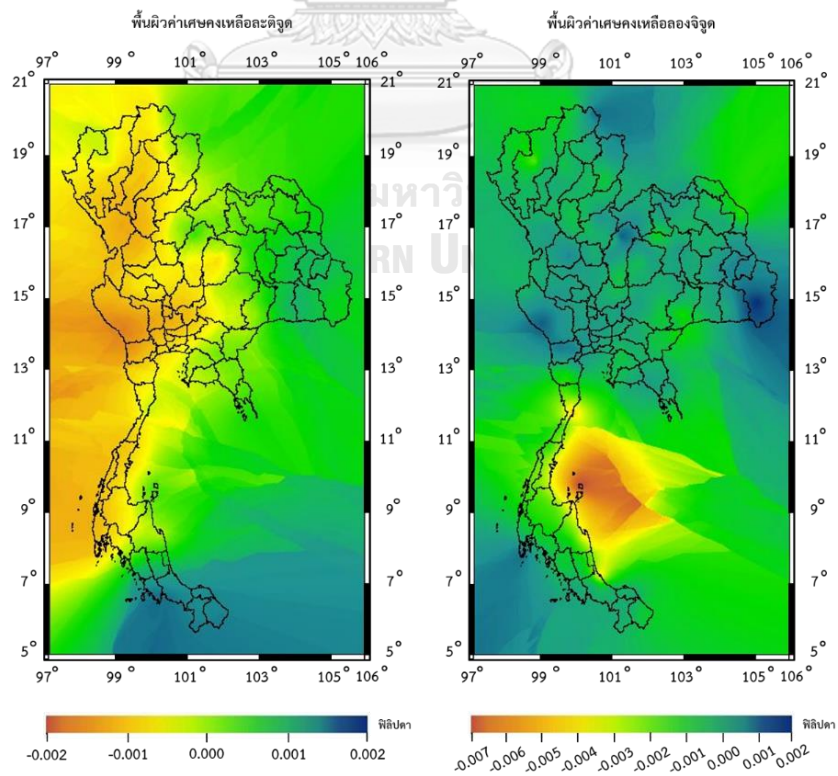
รูปที่ 56 แสดงพื้นที่ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Circular



รูปที่ 57 แสดงพื้นที่ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Exponential



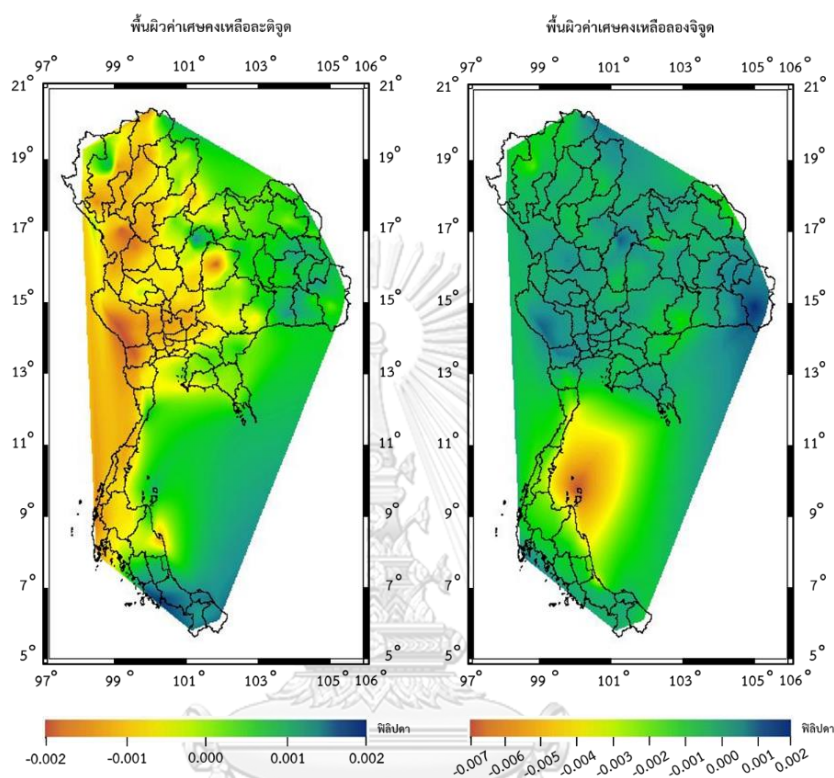
รูปที่ 58 แสดงพื้นที่ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Gaussian



รูปที่ 59 แสดงพื้นที่ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Linear

4.4.3 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor

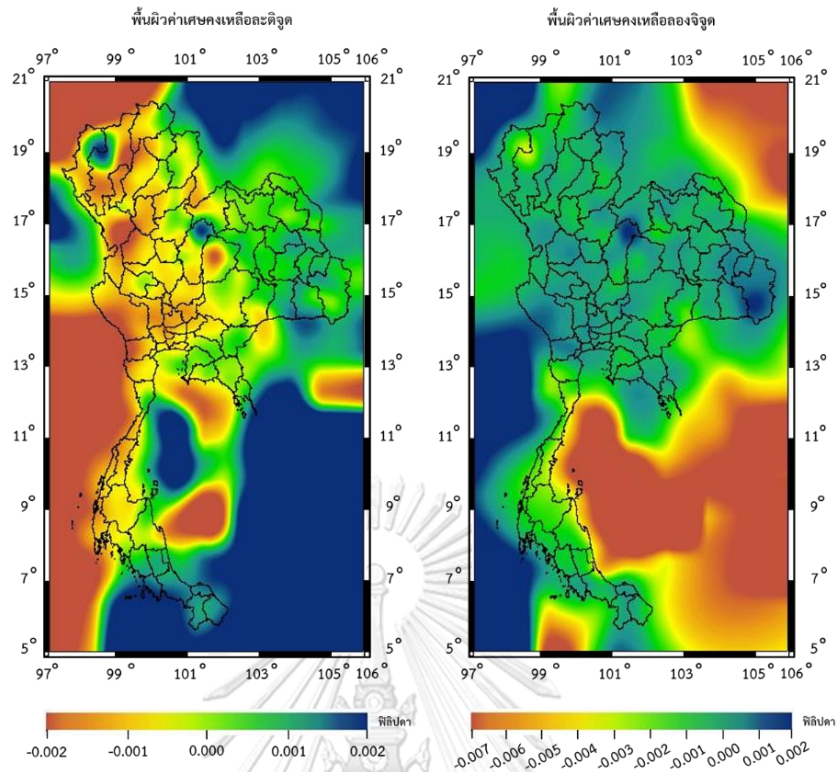
ใช้การสร้างโรรอยล้อมรอบจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดที่ต้องการทราบ โดยใช้ค่าน้ำหนักตามอัตราส่วนขนาดพื้นที่ของโรรอยในการประมาณค่า ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการประมาณค่าในช่วงดังนี้



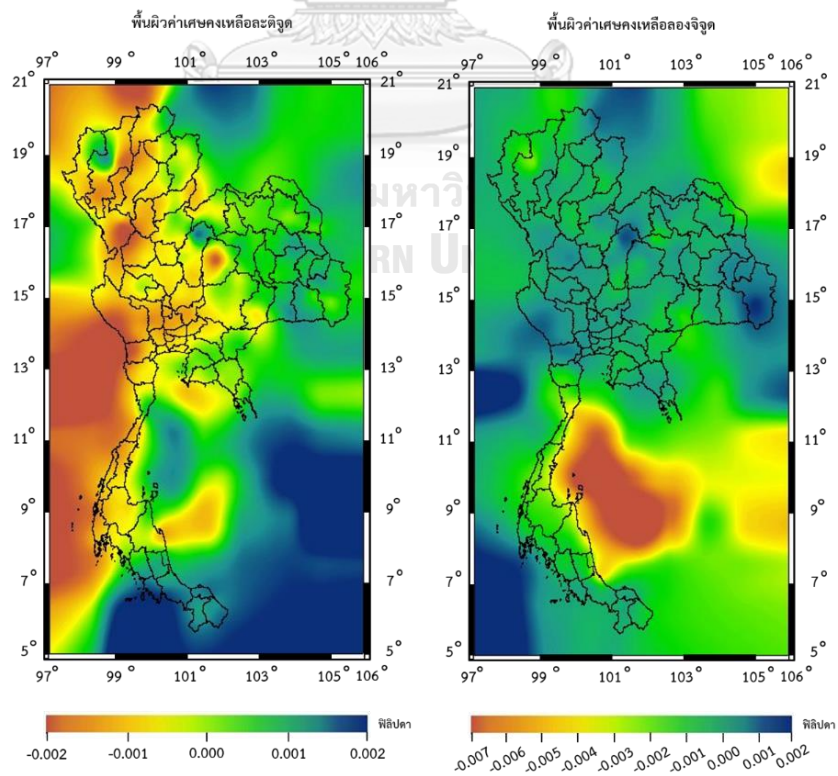
รูปที่ 60 แสดงพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor

4.4.4 พื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline

ใช้ประเภท (Spline type) ในการประมาณค่าในช่วงให้พอดีกับจุดข้อมูลตัวอย่าง เหมือนกับการบิดของแผ่นยางผ่านจุดข้อมูลตัวอย่าง โดยเลือกประเภท (Spline type) คือ Regularized และ Tension ตามลำดับ ซึ่งได้ผลลัพธ์จากการประมาณค่าในช่วงดังนี้



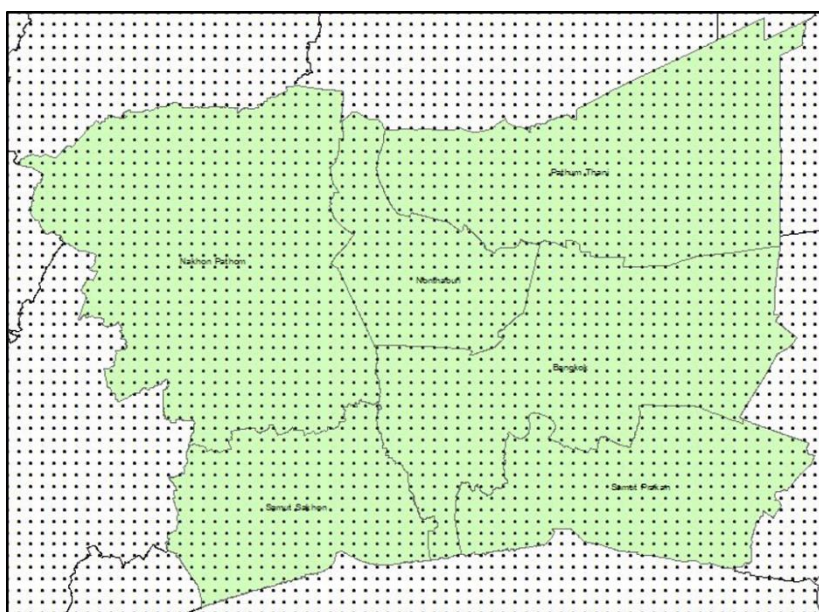
รูปที่ 61 แสดงพื้นที่ค่าเศษยกเหลือนิจจุดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Regularized



รูปที่ 62 แสดงพื้นที่ค่าเศษยกเหลือนิจจุดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Tension

4.5 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ

การสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริดจะใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS Desktop 10.8 ในการสร้างตำแหน่งกริดที่ระยะ 1 ลิปดา หรือประมาณ 1.85 กิโลเมตร โดยครอบคลุมพื้นที่ $97^{\circ} - 106^{\circ}E$ และ $5^{\circ} - 21^{\circ}N$ จะได้ตำแหน่งกริดจำนวน 519,901 ตำแหน่ง โดยแบ่งตามแนวแถว (Rows) เท่ากับ 961 ตำแหน่ง และแนวคอลัมน์ (Column) เท่ากับ 541 ตำแหน่ง ซึ่งได้ผลลัพธ์แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 63 แสดงตัวอย่างตำแหน่งกริดที่ระยะ 1 ลิปดาในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล

ตารางที่ 26 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00189	-0.00673	-0.0566	-0.2019
ค่าสูงสุด	0.00212	0.00254	0.0635	0.0761
ค่าเฉลี่ย	0.00022	-0.00031	0.0065	-0.0093
ค่า RMS	0.00077	0.00095	0.0232	0.0285

ตารางที่ 27 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 2

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00195	-0.00703	-0.0585	-0.2109
ค่าสูงสุด	0.00221	0.00266	0.0663	0.0798
ค่าเฉลี่ย	0.00022	-0.00032	0.0067	-0.0096
ค่า RMS	0.00080	0.00102	0.0240	0.0306

ตารางที่ 28 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 3

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00195	-0.00703	-0.0585	-0.2109
ค่าสูงสุด	0.00221	0.00266	0.0663	0.0798
ค่าเฉลี่ย	0.00023	-0.00033	0.0070	-0.0099
ค่า RMS	0.00083	0.00108	0.0248	0.0325

ตารางที่ 29 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Spherical

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00143	-0.00700	-0.0429	-0.2100
ค่าสูงสุด	0.00183	0.00265	0.0549	0.0795
ค่าเฉลี่ย	0.00025	-0.00049	0.0076	-0.0147
ค่า RMS	0.00082	0.00136	0.0245	0.0408

ตารางที่ 30 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Circular

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00140	-0.00700	-0.0420	-0.2100
ค่าสูงสุด	0.00181	0.00265	0.0543	0.0795
ค่าเฉลี่ย	0.00025	-0.00049	0.0075	-0.0147
ค่า RMS	0.00081	0.00136	0.0243	0.0408

ตารางที่ 31 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Exponential

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00149	-0.00700	-0.0447	-0.2100
ค่าสูงสุด	0.00188	0.00265	0.0564	0.0795
ค่าเฉลี่ย	0.00026	-0.00047	0.0077	-0.0142
ค่า RMS	0.00083	0.00130	0.0248	0.0391

ตารางที่ 32 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Gaussian

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00123	-0.00610	-0.0369	-0.1830
ค่าสูงสุด	0.00172	0.00229	0.0516	0.0687
ค่าเฉลี่ย	0.00024	-0.00039	0.0072	-0.0116
ค่า RMS	0.00079	0.00122	0.0238	0.0365

ตารางที่ 33 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging แบบจำลอง Linear

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00137	-0.00700	-0.0411	-0.2100
ค่าสูงสุด	0.00178	0.00265	0.0534	0.0795
ค่าเฉลี่ย	0.00025	-0.00048	0.0074	-0.0145
ค่า RMS	0.00080	0.00136	0.0241	0.0408

ตารางที่ 34 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00194	-0.00700	-0.0582	-0.2100
ค่าสูงสุด	0.00220	0.00264	0.0660	0.0792
ค่าเฉลี่ย	0.00007	-0.00024	0.0021	-0.0073
ค่า RMS	0.00055	0.00098	0.0165	0.0293

ตารางที่ 35 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Regularized

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.01657	-0.01384	-0.4971	-0.4152
ค่าสูงสุด	0.01069	0.01472	0.3207	0.4416
ค่าเฉลี่ย	0.00090	-0.00150	0.0269	-0.0450
ค่า RMS	0.00338	0.00442	0.1013	0.1326

ตารางที่ 36 แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Spline ประเภท Tension

ค่าทางสถิติ	ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00361	-0.00870	-0.1083	-0.2610
ค่าสูงสุด	0.00380	0.00430	0.1140	0.1290
ค่าเฉลี่ย	0.00042	-0.00076	0.0125	-0.0228
ค่า RMS	0.00138	0.00203	0.0413	0.0610

4.6 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

การแปลงไฟล์ของแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ CSCS Model Convert ในรูปแบบของ Generic ASCII (.txt) ให้อยู่ในรูปแบบของ CSCS (.csc) โดยกำหนดให้แบบจำลองของการปรับแก้ (Model types) เป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงของค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ (Interpolation Method) แบบเชิงเส้นคู่ (Bi-Linear) ใช้ตำแหน่งเริ่มต้นที่มุมล่างซ้าย (5° N, 97° E) และสิ้นสุดที่มุมบนขวา (21° N, 106° E) ซึ่งมีทิศทาง (Reading Direction) จากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก (W-E) และทิศใต้ขึ้นไปทิศเหนือ (S-N) ตามลำดับ ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบไฟล์ของแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบดังแสดงในรูปที่ 64

```

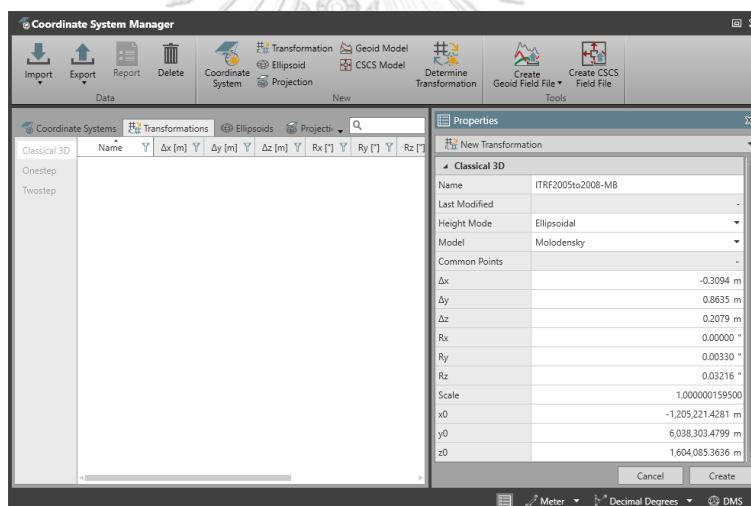
File Edit Search View Encoding Language Settings Tools Macro Run
IDW-1.txt
1 IDW-1
2 3;0;1
3 1;2;961;541
4 349200;18000;60;60
5 1
6 -0.00061;-0.00003
7 -0.00064;-0.00003
8 -0.00066;-0.00002
9 -0.00068;-0.00002
10 -0.00067;-0.00003
11 -0.00069;-0.00003
12 -0.00070;-0.00002
13 -0.00072;-0.00002
14 -0.00073;-0.00002
15 -0.00074;-0.00002
16 -0.00075;-0.00002
17 -0.00078;-0.00001
18 -0.00079;-0.00001
19 -0.00080;-0.00001
20 [etc.; etc.]

```

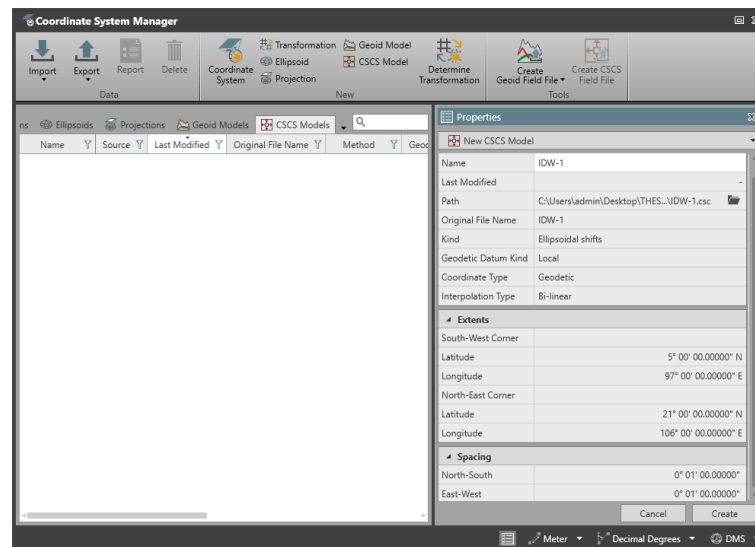
รูปที่ 64 แสดงรูปแบบไฟล์ของแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

จากตัวอย่างการจัดรูปแบบไฟล์ Generic ASCII (.txt) ตามรูปแบบของ CSCS Model ข้างต้น คือ แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) ค่ายกกำลัง 1 โดยบรรทัดที่ 1 – 5 ประกอบด้วยชื่อแบบจำลองว่า IDW-1 เป็นแบบจำลองของการปรับแก้ค่าพิกัดในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นคู่ อ่านค่าพิกัดเริ่มต้นที่ตำแหน่งกริดมุมล่างซ้ายโดยมีทิศทางจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก และทิศใต้ขึ้นไปทิศเหนือ มีตำแหน่งกริดตามแนวแถว 961 ตำแหน่ง และแนวคอลัมน์ 541 ตำแหน่ง โดยค่าพิกัดเริ่มต้นที่ 5° N, 97° E ระยะห่างระหว่างตำแหน่งกริด 1 ลิปดา ซึ่งมีเพียง 1 แบบจำลองหลักเท่านั้น และในส่วนบรรทัดที่ 6 เป็นต้นไปจะเป็นค่าเศษเหลือพิกัดทางละติจูดและลองจิจูดในหน่วยของฟิลิปดาตามลำดับ

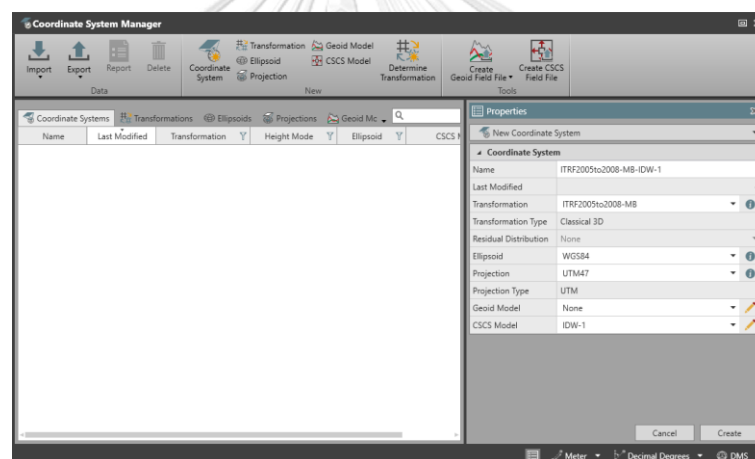
ในการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบแบบต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย พารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน และแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ ซึ่งแสดงตัวอย่างพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ และแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ในซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 ดังแสดงในรูปที่ 65 – 67



รูปที่ 65 แสดงพารามิเตอร์ด้วยแบบจำลอง Molodensky-Badekas



รูปที่ 66 แสดงแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1



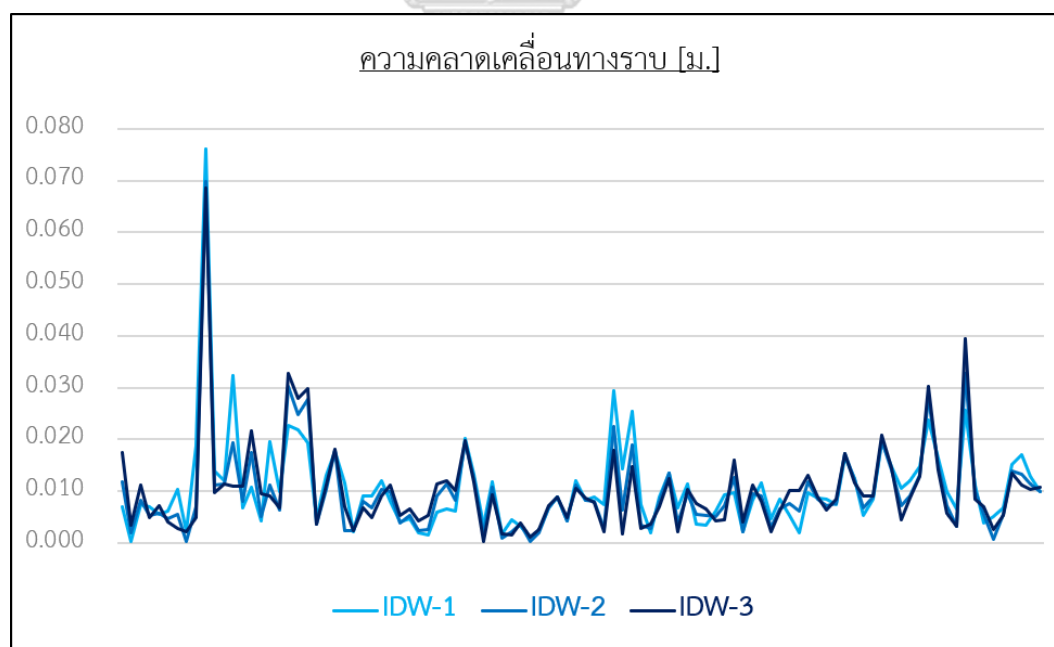
รูปที่ 67 แสดงแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

4.7 ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

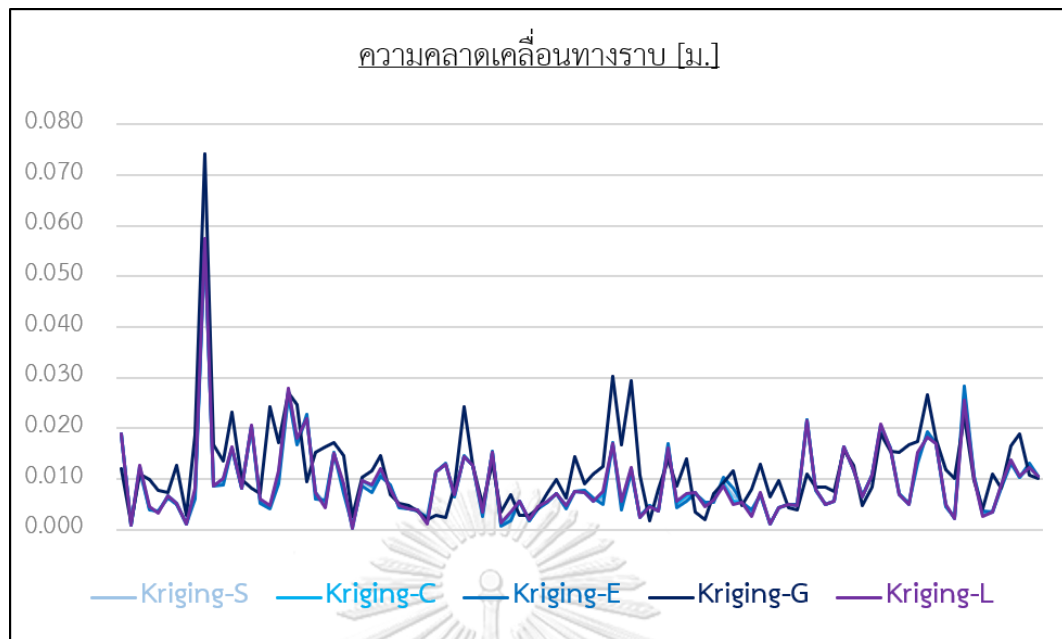
การเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพิกัดทางราบในระบบพิกัด UTM ด้วยการคำนวณหาค่าต่างทางทิศตะวันออก (ΔE) และทางทิศเหนือ (ΔN) แล้วคำนวณค่าคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ โดยใช้ข้อมูลหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งที่ได้ประมวลผลค่าพิกัดมาแล้วในหัวข้อที่ 4.1.3 ตารางที่ 9 โดยจะเปรียบเทียบค่าพิกัดทางราบบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ซึ่งได้ผลลัพธ์ความคลาดเคลื่อนทางราบและความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบดังนี้

ตารางที่ 37 ความคลาดเคลื่อนทางราบและความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ

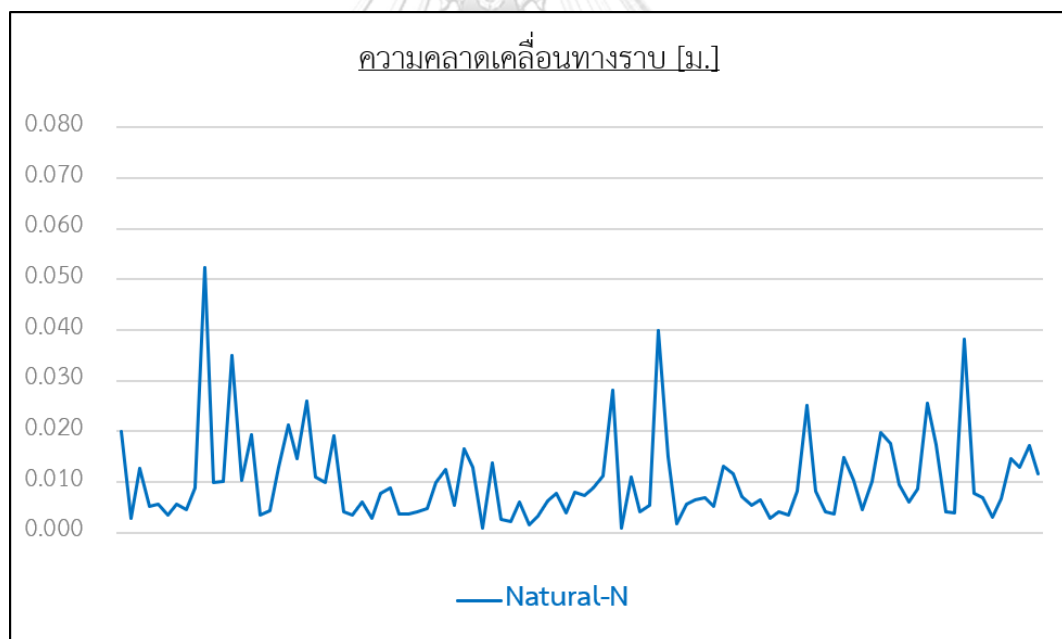
ลำดับ	แบบจำลองค่าปรับแก้ พิกัดทางราบ	ความคลาดเคลื่อนทางราบ [ม.]				
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	RMSE
1	IDW Power1	0.0003	0.0760	0.0106	0.0092	0.0140
2	IDW Power2	0.0003	0.0698	0.0098	0.0089	0.0132
3	IDW Power3	0.0003	0.0685	0.0101	0.0092	0.0136
4	Kriging Spherical	0.0004	0.0569	0.0091	0.0076	0.0118
5	Kriging Circular	0.0003	0.0572	0.0092	0.0076	0.0119
6	Kriging Exponential	0.0007	0.0567	0.0091	0.0076	0.0118
7	Kriging Gaussian	0.0013	0.0741	0.0118	0.0091	0.0148
8	Kriging Linear	0.0003	0.0574	0.0092	0.0076	0.0119
9	Natural Neighbor	0.0008	0.0523	0.0102	0.0088	0.0135
10	Spline Regularized	0.0009	0.0503	0.0117	0.0086	0.0145
11	Spline Tension	0.0015	0.0532	0.0103	0.0081	0.0131



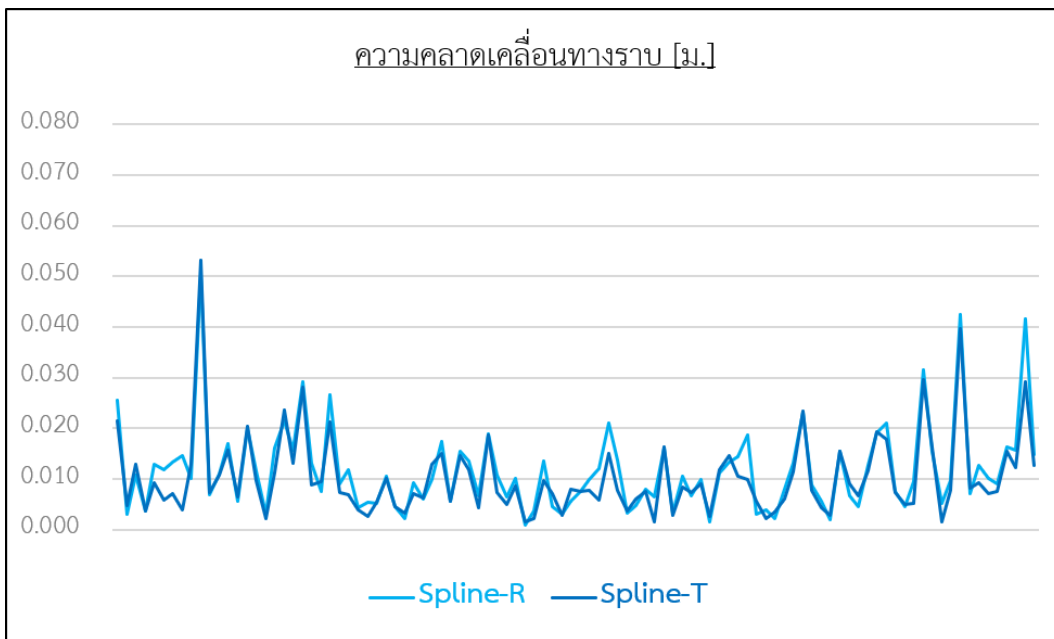
รูปที่ 68 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี IDW



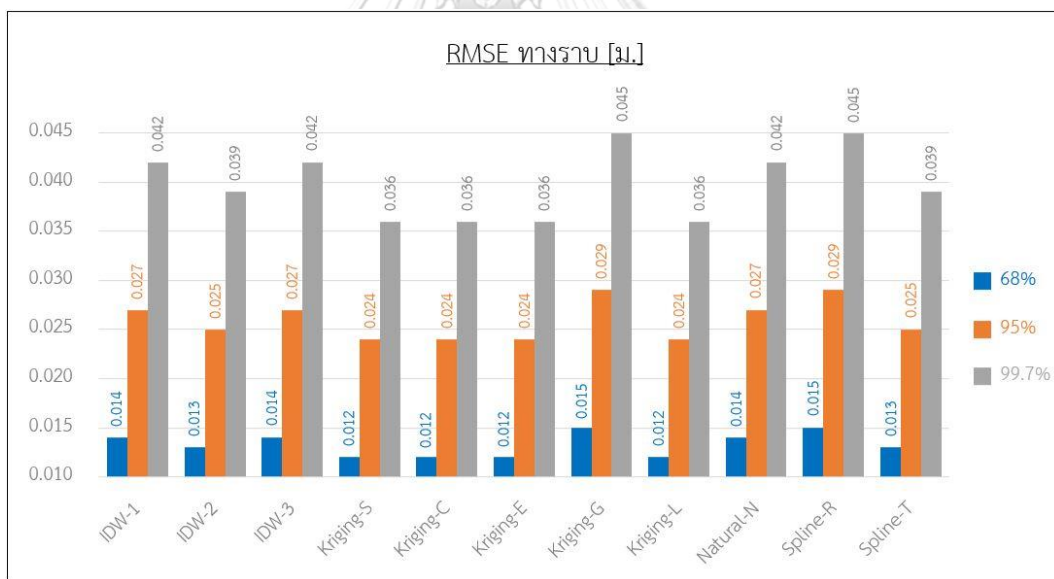
รูปที่ 69 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี Kriging



รูปที่ 70 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี Natural Neighbor



รูปที่ 71 แสดงกราฟความคลาดเคลื่อนทางราบของวิธี Spline



รูปที่ 72 แสดงกราฟความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

4.8 ความสามารถในการปรับแก้ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

การแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ ประกอบด้วย พารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบ สามารถใช้ปรับเปลี่ยนค่าพิกัด

ทางราบให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ซึ่งการประเมินความสามารถของแบบจำลองที่สามารถปรับแก้ค่าพิกัดทางราบให้มีความถูกต้องสูงขึ้น โดยสามารถลดขนาดของความคลื่อนทางราบให้มีขนาดต่ำลง ซึ่งได้ผลลัพธ์ความสามารถของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบดังนี้

ตารางที่ 38 ความสามารถของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบในการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับ ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10

ลำดับ	ปรับแก้ค่าพิกัด ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008	ความถูกต้องค่าพิกัด [มมด]			ลดขนาดความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		ดีขึ้น	แย่ลง	เท่าเดิม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1	IDW Power1	99	1	0	0.0089	0.1908	0.1273
2	IDW Power2	99	1	0	0.0004	0.1986	0.1280
3	IDW Power3	98	2	0	0.0311	0.2032	0.1291
4	Kriging Spherical	100	0	0	0.0060	0.2008	0.1274
5	Kriging Circular	100	0	0	0.0060	0.2006	0.1273
6	Kriging Exponential	100	0	0	0.0055	0.2012	0.1275
7	Kriging Gaussian	99	1	0	0.0188	0.1882	0.1261
8	Kriging Linear	100	0	0	0.0058	0.2003	0.1273
9	Natural Neighbor	100	0	0	0.0022	0.2042	0.1263
10	Spline Regularized	99	1	0	0.0129	0.2094	0.1261
11	Spline Tension	99	0	1	0.0100	0.2089	0.1275

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบและเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพิกัดทางราบสำหรับใช้ในการแปลงพิกัดพื้นฐานระหว่างกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 และ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 เพื่อรองรับการปรับเปลี่ยนค่าพิกัดทางราบให้สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกและสามารถใช้งานร่วมกันระหว่างหน่วยงาน โดยใช้สถานีอ้างอิงถาวร 229 สถานีที่กระจายตัวทั่วพื้นที่ประเทศไทยเป็นหมุดร่วมในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพิกัดพื้นฐานด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas และสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยการประมาณค่าในช่วง 4 วิธีซึ่งประกอบด้วย วิธี Inverse Distance Weighted (IDW), วิธี Kriging, วิธี Natural Neighbor และวิธี Spline แล้วนำพารามิเตอร์ของการแปลงพิกัดพื้นฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบมาสร้างเป็นแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ โดยดำเนินการตรวจสอบด้วยหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งที่กระจายตัวทั่วพื้นที่ประเทศไทย ซึ่งได้อภิปรายผลการวิจัยและผลการวิเคราะห์แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบดังนี้

5.1 อภิปรายผลความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

จากการเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าพิกัดทางราบที่ได้จากการแปลงพิกัดพื้นฐานด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบโดยใช้หมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW

ใช้ค่ายกกำลัง (Power) เท่ากับ 1, 2 และ 3 ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.4, 1.3 และ 1.4 ซม. ตามลำดับ โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยอยู่ที่ 1.1 ± 0.9 , 1.0 ± 0.9 และ 1.0 ± 0.9 ซม. ตามลำดับ และมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดอยู่ที่ 7.6, 7.0 และ 6.9 ซม. ตามลำดับ

5.1.2 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging

ใช้แบบจำลอง (Semi-Variogram model) คือ Spherical, Circular, Exponential, Gaussian และ Linear ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.2, 1.2, 1.2, 1.5 และ 1.2 ซม. ตามลำดับ โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยอยู่ที่ 0.9 ± 0.8 , 0.9 ± 0.8 , 0.9 ± 0.8 , $1.2 \pm$

0.9 และ 0.9 ± 0.8 ซม. ตามลำดับ และมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดอยู่ที่ 5.7, 5.7, 5.7, 7.4 และ 5.7 ซม. ตามลำดับ

5.1.3 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor

ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.4 ซม. โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยอยู่ที่ 1.0 ± 0.9 ซม. และมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดอยู่ที่ 5.2 ซม.

5.1.4 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Spline

โดยใช้ประเภท (Spline type) คือ Regularized และ Tension ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.5 และ 1.3 ซม. ตามลำดับ โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยอยู่ที่ 1.2 ± 0.9 และ 1.0 ± 0.8 ซม. ตามลำดับ และมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดอยู่ที่ 5.0 และ 5.3 ซม. ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผลความสามารถในการปรับแก้ของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

จากการประเมินความสามารถของแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบในการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 ของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW

โดยใช้ค่ายกกำลัง (Power) เท่ากับ 1, 2 และ 3 สามารถปรับแก้ค่าพิกัดทางราบให้มีความถูกต้องสูงขึ้น 99, 99 และ 98 ตำแหน่ง ตามลำดับ โดยสามารถลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยได้ 12.7, 12.8 และ 12.9 ซม. ตามลำดับ ซึ่งลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดได้ 19.1, 19.9 และ 20.3 ซม. ตามลำดับ

5.2.2 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging

โดยใช้แบบจำลอง (Semi-variogram model) คือ Spherical, Circular, Exponential, Gaussian และ Linear สามารถปรับแก้ค่าพิกัดทางราบให้มีความถูกต้องสูงขึ้น 100, 100, 100, 99 และ 100 ตำแหน่ง ตามลำดับ โดยสามารถลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยได้ 12.7, 12.7, 12.7, 12.6 และ 12.7 ซม. ตามลำดับ ซึ่งลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดได้ 20.1, 20.1, 20.1, 18.8 และ 20.0 ซม. ตามลำดับ

5.2.3 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor

สามารถปรับแก้ค่าพิกัดทางราบให้มีความถูกต้องสูงขึ้น 100 ตำแหน่ง ตามลำดับ โดยสามารถลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยได้ 12.6 ซม. ซึ่งลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดได้ 20.4 ซม.

5.2.4 แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี Spline

โดยใช้ประเภท (Spline type) คือ Regularized และ Tension สามารถปรับแก้ค่าพิกัดทางราบให้มีความถูกต้องสูงขึ้น 99 และ 99 ตำแหน่ง ตามลำดับ โดยสามารถลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยได้ 12.6 และ 12.7 ซม. ตามลำดับ ซึ่งลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดได้ 20.9 และ 20.9 ซม. ตามลำดับ

โดยสรุปผลการแปลงพื้นหลักฐานของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ในประเทศไทยด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบซึ่งประกอบด้วย พารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas และแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW, Kriging, Natural Neighbor และ Spline มีความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 1.4, 1.2, 1.4 และ 1.4 ซม. ตามลำดับ โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยอยู่ที่ 1.0 ± 0.9 , 1.0 ± 0.8 , 1.0 ± 0.9 และ 1.1 ± 0.8 ซม. ตามลำดับ และมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดอยู่ที่ 7.6, 6.0, 5.2 และ 5.2 ซม. ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยได้ 12.8, 12.7, 12.6 และ 12.7 ซม. ตามลำดับ และลดขนาดของความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดได้ 19.8, 19.8, 20.4 และ 20.9 ซม. ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 2.7, 2.4, 2.6 และ 2.7 ซม. ตามลำดับ และที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7% มีความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบอยู่ที่ 4.1, 3.7, 4.0 และ 4.1 ซม. ตามลำดับ

ดังนั้นแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบซึ่งประกอบด้วย พารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas และแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging ให้ค่าพิกัดทางราบมีความถูกต้องสูงที่สุด ซึ่งสามารถแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ในประเทศไทยให้มีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 2 ซม. และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 3 ซม. และที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7% มีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่า 4 ซม. ตามลำดับ

5.3 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนทางราบในกรณีก่อนและหลังการแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ

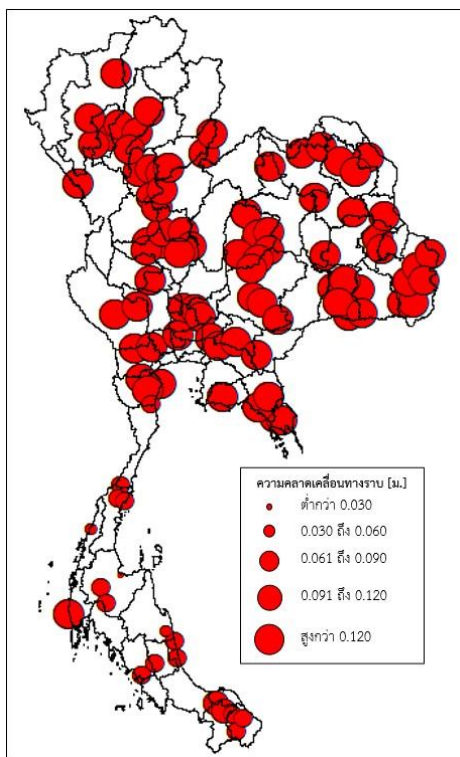
ตารางที่ 39 ความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10

กรณีเปรียบเทียบ	ความคลาดเคลื่อนทางราบ [ม.]				
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD	RMSE
ก่อนแปลงพื้นหลักฐาน	0.0282	0.2126	0.1365	0.0366	0.1413
แปลงพื้นหลักฐานด้วยพารามิเตอร์	0.0017	0.1099	0.0309	0.0223	0.0380
ปรับแก้ด้วยแบบจำลองค่าเศษเหลือ	0.0004	0.0569	0.0091	0.0076	0.0118

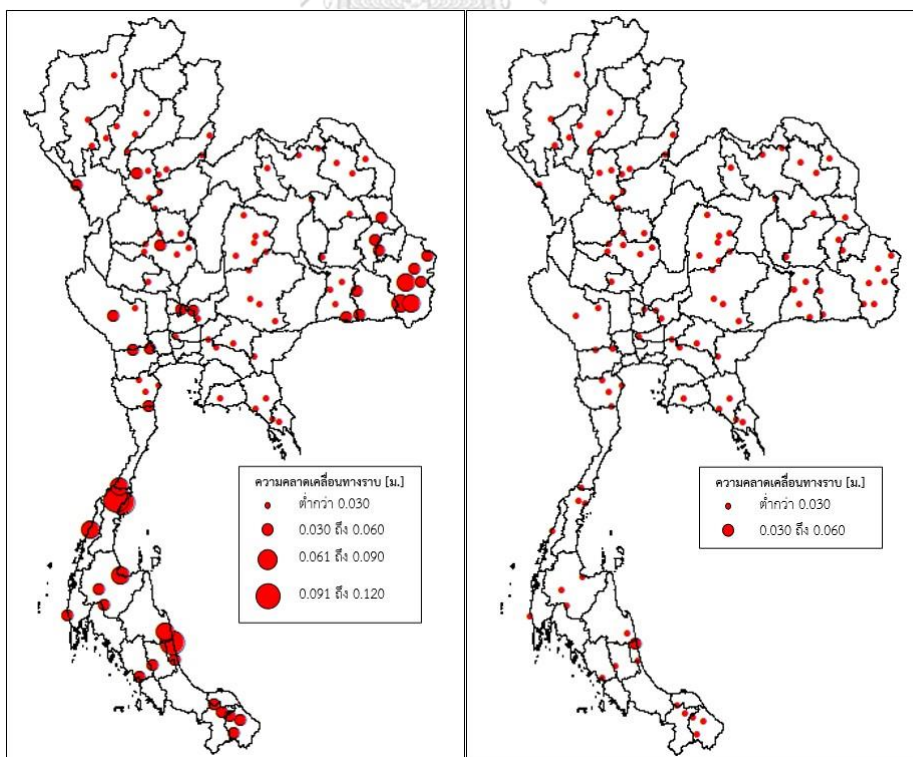
จากตารางที่ 39 การอ้างอิงค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่แตกต่างกันย่อมจะส่งต่อความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ เนื่องจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

ก่อนการแปลงพื้นหลักฐาน โดยค่าพิกัดจะอ้างอิงอยู่บนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 จะพบว่ามีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยประมาณ 14 ซม. โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดประมาณ 21 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 73

หลังจากการแปลงพื้นหลักฐาน โดยพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas ให้อยู่บนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 จะพบว่ามีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยประมาณ 3 ซม. โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดประมาณ 11 ซม. และเมื่อปรับแก้ค่าพิกัดเพิ่มเติมด้วยค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Kriging จะพบว่ามีความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยลดลงมาเหลือประมาณ 1 ซม. โดยมีความคลาดเคลื่อนทางราบสูงสุดลดลงมาเหลือประมาณ 6 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 74



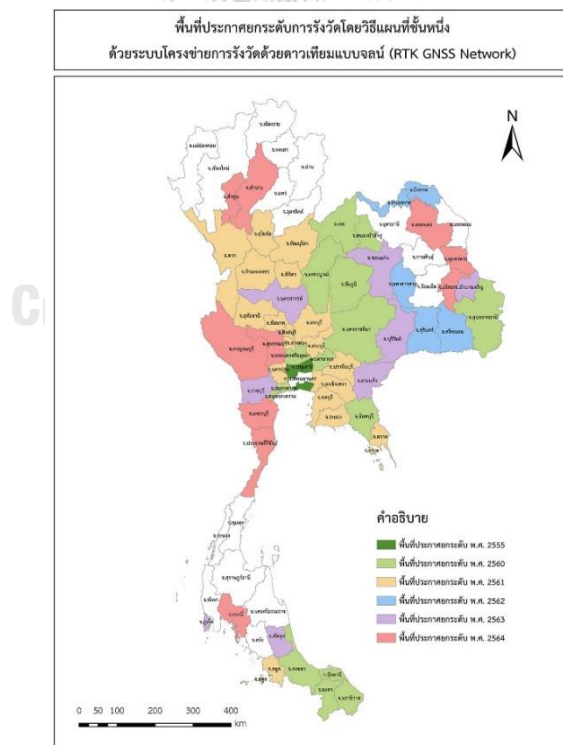
รูปที่ 73 แสดงความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบก่อนแปลงพื้นหลักฐาน



รูปที่ 74 แสดงความคลาดเคลื่อนทางราบของหมุดทดสอบหลังแปลงพื้นหลักฐาน

5.4 วิเคราะห์แนวทางในการปรับเปลี่ยนพื้นหลักฐานหมุดหลักฐานแผนที่และหลักเขตที่ดินของหน่วยงานกรมที่ดิน

จากการที่หน่วยงานกรมที่ดินได้ดำเนินการรังวัดและทำแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียดแปลงที่ดิน โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งในระบบพิกัดฉากยูทีเอ็ม โดยการวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่แล้วสร้างเป็นระวางแผนที่สำหรับการออกโฉนดที่ดินด้วยการรังวัดโดยยึดหลักเขตที่ดินด้วยกล้องรีโอดไลท์ และเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้กล้องสำรวจแบบประมวลรวมเพื่อคำนวณเป็นค่าพิกัดฉากสืบเนื่องจากหมุดหลักฐานแผนที่และคำนวณเนื้อที่แปลงที่ดินโดยวิธีคณิตศาสตร์จากค่าพิกัดฉากของแต่ละมุมเขต (กรมที่ดิน, 2542) ปัจจุบันได้ดำเนินการปรับปรุงและนำเทคโนโลยีวิธีการรังวัดทำแผนที่โดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) มาใช้ในการรังวัดทำแผนที่ด้วยการหาค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่เพื่อใช้โยงยึดหลักเขตที่ดินหรือหาค่าพิกัดหลักเขตที่ดินโดยตรงด้วยระบบดาวเทียมนำทาง (Global Navigation Satellite System; GNSS) เพื่อยกระดับมาตรฐานการรังวัดทำแผนที่ให้มีความละเอียดแม่นยำถูกต้องสูง สามารถตอบสนองการให้บริการประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กรมที่ดิน, 2562) ซึ่งได้ดำเนินการติดตั้งสถานีและบูรณาการระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ โดยประกาศ ฯ ถึงปีงบประมาณ พ.ศ.2563 จำนวน 49 จังหวัด ดังแสดงในรูปที่ 75



รูปที่ 75 แสดงพื้นที่ประกาศยกระดับการรังวัดโดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วย RTK GNSS Network

(<https://www.dol.go.th/survey/Pages/surveyprice.aspx>)

ในการรังวัดแผนที่ชั้นที่หนึ่งต้องคำนวณเป็นค่าพิกัดฉากสืบเนื่องจากหมุดหลักฐานแผนที่ของกรมที่ดิน หรือการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์หาค่าพิกัดหมุดหลักฐานแผนที่หรือหลักเขตที่ดินโดยตรงซึ่งค่าพิกัดจะอ้างอิงพื้นหลักฐานเดียวกับสถานีอ้างอิงถาวร โดยกรมที่ดินใช้พื้นหลักฐานอ้างอิงทำงานบนกรอบกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 อย่างที่ทราบตำแหน่งค่าพิกัดจะเปลี่ยนแปลงตามการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลก และการเปลี่ยนแปลงพื้นหลักฐานหรือระบบพิกัดอ้างอิงจะส่งผลกระทบต่อตำแหน่งค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแผนที่ทั้งโครงข่าย ฯ ซึ่งรวมถึงหลักเขตที่ดินและเนื้อที่แปลงที่ดินด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิเคราะห์และตรวจสอบการปรับเปลี่ยนพื้นหลักฐานของค่าพิกัดฉากหลักเขตที่ดินด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10 แล้วคำนวณเนื้อที่แปลงที่ดินตามแบบคำนวณเนื้อที่ (ร.ว.๒๕ จ) ของกรมที่ดิน เพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่แปลงที่ดินเดิม โดยจะใช้ข้อมูลตัวอย่างแบบคำนวณเนื้อที่ (ร.ว.๒๕ จ) ที่แนบท้ายระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการรังวัดทำแผนที่โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) พ.ศ.๒๕๖๒ หน้า 27 (กรมที่ดิน, 2562) ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 40 ค่าพิกัดฉากหลักเขตที่ดิน ระบุว่า 5136IV6636-11(1/1000) โซน 47 ตำบลคลองเกลือ อำเภอบางเกร็ง จังหวัดนนทบุรี

ลำดับ	หลักเขตที่ดิน	ค่าพิกัด ITRF2005 [ม.]		ค่าพิกัด ITRF2008 [ม.]		ค่าต่างพิกัด [ม.]		
		ออก	เหนือ	ออก	เหนือ	ออก	เหนือ	ทางราบ
1	2ค-6699	667234.896	1536970.599	667235.035	1536970.554	0.139	-0.045	0.146
2	ภู4-0114	667234.047	1536953.651	667234.186	1536953.606	0.139	-0.045	0.146
3	8ข-3064	667253.314	1536970.727	667253.453	1536970.682	0.139	-0.045	0.146
4	8ข-3934	667264.227	1536970.428	667264.366	1536970.383	0.139	-0.045	0.146
5	8ข-4022	667252.839	1536953.137	667252.978	1536953.092	0.139	-0.045	0.146
6	8ข-4048	667245.317	1536970.947	667245.456	1536970.902	0.139	-0.045	0.146
7	8ข-4147	667244.842	1536953.356	667244.981	1536953.311	0.139	-0.045	0.146
8	8ข-4708	667263.517	1536952.845	667263.656	1536952.800	0.139	-0.045	0.146
9	8ข-4805	667234.928	1536971.232	667235.067	1536971.187	0.139	-0.045	0.146
				ค่าต่ำสุด		0.139	-0.045	0.146
				ค่าสูงสุด		0.139	-0.045	0.146
				ค่าเฉลี่ย		0.139	-0.045	0.146
				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.000	0.000	0.000

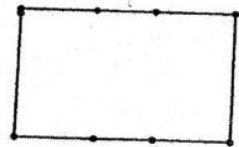
ตัวอย่าง แบบคำนวณเนื้อที่ (ร.ว. ๒๕ จ)

1/4
(ร.ว. ๒๕ จ)

แบบคำนวณเนื้อที่

ราช..... บริษัทมั่นคงเกษตรการ จำกัด..... เลขที่ดิน..... ราวาง 5136IV6636-11(1/1000) โฉน 47
ตำบล..... กลองเกล็ด..... อำเภอ..... ปากเกร็ด..... จังหวัด..... นนทบุรี
รายการคำนวณเลขที่ 07/07/2556 - 2039
DOL SURVEY 2.0.3.0

หลักเขตที่ดิน	ผลต่าง พิกัดฉาก เหนือ น.(+)/ค.(-) เมตร	พิกัดฉาก ยู ที เอ็ม		เนื้อที่		เนื้อที่บนพื้นที่จริง = เนื้อที่ในระบบพิกัดฉาก ยู ที เอ็ม $C^2 \times K^2$ ค่าสัมประสิทธิ์ (C) =0.99999 ค่าตัวคูณมาตราส่วน (K) =0.99994 เนื้อที่ 0 - 1 -29.3 ไร่ เนื้อที่คำนวณ 0 - 1 -29.33 ไร่ แปลงรวม
		เหนือ เมตร	ออก เมตร	ผลบวกพิกัดฉาก ออกเป็นคู่ๆ	ผลบวก x น. (+) ผลบวก x ค. (-)	
				เมตร	ตารางเมตร	
8ข-4805		1536 971.232	667 234.928			
2ข-6699	- 0.633	1536 970.599	667 234.896	1 334 469.824	- 844 719.398	
๗4-0114	- 16.948	1536 953.651	667 234.047	1 334 468.943	-22 616 579.645	
8ข-4147	- 0.295	1536 953.356	667 244.842	1 334 478.889	- 393 671.272	
8ข-4022	- 0.219	1536 953.137	667 252.839	1 334 497.681	- 292 254.992	
8ข-4708	- 0.292	1536 952.845	667 263.517	1 334 516.356	- 389 678.775	
8ข-3934	17.583	1536 970.428	667 264.227	1 334 527.744	23 465 001.322	
8ข-3064	0.299	1536 970.727	667 253.314	1 334 517.541	399 020.744	
8ข-4048	0.220	1536 970.947	667 245.317	1 334 498.631	293 589.698	
8ข-4805	0.285	1536 971.232	667 234.928	1 334 480.245	380 326.869	
					1 034.551	
					517.275	



ผู้คำนวณ (นายพรยุทธ ใจประเสริฐ) ๒๗ ส.ค. ๒๕๕๖
ผู้ตรวจ (นายศักดิ์มา สัจจาผู้ก่อการ) ๒๗ ส.ค. ๒๕๕๖
หัวหน้าฝ่าย (นายรุ่งอรุณ ยอดเยี่ยม) ๒๘ ส.ค. ๒๕๕๖

กรมที่ดิน พินท์เมื่อวันที่ 23/08/2556 เวลา 19:14 น.

รูปที่ 76 แสดงตัวอย่างแบบคำนวณเนื้อที่ (ร.ว.๒๕ จ) และค่าพิกัดฉากหลักเขตที่ดิน (กรมที่ดิน, 2562)

THESIS - Test Area - Leica Infinity

File Home Processing Surfaces Point Cloud: Imaging Infrastructure Adjustment: Features External Service: ^

Import Export Reports Google Earth Point Station Observation Layers Map Services Images COGO Coordinates

View Inspector

Features TPS GNSS Level Imaging Infrastructure Adjustments Feature Coding

Points

Point Id	Y	Easting [m]	Northing [m]	Latitude [°]	Longitude [°]
2-6699 (14/05/2021 14:48:27)		667,234.896	1,536,970.599	13° 53' 52.22382" N	100° 32' 51.91606" E
4-0114 (14/05/2021 14:48:27)		667,234.047	1,536,953.651	13° 53' 51.67252" N	100° 32' 51.88412" E
8-3064 (14/05/2021 14:48:27)		667,253.314	1,536,970.727	13° 53' 52.22410" N	100° 32' 52.52958" E
8-3934 (14/05/2021 14:48:27)		667,264.227	1,536,970.428	13° 53' 52.21206" N	100° 32' 52.89302" E
8-4022 (14/05/2021 14:48:27)		667,252.839	1,536,953.137	13° 53' 51.65183" N	100° 32' 52.50996" E
8-4048 (14/05/2021 14:48:27)		667,245.317	1,536,970.947	13° 53' 52.23294" N	100° 32' 52.26326" E
8-4147 (14/05/2021 14:48:27)		667,244.842	1,536,953.356	13° 53' 51.66064" N	100° 32' 52.24363" E
8-4708 (14/05/2021 14:48:27)		667,263.517	1,536,952.845	13° 53' 51.64007" N	100° 32' 52.86557" E
8-4805 (14/05/2021 14:48:27)		667,234.928	1,536,971.232	13° 53' 52.24441" N	100° 32' 51.91727" E

Meter Decimal Degrees ITRF2005

รูปที่ 77 แสดงค่าพิกัดหลักเขตที่ดินบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005

THESIS - Test Area - Leica Infinity

File Home Processing Surfaces Point Cloud: Imaging Infrastructure Adjustment: Features External Service: ^

Import Export Reports Google Earth Point Station Observation Layers Map Services Images COGO Coordinates

View Inspector

Features TPS GNSS Level Imaging Infrastructure Adjustments Feature Coding

Points

Point Id	Y	Easting [m]	Northing [m]	Latitude [°]	Longitude [°]
2-6699 (14/05/2021 14:48:27)		667,235.035	1,536,970.554	13° 53' 52.22233" N	100° 32' 51.92069" E
4-0114 (14/05/2021 14:48:27)		667,234.186	1,536,953.606	13° 53' 51.67103" N	100° 32' 51.88875" E
8-3064 (14/05/2021 14:48:27)		667,253.453	1,536,970.682	13° 53' 52.22261" N	100° 32' 52.53421" E
8-3934 (14/05/2021 14:48:27)		667,264.366	1,536,970.383	13° 53' 52.21057" N	100° 32' 52.89765" E
8-4022 (14/05/2021 14:48:27)		667,252.978	1,536,953.092	13° 53' 51.65034" N	100° 32' 52.51459" E
8-4048 (14/05/2021 14:48:27)		667,245.456	1,536,970.902	13° 53' 52.23145" N	100° 32' 52.26789" E
8-4147 (14/05/2021 14:48:27)		667,244.981	1,536,953.311	13° 53' 51.65915" N	100° 32' 52.24826" E
8-4708 (14/05/2021 14:48:27)		667,263.656	1,536,952.800	13° 53' 51.63858" N	100° 32' 52.87020" E
8-4805 (14/05/2021 14:48:27)		667,235.067	1,536,971.187	13° 53' 52.24292" N	100° 32' 51.92190" E

Meter Decimal Degrees ITRF2005to2008-MB-Kriging-S

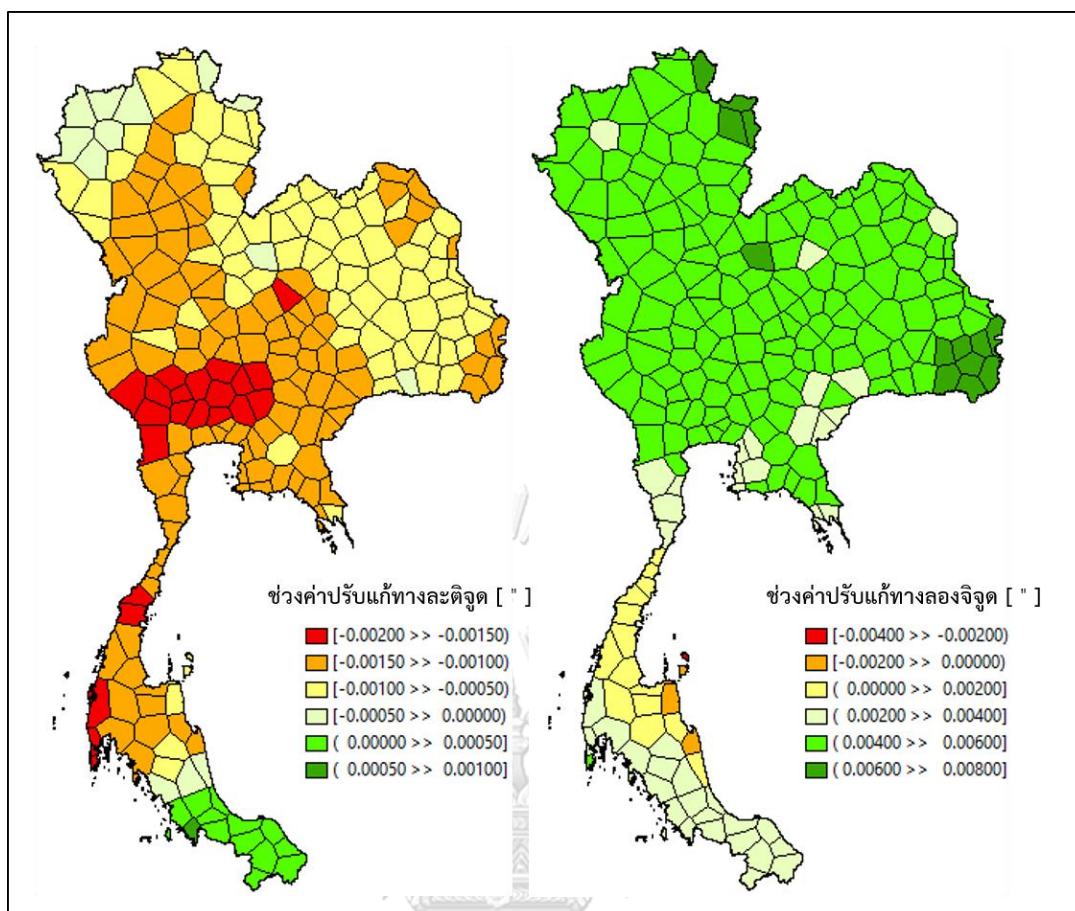
รูปที่ 78 แสดงค่าพิกัดหลักเขตที่ดินบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008

จากการเปรียบเทียบค่าพิกัดฉากหลักเขตที่ดินในพื้นที่ตัวอย่างพบว่าค่าพิกัดฉากบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2008 ที่ epoch2013.10 มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งทางราบจากค่าพิกัดฉากบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ที่ epoch2008.11 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้อยู่ที่ 14.6 ซม. เท่ากันทุกหลักเขตที่ดิน ซึ่งทำให้การปรับเปลี่ยนพื้นหลักฐานอ้างอิงของค่าพิกัดฉากหลักเขตที่ดินมีขนาดเท่ากันและทิศทางเหมือนกัน ส่งผลให้เนื้อที่แปลงที่ดินที่คำนวณใหม่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเนื้อที่แปลงที่ดินเดิมเป็นผลมาจากค่าปรับแก้พิกัดทางราบของแบบจำลองในพื้นที่ขนาดเล็กไม่ส่งผลกระทบต่อหลักเขตที่ดินและเนื้อที่แปลงที่ดินเดิม ซึ่งเป็นการทดสอบในพื้นที่ตัวอย่างขั้นต้นเท่านั้น ยังไม่สามารถชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลองได้ชัดเจน โดยจะต้องทำการทดสอบในพื้นที่อื่น ๆ และเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นในลำดับต่อไป

ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับแก้ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแผนที่และหลักเขตที่ดินสำหรับรองรับการปรับเปลี่ยนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลในอนาคตเพื่อให้ค่าพิกัดมีความถูกต้องสูงขึ้นตามการแปรผันฐานของแผ่นเปลือกโลกที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา จากผลการศึกษาวิจัยหน่วยงานในประเทศไทยยังคงใช้กรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 และ ITRF2008 รวมทั้งแต่ละหน่วยงานมีค่าพิกัดอ้างอิงในโครงข่ายสถานีอ้างอิงถาวรที่ไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นควรจะมีการปรับปรุงตามกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่ทันสมัยโดยขึ้นอยู่กับรอบในการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม เพื่อให้มีการใช้ค่าพิกัดอ้างอิงมีความเป็นเอกภาพและลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้ค่าพิกัดอ้างอิงที่ไม่สอดคล้องกันของแต่ละหน่วยงานให้เป็นแนวทางเดียวกันทั้งประเทศ โดยจากการวิเคราะห์ค่าปรับแก้พิกัดทางราบและช่วงค่าปรับแก้พิกัดทางราบของแบบจำลองทั่วพื้นที่ประเทศไทยได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 42 ค่าปรับแก้พิกัดทางราบของแบบจำลองทั่วพื้นที่ประเทศไทย

ค่าทางสถิติ	ค่าปรับแก้พิกัดทางราบ			
	ละติจูด ["]	ลองจิจูด ["]	ละติจูด [ม.]	ลองจิจูด [ม.]
ค่าต่ำสุด	-0.00186	-0.00352	-0.0558	-0.1056
ค่าสูงสุด	0.00065	0.00729	0.0195	0.2187
ค่าเฉลี่ย	-0.00095	0.00435	-0.0285	0.1305
ค่า RMS	0.00105	0.00459	0.0316	0.1378



รูปที่ 79 แสดงแผนภาพไวโรนอยของช่วงค่าปรับแก้พิกัดทางราบทั่วพื้นที่ประเทศไทย

5.5 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.4.1 เนื่องจากความสมบูรณ์ของข้อมูลรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ของสถานีอ้างอิงถาวรในห้วงเวลาดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถประมวลผลค่าพิกัดด้วยการคำนวณปรับแก้โครงข่ายร่วมกันทั้งหมด 229 สถานีได้

5.4.2 ในการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งยังไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของประเทศไทยได้เนื่องจากการดำเนินงานเรื่องการสำรวจภาคสนามและระยะเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงเลือกใช้หมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งเพื่อเป็นตัวแทนผลลัพธ์ในขั้นต้นของความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลอง ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบแบบจำลองเพิ่มเติมด้วยการเพิ่มจำนวนหมุดทดสอบและให้มีการกระจายตัวทั่วพื้นที่ประเทศไทย โดยเฉพาะตามขอบตะเข็บของประเทศไทย

5.4.3 เนื่องจากข้อมูลรังวัดของหมุดทดสอบใช้วิธีการรังวัดแบบสถิตย์อย่างรวดเร็ว 30 นาทีจากผลการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบจะพบว่าหมุดทดสอบในบางพื้นที่ยังมีความคลาดเคลื่อนทางราบค่อนข้างสูง โดยสาเหตุอาจเกิดจากความสมบูรณ์ของข้อมูลรังวัดในห้วงเวลาดังกล่าวของหมุดทดสอบกับสถานีอ้างอิงถาวรที่ใช้โยงยึดค่าพิกัด ดังนั้นควรมีการรังวัดข้อมูลหมุดทดสอบในพื้นที่ดังกล่าวเพิ่มเติมด้วยการเพิ่มจำนวนเวลารังวัดข้อมูลและเพิ่มจำนวนหมุดทดสอบ

5.4.4 ในกรณีที่แบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีได้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ประเทศไทย เนื่องจากแบบจำลองค่าปรับแก้เป็นแบบจำลองหลัก ซึ่งจะมีความสามารถในการปรับแก้และค่าเศษเหลือของหมุดร่วมที่มีความละเอียดไม่เพียงพอ ดังนั้นควรมีการสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือย่อยขึ้นมาในพื้นที่ที่มีปัญหาด้วยการเพิ่มจำนวนของหมุดร่วมและคำนวณหาค่าเศษเหลือเพิ่มเติม เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือและแบบจำลองค่าปรับแก้ในพื้นที่ดังกล่าว

5.4.5 ปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ซึ่งมีบทบาทอย่างมากในการเข้ามาช่วยการหาตำแหน่งค่าพิกัดในพื้นที่ที่มีความถูกต้องเพื่อช่วยลดระยะเวลารังวัด และงบประมาณการดำเนินงานต่าง ๆ ดังนั้นควรมีการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลรังวัดแบบ NRTK เพิ่มเติมด้วยเพื่อประเมินความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

5.4.6 เนื่องจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้งานอ้างอิงทางตำแหน่งด้วยค่าพิกัด ดังนั้นหน่วยงานในประเทศไทยควรมีการปรับปรุงค่าพิกัดให้อ้างอิงบนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลที่สอดคล้องกับการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกให้มากที่สุด และใช้ค่าพิกัดอ้างอิงบนพื้นหลักฐานหรือกรอบพิกัดอ้างอิงสากลให้สอดคล้องกันทั้งประเทศเพื่อให้เกิดการบูรณาการระหว่างหน่วยงานและให้สามารถใช้งานค่าพิกัดอ้างอิงร่วมกันได้ทั้งประเทศ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่องานด้านการสำรวจของประเทศไทยในอนาคต



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับแปลงพื้นหลักฐาน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานจะต้องใช้ข้อมูลหมุดร่วมที่มีค่าพิกัดอ้างอิงอยู่บนพื้นหลักฐานทั้งสอง โดยใช้ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 ด้วยเครื่องมือ Determine Transformation สำหรับใช้คำนวณพารามิเตอร์ ซึ่งมีแบบจำลอง Bursa-Wolf และแบบจำลอง Molodensky-Badekas พร้อมแสดงค่าทางสถิติหลังการคำนวณ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf โดยใช้หมุดร่วม 229 สถานี ซึ่งเป็นการคำนวณครั้งที่ 1 ในงานวิจัยดังนี้

1. ตั้งค่าการคำนวณพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน โดยมีส่วนประกอบดังนี้

1.1 ชื่อการแปลงพื้นหลักฐาน

1.2 ประเภทการแปลงพื้นหลักฐาน ประกอบด้วย

- การแปลงพื้นหลักฐานแบบ 1 มิติ (One Step)
- การแปลงพื้นหลักฐานแบบ 2 มิติ (Two Step)
- การแปลงพื้นหลักฐานแบบ 3 มิติ (Classical 3D)

1.3 ประเภทความสูง ประกอบด้วย

- ความสูงเหนือทรงรี (Ellipsoidal)
- ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Orthometric)

1.4 แบบจำลองที่ใช้คำนวณ ประกอบด้วย

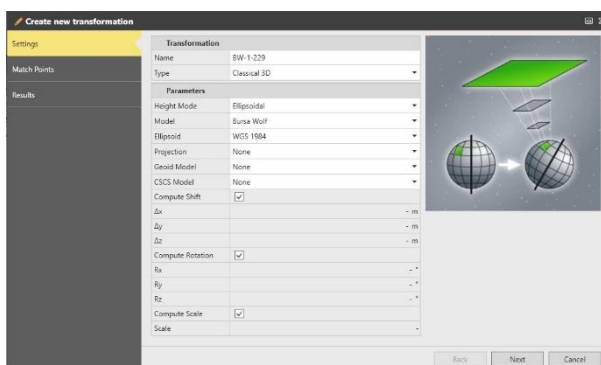
- แบบจำลอง Bursa-Wolf
- แบบจำลอง Molodensky-Badekas

1.5 รูปทรงรีอ้างอิง

- รูปทรงรี WGS84

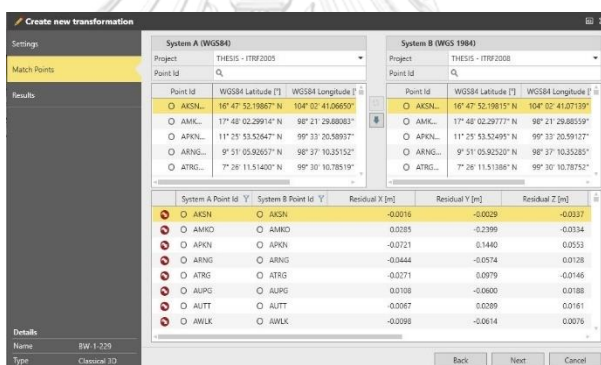
1.6 พารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณ ประกอบด้วย

- ค่าเลื่อนแกน (Shift)
- ค่าหมุนแกนรอบจุดกำเนิด (Rotation)
- ค่าอัตราส่วนย่อขยาย (Scale)



รูปที่ 80 แสดงตั้งค่าการคำนวณพารามิเตอร์ด้วยแบบจำลอง Bursa-Wolf

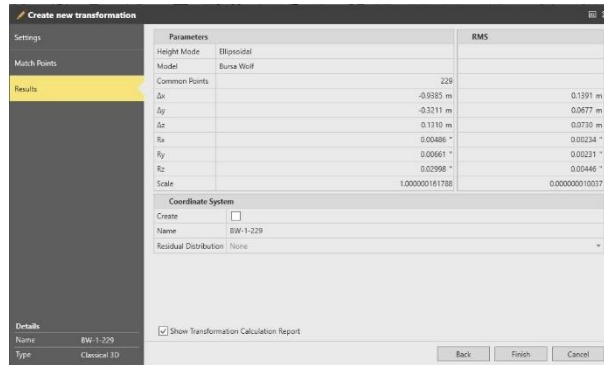
2. เลือกหมุดร่วมที่ใช้คำนวณพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานจากพื้นหลักฐานที่หนึ่ง (System A) ไปสู่พื้นหลักฐานที่สอง (System B) โดยเลือกหมุดร่วมและจำนวนหมุดร่วมที่ต้องการและในขั้นตอนนี้จะพิจารณาคัดเลือกหมุดร่วมที่มีความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$ จากการคำนวณครั้งก่อนหน้า เพื่อคัดออก (Reject Outlier) ในการคำนวณครั้งต่อไป



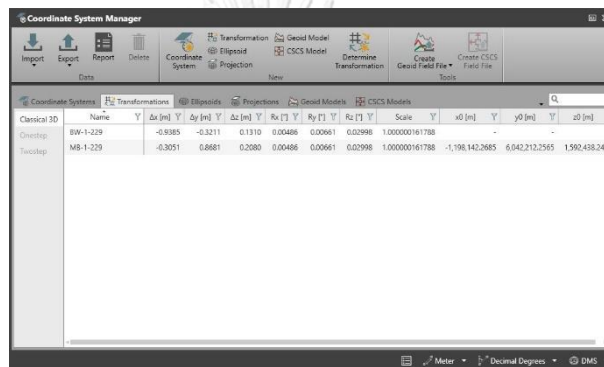
รูปที่ 81 แสดงขั้นตอนการเลือกหมุดร่วม 229 สถานีบนพื้นหลักฐานทั้งสอง

3. ผลลัพธ์การคำนวณพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐาน มีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1 ประเภทความสูง
- 3.2 แบบจำลองที่ใช้คำนวณ
- 3.3 จำนวนหมุดร่วมที่ใช้คำนวณ
- 3.4 ค่าพารามิเตอร์
- 3.5 ค่า RMS ของพารามิเตอร์

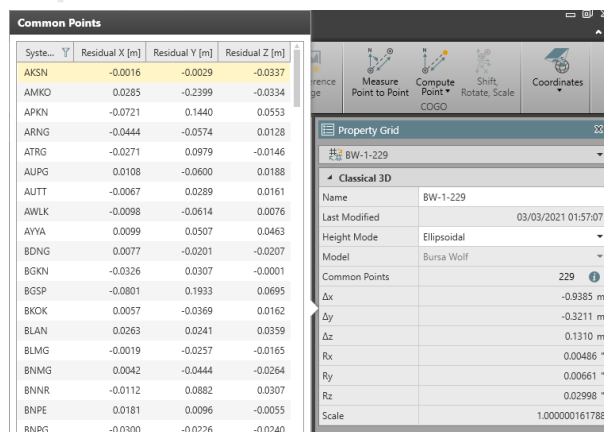


รูปที่ 82 แสดงผลลัพธ์การคำนวณพารามิเตอร์ครั้งที่ 1

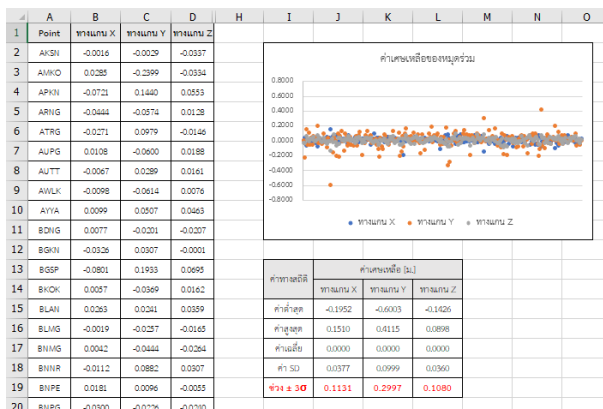


รูปที่ 83 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานครั้งที่ 1

4. พิจารณาค่าเศษเหลือของหมุดร่วมโดยใช้เกณฑ์ช่วง $\pm 3\sigma$ ในการคัดเลือกหมุดร่วมที่มีค่าเศษเหลือขนาดใหญ่ทางแกนใดแกนหนึ่งจากการคำนวณครั้งต่อไป



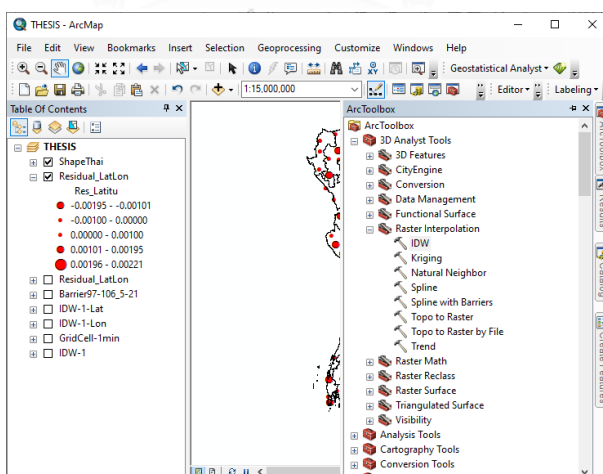
รูปที่ 84 แสดงค่าเศษเหลือของหมุดร่วมหลังการคำนวณพารามิเตอร์



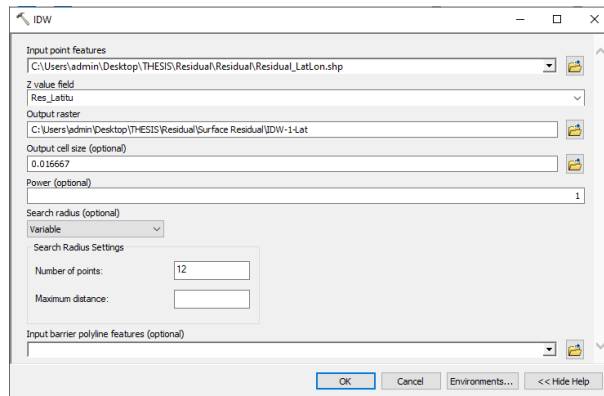
รูปที่ 85 แสดงการพิจารณาค่าเศษเหลือของหมุดร่วมที่มีขนาดใหญ่เกินช่วง $\pm 3\sigma$

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบจะใช้ค่าต่างพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานีเป็นจุดข้อมูลตัวอย่างในการประมาณค่าในช่วงเพื่อสร้างพื้นผิวข้อมูลที่มีความต่อเนื่องและดึงค่าเศษเหลือพิกัดทางราบมาเก็บไว้บนตำแหน่งกริด โดยจะใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS Desktop 10.8 ในที่นี้ จะแสดงตัวอย่างการสร้างแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบโดยการประมาณค่าในช่วงด้วยวิธี Inverse Distance Weighted ค่ายกกำลัง 1 (IDW-1) ดังนี้

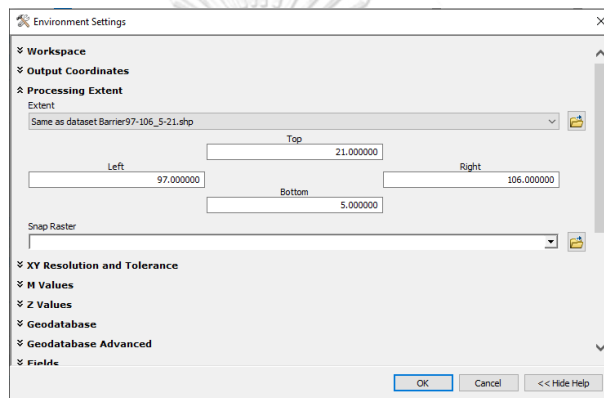
1. ประมาณค่าเศษเหลือพิกัดทางราบเพื่อสร้างพื้นผิวแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ค่าเศษเหลือพิกัดทางละติจูดและทางลองจิจูด ด้วยเครื่องมือ ArcToolbox >> 3D Analyst >> Raster Interpolation >> IDW >> กำหนด Output Cell size : 1' (0.016667°) และ Power : 1



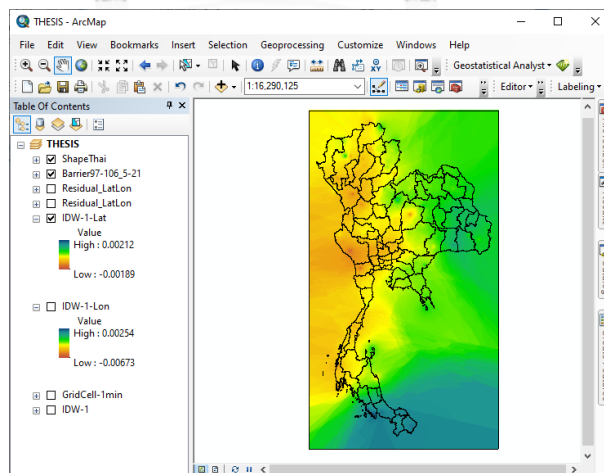
รูปที่ 86 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Raster Interpolation



รูปที่ 87 แสดงตั้งค่าการประมาณค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

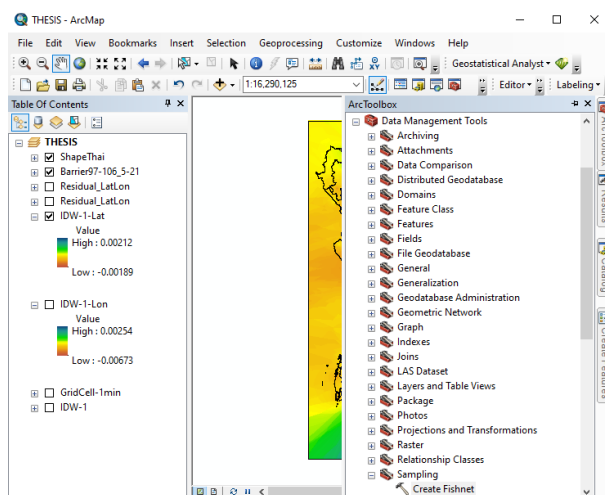


รูปที่ 88 แสดงตั้งค่ากำหนดขอบเขตการประมาณค่าในช่วง Processing Extent

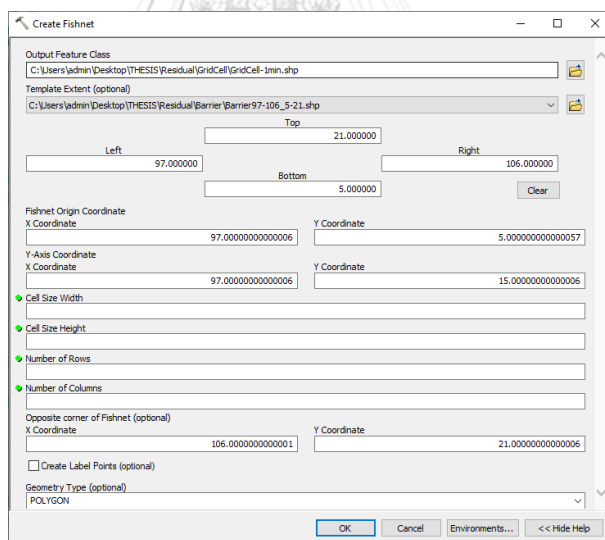


รูปที่ 89 แสดงผลลัพธ์ประมาณค่าพื้นผิวค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

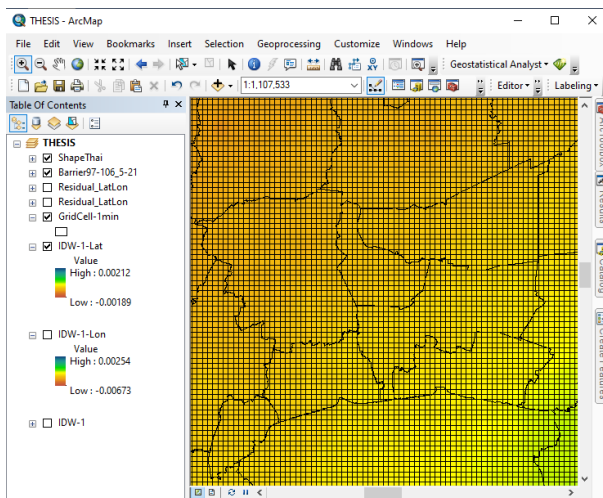
2. สร้างกริดขนาด 1 ลิปตาหรือประมาณ 1.85 กม. ด้วยเครื่องมือ ArcToolbox >> Data Management Tools >> Sampling >> Create Fishnet >> กำหนด Template Extent : 97-106°E, 5-21°N และ Geometry Type : Polygon



รูปที่ 90 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Create Fishnet

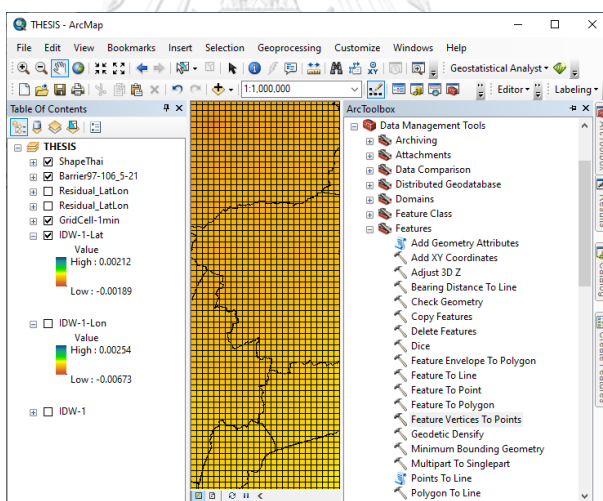


รูปที่ 91 แสดงตั้งค่าการสร้างกริดขนาด 1 ลิปตาครอบคลุมพื้นที่ 97-106°E และ 5-21°N

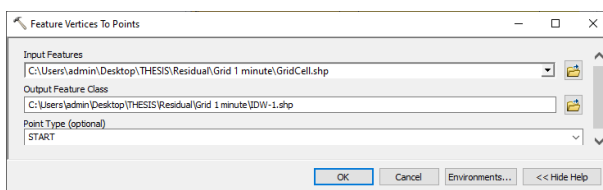


รูปที่ 92 แสดงผลลัพธ์การสร้างกริดขนาด 1 ลิปดาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

และสร้างตำแหน่งกริดบนมุมร่วมของช่องกริดด้วยเครื่องมือ ArcToolbox >> Data Management Tools >> Features >> Feature Vertices to Points >> กำหนด Point Type : Start

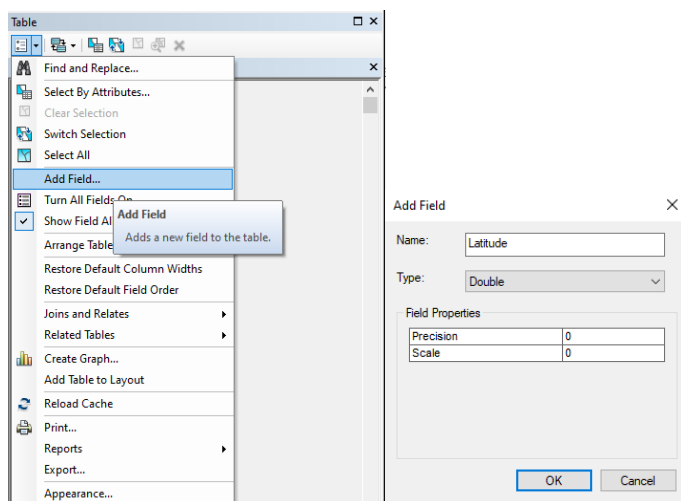


รูปที่ 93 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Feature Vertices to Points

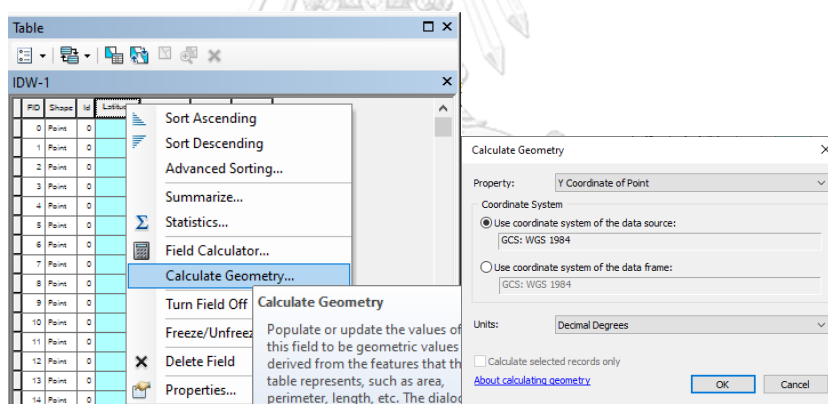


รูปที่ 94 แสดงตั้งค่าตำแหน่งกริดบนมุมร่วมที่ระยะ 1 ลิปดา

3. คำนวณค่าพิกัดทางราบของตำแหน่งกริดด้วยเครื่องมือ Open Attribute Table >> Add Field ค่าพิกัดทางละติจูดและลองจิจูด >> Calculate Geometry >> เลือกคำนวณ Y-Coordinate สำหรับค่าพิกัดทางละติจูด และ X-Coordinate สำหรับค่าพิกัดทางลองจิจูด

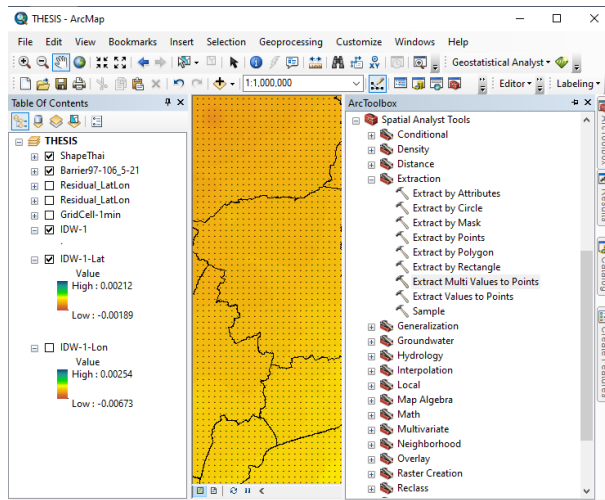


รูปที่ 95 แสดงการสร้าง Field ของค่าพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด

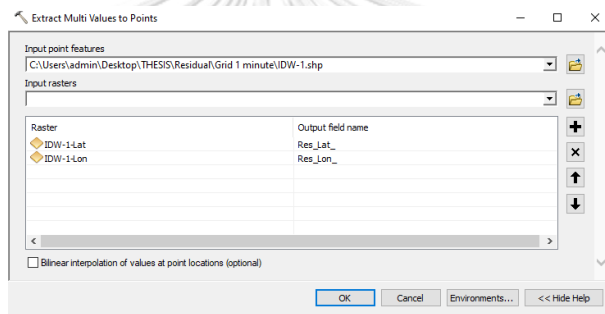


รูปที่ 96 แสดงการคำนวณค่าพิกัดทางราบบนตำแหน่งกริด

และดึงค่าเศษเหลือพิกัดทางราบจากพื้นผิวมาเก็บไว้บนตำแหน่งกริดตามตำแหน่งพิกัดทางราบด้วยเครื่องมือ ArcToolbox >> Spatial Analyst Tools >> Extraction >> Extract Multi Values to Points >> เลือกค่าเศษเหลือพิกัดทางละติจูดและทางลองจิจูด



รูปที่ 97 แสดงการเลือกใช้เครื่องมือ Extract Multi Values to Points



รูปที่ 98 แสดงการตั้งค่าเศษเหลือพิกัดทางราบมาไว้บนตำแหน่งกริด

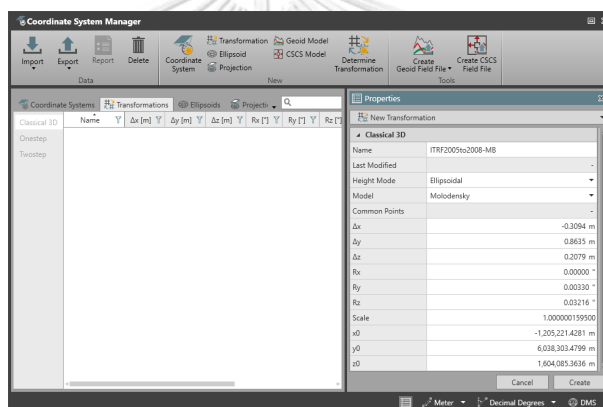
The screenshot shows a data table window titled 'IDW-1'. The table contains the following data:

FID	Shape	Id	Latitude	Longitude	Res_Lat	Res_Lon
114	Point	0	5.016667	97	0.000663	-0.00016
115	Point	0	5.016667	97.016667	0.000664	-0.00016
116	Point	0	5.016667	97.033333	0.000665	-0.00016
117	Point	0	5.016667	97.05	0.000666	-0.00017
118	Point	0	5.016667	97.066667	0.000667	-0.00017
119	Point	0	5.016667	97.083333	0.000668	-0.00017
120	Point	0	5.016667	97.1	0.000668	-0.00017
121	Point	0	5.016667	97.116667	0.000669	-0.00017
122	Point	0	5.016667	97.133333	0.00067	-0.00017
123	Point	0	5.016667	97.15	0.000671	-0.00017
124	Point	0	5.016667	97.166667	0.000672	-0.00017
125	Point	0	5.016667	97.183333	0.000673	-0.00017
126	Point	0	5.016667	97.2	0.000674	-0.00017
127	Point	0	5.016667	97.216667	0.000675	-0.00017
128	Point	0	5.016667	97.233333	0.000676	-0.00017
129	Point	0	5.016667	97.25	0.000677	-0.00017
130	Point	0	5.016667	97.266667	0.000678	-0.00017

รูปที่ 99 แสดง Attribute แบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

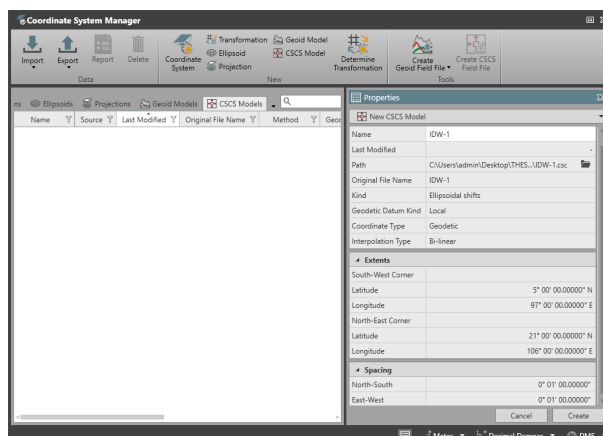
ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบจะต้องใช้พารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของแบบจำลอง โดยการสร้างพื้นหลักฐานขึ้นมาใหม่ (Coordinate System) ประกอบด้วย การแปลงพื้นหลักฐาน (Transformation) และแบบจำลองค่าเศษเหลือ (CSCS Model) โดยใช้ซอฟต์แวร์ Leica Infinity 3.1 ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบรวมถึงการทดสอบแบบจำลองด้วย ในที่นี้จะแสดงการสร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ (ITRF2005to2008-MB-IDW-1) ประกอบด้วย พารามิเตอร์ของการแปลงพื้นหลักฐานด้วยแบบจำลอง Molodensky-Badekas และแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี Inverse Distance Weighted ค่ายกกำลัง 1 (IDW-1)

1. สร้างการแปลงพื้นหลักฐานใหม่ โดยเลือกประเภทของความสูง, แบบจำลองที่ใช้คำนวณ และพารามิเตอร์ที่คำนวณได้



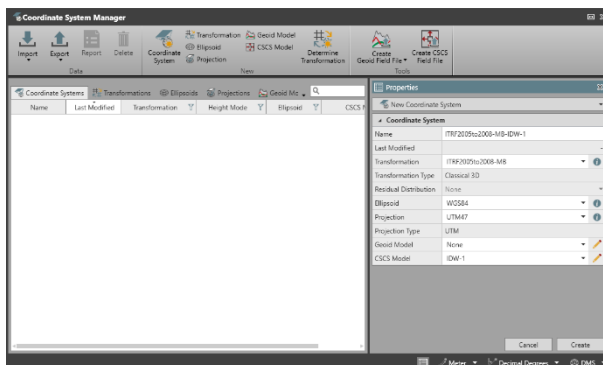
รูปที่ 100 แสดงการแปลงพื้นหลักฐานด้วยพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Molodensky-Badekas

2. นำเข้าแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบที่ได้แปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของ CSCS Model แล้ว



รูปที่ 101 แสดงแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

3. สร้างแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบโดยเลือกการแปลงพื้นหลักฐานและแบบจำลองค่าเศษเหลือพิกัดทางราบที่ได้สร้างไว้แล้ว

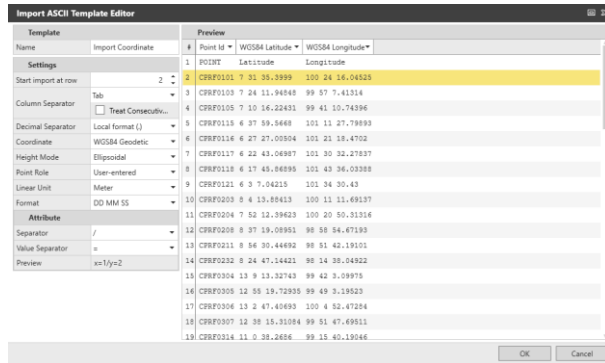


รูปที่ 102 แสดงแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบด้วยวิธี IDW ค่ายกกำลัง 1

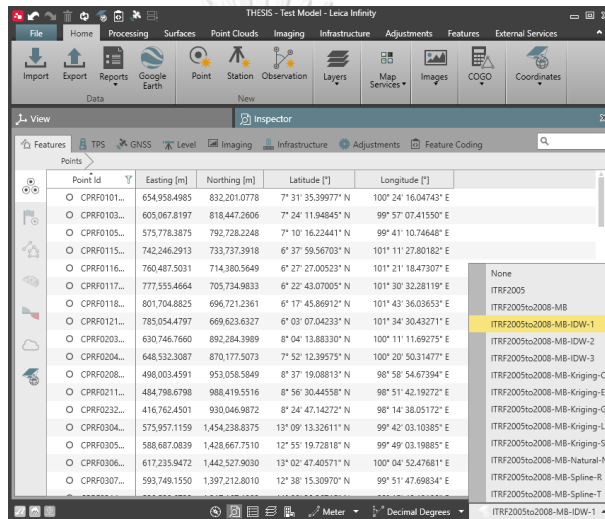
และในการทดสอบจะนำเข้าค่าพิกัดทางราบของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่งบนกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 โดยจัดไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของ Text (Tab delimited) ดังแสดงในรูปที่ 103 แล้วทดสอบการแปลงพื้นหลักฐานสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิงสากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ด้วยแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบ แล้วนำค่าพิกัดทางราบที่ได้ไปเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบตามลำดับ

POINT	Latitude	Longitude
CPRF0101	7 31 35.3999	100 24 16.04525
CPRF0103	7 24 11.94848	99 57 7.41314
CPRF0105	7 10 16.22431	99 41 10.74396
CPRF0115	6 37 59.5668	101 11 27.79893
CPRF0116	6 27 27.00504	101 21 18.4702
CPRF0117	6 22 43.06987	101 30 32.27837
CPRF0118	6 17 45.86895	101 43 36.03388
CPRF0121	6 3 7.04215	101 34 30.43
CPRF0203	8 4 13.88413	100 11 11.69137
CPRF0204	7 52 12.39623	100 20 50.31316
CPRF0208	8 37 19.08951	98 58 54.67193
CPRF0211	8 56 30.44692	98 51 42.19101
CPRF0232	8 24 47.14421	98 14 38.04922
CPRF0304	13 9 13.32743	99 42 3.09975
CPRF0305	12 55 19.72935	99 49 3.19523
CPRF0306	13 2 47.40693	100 4 52.47284
CPRF0307	12 38 15.31084	99 51 47.69511

รูปที่ 103 แสดงรูปแบบไฟล์ข้อมูลค่าพิกัดทางราบของหมุดทดสอบ



รูปที่ 104 แสดงการนำเข้าข้อมูลค่าพิกัดทางราบของหมุดทดสอบ



รูปที่ 105 แสดงการทดสอบแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบของหมุดทดสอบ

ภาคผนวก ข. ข้อมูลงานสำรวจภาคสนามโดยวิธีการรังวัดแบบสถิติอย่างรวดเร็วจากกรมที่ดิน
ตารางที่ 43 ข้อมูลงานสำรวจภาคสนามของหมุดทดสอบ 100 ตำแหน่ง

ลำดับ	หมุดทดสอบ	สถานที่ตั้ง			ข้อมูลงานสำรวจภาคสนาม	
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะเวลารังวัด	วันที่รังวัด
1	CPRF0101	คลองรี	สทิงพระ	สงขลา	0:34:59	14/11/2563
2	CPRF0103	คลองทรายขาว	กงหรา	พัทลุง	0:34:59	16/11/2563
3	CPRF0105	ท่าข้าม	ปะเหลียน	ตรัง	0:34:59	16/11/2563
4	CPRF0115	ปากล่อ	โคกโพธิ์	ปัตตานี	0:34:59	21/11/2563
5	CPRF0116	โกตาบารู	รามัน	ยะลา	0:34:59	20/11/2563
6	CPRF0117	รือเสาะ	รือเสาะ	นราธิวาส	0:34:59	20/11/2563
7	CPRF0118	ตันหยงมัส	ระแงะ	นราธิวาส	0:34:59	20/11/2563
8	CPRF0121	ข้างเผือก	จะแนะ	นราธิวาส	0:34:59	19/11/2563
9	CPRF0203	เขาบาตร	เชียรใหญ่	นครศรีธรรมราช	0:31:17	16/11/2563
10	CPRF0204	ท่าบอน	ระโนด	สงขลา	0:34:03	16/11/2563
11	CPRF0208	ปางสวรรค์	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	0:30:31	18/11/2563
12	CPRF0211	พระแสง	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	0:31:42	18/11/2563
13	CPRF0232	ท้ายเหมือง	ท้ายเหมือง	พังงา	0:31:45	24/11/2563
14	CPRF0304	ยางน้ำกลัดเหนือ	หนองหญ้าปล้อง	เพชรบุรี	0:32:44	9/11/2563
15	CPRF0305	วังไคร้	ท่ายาง	เพชรบุรี	0:35:43	9/11/2563
16	CPRF0306	แหลมผักเบี้ย	บ้านแหลม	เพชรบุรี	0:36:16	10/11/2563
17	CPRF0307	ไร่ใหม่พัฒนา	ชะอำ	เพชรบุรี	0:36:25	10/11/2563
18	CPRF0314	ไชยราช	บางสะพานน้อย	ประจวบคีรีขันธ์	0:34:34	11/11/2563
19	CPRF0315	หังษ์เจริญ	ท่ามะขะ	ชุมพร	0:34:15	11/11/2563
20	CPRF0316	บางสน	ปะทิว	ชุมพร	0:35:22	12/11/2563
21	CPRF0326	บางไทร	เมืองสุราษฎร์ธานี	สุราษฎร์ธานี	0:34:24	14/11/2563
22	CPRF0330	ทรายแดง	เมืองระนอง	ระนอง	0:39:16	20/11/2563
23	CPRF0332	หนองตากยา	ท่าม่วง	กาญจนบุรี	0:33:36	25/11/2563
24	CPRF0333	หนองอ้อ	บ้านโป่ง	ราชบุรี	0:32:22	25/11/2563
25	CPRF0408	หนองเป็ด	ศรีสวัสดิ์	กาญจนบุรี	0:38:48	11/11/2563
26	CPRF0409	ระแหง	ลาดหลุมแก้ว	ปทุมธานี	0:47:21	12/11/2563
27	CPRF0417	เจ้าปลุก	มหาสาร	อยุธยา	0:33:52	16/11/2563
28	CPRF0418	ท่าหลวง	ท่าเรือ	อยุธยา	0:40:27	16/11/2563
29	CPRF0426	วังหมัน	วัดสิงห์	ชัยนาท	0:34:37	22/11/2563

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานที่ตั้ง			ข้อมูลงานสำรวจภาคสนาม	
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะเวลาสำรวจ	วันที่สำรวจ
30	CPRF0434	ท่ากระเบา	เลาขวัญ	กาญจนบุรี	0:34:29	26/11/2563
31	CPRF0507	ดงน้อย	ราชสาส์น	ฉะเชิงเทรา	0:37:54	11/11/2563
32	CPRF0508	พระอาจารย์	องครักษ์	นครนายก	0:45:06	11/11/2563
33	CPRF0511	กรอกสมบูรณ	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	0:46:29	12/11/2563
34	CPRF0518	หนองหว้า	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	0:47:10	15/11/2563
35	CPRF0521	ปิลิวี	มะขาม	จันทบุรี	0:44:04	16/11/2563
36	CPRF0522	บ่อพุ	ท่าใหม่	จันทบุรี	0:50:05	16/11/2563
37	CPRF0524	วังกระแจะ	เมืองตราด	ตราด	0:47:13	17/11/2563
38	CPRF0526	แสนตุ้ง	เขาสมิง	ตราด	0:44:09	17/11/2563
39	CPRF0532	บ้านค่าย	บ้านค่าย	ระยอง	0:40:29	20/11/2563
40	CPRF0601	ห้วยขมิ้น	หนองแค	สระบุรี	0:30:54	25/11/2563
41	CPRF0612	ท่ากูป	ซับใหญ่	ชัยภูมิ	0:31:21	14/11/2563
42	CPRF0616	ตาเนิน	เนินสง่า	ชัยภูมิ	0:30:25	15/11/2563
43	CPRF0618	มาบราด	พระทองคำ	นครราชสีมา	0:30:45	15/11/2563
44	CPRF0623	หนองตะไก้	สูงเนิน	นครราชสีมา	0:30:40	11/11/2563
45	CPRF0625	โคกไทย	ปักธงชัย	นครราชสีมา	0:30:29	11/11/2563
46	CPRF0628	โนนสมบูรณ	เสิงสาง	นครราชสีมา	0:30:23	11/11/2563
47	CPRF0702	ลำควน	ลำควน	สุรินทร์	0:33:35	8/11/2563
48	CPRF0706	นานวน	สนม	สุรินทร์	0:32:25	9/11/2563
49	CPRF0707	นาดี	เมืองสุรินทร์	สุรินทร์	0:32:10	9/11/2563
50	CPRF0709	กล้วยกว้าง	ห้วยทับทัน	ศรีสะเกษ	0:31:39	10/11/2563
51	CPRF0716	ดอนเมย	เมือง	อำนาจเจริญ	0:32:44	12/11/2563
52	CPRF0717	โคกนาโก	ป่าดิว	ยโสธร	0:32:17	12/11/2563
53	CPRF0726	ตาตุม	สังขะ	สุรินทร์	0:32:35	14/11/2563
54	CPRF0727	ไพรพัฒนา	ภูสิงห์	ศรีสะเกษ	0:31:52	14/11/2563
55	CPRF0731	พรสวรรค์	นาจะหลวย	อุบลราชธานี	0:31:34	15/11/2563
56	CPRF0732	กุดเรือ	ทุ่งศรีอุดม	อุบลราชธานี	0:31:10	16/11/2563
57	CPRF0734	นาดี	นาเยี่ย	อุบลราชธานี	0:33:40	16/11/2563
58	CPRF0736	วาริน	ศรีเมืองใหม่	อุบลราชธานี	0:33:25	17/11/2563
59	CPRF0738	หนามแท่ง	ศรีเมืองใหม่	อุบลราชธานี	0:32:36	17/11/2563
60	CPRF0739	ฝางคำ	สิรินธร	อุบลราชธานี	0:32:07	17/11/2563
61	CPRF0805	หนองแวง	นิคมคำสร้อย	มุกดาหาร	0:34:59	11/11/2563

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานที่ตั้ง			ข้อมูลงานสำรวจภาคสนาม	
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะเวลาสำรวจ	วันที่สำรวจ
62	CPRF0813	นาขาม	กุฉินารายณ์	กาฬสินธุ์	0:34:59	13/11/2563
63	CPRF0817	คูนสาด	กระนวน	ขอนแก่น	0:34:59	14/11/2563
64	CPRF0822	บัวแดง	ปทุมรัตต์	ร้อยเอ็ด	0:34:59	15/11/2563
65	CPRF0827	แก้งสนามนาง	แก้งสนามนาง	นครราชสีมา	0:34:59	16/11/2563
66	CPRF0828	นาฝาย	เมืองชัยภูมิ	ชัยภูมิ	0:34:59	16/11/2563
67	CPRF0830	ท่าหินโงม	เมืองชัยภูมิ	ชัยภูมิ	0:34:59	17/11/2563
68	CPRF0831	ช่องสามหมอ	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ	0:34:59	17/11/2563
69	CPRF0837	ทุ่งลุยลาย	คอนสาร	ชัยภูมิ	0:34:59	19/11/2563
70	CPRF0910	นาดี	สุวรรณคูหา	หนองบัวลำภู	0:30:12	12/11/2563
71	CPRF0921	เพ็ญ	เพ็ญ	อุดรธานี	0:31:25	14/11/2563
72	CPRF0923	บ้านจันทร์	บ้านดุง	อุดรธานี	0:31:36	15/11/2563
73	CPRF0929	ศรีวิชัย	วานรนิวาส	สกลนคร	0:31:05	17/11/2563
74	CPRF0931	พอกน้อย	พรรณานิคม	สกลนคร	0:31:38	17/11/2563
75	CPRF0936	ศรีสงคราม	ศรีสงคราม	นครพนม	0:30:42	18/11/2563
76	CPRF1014	ลาดยาว	ลาดยาว	นครสวรรค์	0:31:11	14/11/2563
77	CPRF1015	บ้านไร่	ลาดยาว	นครสวรรค์	0:30:35	14/11/2563
78	CPRF1017	โพธิ์ไทรงาม	บึงนาราง	พิจิตร	0:35:25	14/11/2563
79	CPRF1018	หัวดง	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	0:32:08	16/11/2563
80	CPRF1025	หนองบัว	หนองบัว	นครสวรรค์	0:32:11	17/11/2563
81	CPRF1026	ท้ายทุ่ง	ทับคล้อ	พิจิตร	0:30:49	17/11/2563
82	CPRF1028	ท่าตะโก	ท่าตะโก	นครสวรรค์	0:30:35	18/11/2563
83	CPRF1102	เขาแก้วศรีสมบูรณ์	ทุ่งเสลี่ยม	สุโขทัย	0:35:08	9/11/2563
84	CPRF1106	หนองกุลา	บางระกำ	พิษณุโลก	0:38:41	10/11/2563
85	CPRF1107	ท่าฉนวน	กงไกรลาศ	สุโขทัย	0:33:46	10/11/2563
86	CPRF1108	พรหมพิราม	พรหมพิราม	พิษณุโลก	0:36:12	10/11/2563
87	CPRF1114	บ่อภาค	ชาติตระการ	พิษณุโลก	0:36:20	12/11/2563
88	CPRF1115	ม่วงเจ็ดต้น	บ้านโคก	อุดรดิตถ์	0:39:54	12/11/2563
89	CPRF1118	น้ำอ่าง	ตรอน	อุดรดิตถ์	0:33:04	13/11/2563
90	CPRF1119	ในเมือง	พิชัย	อุดรดิตถ์	0:34:45	13/11/2563
91	CPRF1120	ป่าหุ่มเกาะ	สวรรคโลก	สุโขทัย	0:32:14	13/11/2563
92	CPRF1129	ขะเนนเจือ	แม่ระมาด	ตาก	0:36:28	17/11/2563
93	CPRF1210	บ้านหลวง	จอมทอง	เชียงใหม่	0:32:03	12/11/2563

ลำดับ	หมวดทดสอบ	สถานที่ตั้ง			ข้อมูลงานสำรวจภาคสนาม	
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ระยะเวลารังวัด	วันที่รังวัด
94	CPRF1303	วังเงิน	แม่ทะ	ลำปาง	0:32:51	10/11/2563
95	CPRF1305	เกาะคาเมืองยาว	ห้างฉัตร	ลำปาง	0:31:09	10/11/2563
96	CPRF1307	สรอย	วังชิ้น	แพร่	0:32:24	11/11/2563
97	CPRF1309	โป่งทุ่ง	ดอยเต่า	เชียงใหม่	0:31:26	11/11/2563
98	CPRF1314	ตะเคียนปม	ทุ่งหัวช้าง	ลำพูน	0:31:16	13/11/2563
99	CPRF1320	แม่แนว	พร้าว	เชียงใหม่	0:32:30	15/11/2563
100	CPRF1334	บ้านหวด	งาว	ลำปาง	0:32:02	19/11/2563



ภาคผนวก ค. ค่าเศษเหลือพิกัดทางราบและเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ
 ตารางที่ 44 ค่าต่างพิกัดทางราบของโครงข่ายหมุดร่วม 229 สถานี

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นหลักฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
1	AKSN	16° 47' 52.19815" N	104° 02' 41.07139" E	16° 47' 52.19718" N	104° 02' 41.07150" E	0.00097	-0.00011
2	AMKO	17° 48' 02.29777" N	98° 21' 29.88559" E	17° 48' 02.29904" N	98° 21' 29.88583" E	-0.00127	-0.00024
3	APKN	11° 25' 53.52495" N	99° 33' 20.59127" E	11° 25' 53.52568" N	99° 33' 20.59304" E	-0.00073	-0.00177
4	ARNG	9° 51' 05.92520" N	98° 37' 10.35285" E	9° 51' 05.92584" N	98° 37' 10.35486" E	-0.00064	-0.00201
5	ATRG	7° 26' 11.51386" N	99° 30' 10.78752" E	7° 26' 11.51297" N	99° 30' 10.78822" E	0.00089	-0.00070
6	AUPG	16° 00' 58.20110" N	98° 51' 45.37411" E	16° 00' 58.20215" N	98° 51' 45.37413" E	-0.00105	-0.00002
7	AUTT	17° 46' 10.64357" N	100° 43' 31.77726" E	17° 46' 10.64375" N	100° 43' 31.77731" E	-0.00018	-0.00005
8	AWLK	8° 22' 38.04170" N	98° 43' 18.14045" E	8° 22' 38.04220" N	98° 43' 18.14141" E	-0.00050	-0.00096
9	AYYA	14° 21' 51.51864" N	100° 34' 36.35344" E	14° 21' 51.51968" N	100° 34' 36.35292" E	-0.00104	0.00052
10	BDNG	17° 42' 02.97397" N	103° 15' 32.64506" E	17° 42' 02.97357" N	103° 15' 32.64498" E	0.00040	0.00008
11	BGKN	18° 21' 33.16099" N	103° 39' 18.96217" E	18° 21' 33.16064" N	103° 39' 18.96300" E	0.00035	-0.00083
12	BGSP	11° 15' 35.38162" N	99° 26' 15.30846" E	11° 15' 35.38250" N	99° 26' 15.31024" E	-0.00088	-0.00178
13	BKOK	18° 01' 29.97543" N	101° 04' 04.29109" E	18° 01' 29.97629" N	101° 04' 04.29115" E	-0.00086	-0.00006
14	BLAN	13° 59' 17.32224" N	100° 09' 58.70309" E	13° 59' 17.32319" N	100° 09' 58.70221" E	-0.00095	0.00088
15	BLMG	12° 54' 48.56308" N	100° 52' 56.89637" E	12° 54' 48.56273" N	100° 52' 56.89675" E	0.00035	-0.00038
16	BNMG	17° 51' 02.02394" N	103° 34' 09.73200" E	17° 51' 02.02360" N	103° 34' 09.73222" E	0.00034	-0.00022
17	BNNR	15° 29' 59.40449" N	101° 41' 12.11038" E	15° 29' 59.40468" N	101° 41' 12.11022" E	-0.00019	0.00016
18	BNPE	17° 41' 18.06548" N	102° 28' 27.35121" E	17° 41' 18.06527" N	102° 28' 27.35055" E	0.00021	0.00066
19	BNPG	17° 58' 02.27057" N	104° 12' 53.32732" E	17° 58' 02.27002" N	104° 12' 53.32850" E	0.00055	-0.00118
20	BNST	6° 15' 41.10743" N	101° 15' 18.41322" E	6° 15' 41.10621" N	101° 15' 18.41302" E	0.00122	0.00020
21	BOBR	16° 02' 20.15500" N	103° 07' 06.76988" E	16° 02' 20.15437" N	103° 07' 06.76968" E	0.00063	0.00020
22	BOKO	19° 08' 56.38836" N	101° 09' 26.51977" E	19° 08' 56.38809" N	101° 09' 26.51882" E	0.00027	0.00095
23	BORI	12° 34' 50.97015" N	102° 32' 28.14696" E	12° 34' 50.97005" N	102° 32' 28.14655" E	0.00010	0.00041
24	BPLE	13° 35' 31.28892" N	100° 49' 55.63126" E	13° 35' 31.28934" N	100° 49' 55.63113" E	-0.00042	0.00013
25	BRAI	15° 05' 01.42706" N	99° 31' 18.79015" E	15° 05' 01.42745" N	99° 31' 18.78952" E	-0.00039	0.00063
26	BTAK	17° 03' 02.19283" N	99° 04' 26.31200" E	17° 03' 02.19456" N	99° 04' 26.31148" E	-0.00173	0.00052
27	BTHG	14° 45' 23.86533" N	105° 24' 40.61259" E	14° 45' 23.86474" N	105° 24' 40.61072" E	0.00059	0.00187
28	BTNG	5° 47' 18.96896" N	101° 04' 23.81015" E	5° 47' 18.96729" N	101° 04' 23.81019" E	0.00167	-0.00004

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
29	BUYI	15° 34' 57.32149" N	102° 25' 19.47363" E	15° 34' 57.32165" N	102° 25' 19.47359" E	-0.00016	0.00004
30	CHAN	12° 36' 37.10999" N	102° 06' 08.69162" E	12° 36' 37.10991" N	102° 06' 08.69124" E	0.00008	0.00038
31	CHDN	15° 10' 57.27016" N	101° 06' 33.96428" E	15° 10' 57.27069" N	101° 06' 33.96477" E	-0.00053	-0.00049
32	CHKG	20° 12' 59.76825" N	100° 24' 13.35105" E	20° 12' 59.76721" N	100° 24' 13.34957" E	0.00104	0.00148
33	CHKN	17° 53' 52.98113" N	101° 39' 52.07826" E	17° 53' 52.98101" N	101° 39' 52.07814" E	0.00012	0.00012
34	CHMA	18° 50' 06.98517" N	98° 58' 11.85876" E	18° 50' 06.98634" N	98° 58' 11.85900" E	-0.00117	-0.00024
35	CHPM	15° 48' 19.82349" N	102° 01' 51.69359" E	15° 48' 19.82346" N	102° 01' 51.69327" E	0.00003	0.00032
36	CHTK	17° 16' 35.16294" N	100° 35' 58.50755" E	17° 16' 35.16267" N	100° 35' 58.50669" E	0.00027	0.00086
37	CHYA	9° 24' 32.70967" N	99° 09' 56.18371" E	9° 24' 32.71008" N	99° 09' 56.18594" E	-0.00041	-0.00223
38	CKRI	14° 21' 12.22394" N	98° 57' 25.53941" E	14° 21' 12.22589" N	98° 57' 25.53765" E	-0.00195	0.00176
39	CLPK	19° 34' 46.20692" N	101° 04' 51.00738" E	19° 34' 46.20624" N	101° 04' 51.00626" E	0.00068	0.00112
40	CMPN	10° 29' 28.17937" N	99° 07' 34.87233" E	10° 29' 28.18034" N	99° 07' 34.87478" E	-0.00097	-0.00245
41	CNBR	13° 24' 21.65960" N	100° 59' 51.55716" E	13° 24' 21.65965" N	100° 59' 51.55741" E	-0.00005	-0.00025
42	CTAK	17° 13' 36.50860" N	99° 03' 53.74821" E	17° 13' 36.50923" N	99° 03' 53.74828" E	-0.00063	-0.00007
43	DACR	15° 56' 40.14716" N	104° 37' 56.15622" E	15° 56' 40.14632" N	104° 37' 56.15506" E	0.00084	0.00116
44	DBRM	14° 33' 16.45908" N	102° 55' 54.66115" E	14° 33' 16.45950" N	102° 55' 54.66265" E	-0.00042	-0.00150
45	DCMI	19° 24' 50.09185" N	98° 57' 55.62996" E	19° 24' 50.09214" N	98° 57' 55.63063" E	-0.00029	-0.00067
46	DCRI	20° 06' 27.63722" N	99° 52' 54.09845" E	20° 06' 27.63766" N	99° 52' 54.09886" E	-0.00044	-0.00041
47	DKTN	15° 12' 32.50813" N	101° 45' 57.14726" E	15° 12' 32.50801" N	101° 45' 57.14700" E	0.00012	0.00026
48	DLEI	17° 25' 15.33752" N	101° 55' 57.42567" E	17° 25' 15.33774" N	101° 55' 57.42549" E	-0.00022	0.00018
49	DMSN	18° 03' 13.04382" N	97° 55' 56.08178" E	18° 03' 13.04449" N	97° 55' 56.08194" E	-0.00067	-0.00016
50	DNAN	19° 06' 00.62496" N	100° 56' 58.80397" E	19° 06' 00.62513" N	100° 56' 58.80311" E	-0.00017	0.00086
51	DNPM	16° 57' 18.50353" N	104° 27' 04.56212" E	16° 57' 18.50317" N	104° 27' 04.56198" E	0.00036	0.00014
52	DPLK	16° 50' 25.29230" N	100° 15' 25.67333" E	16° 50' 25.29248" N	100° 15' 25.67354" E	-0.00018	-0.00021
53	DPNB	16° 26' 21.92702" N	101° 08' 46.75256" E	16° 26' 21.92698" N	101° 08' 46.75168" E	0.00004	0.00088
54	DPT9	13° 45' 24.40490" N	100° 34' 23.52955" E	13° 45' 24.40548" N	100° 34' 23.52917" E	-0.00058	0.00038
55	DSAI	17° 16' 47.98880" N	101° 08' 49.33122" E	17° 16' 47.98901" N	101° 08' 49.33068" E	-0.00021	0.00054
56	DSNI	8° 59' 13.06428" N	99° 19' 24.16871" E	8° 59' 13.06471" N	99° 19' 24.17059" E	-0.00043	-0.00188
57	DSNK	17° 18' 18.44793" N	103° 50' 21.37232" E	17° 18' 18.44783" N	103° 50' 21.37217" E	0.00010	0.00015
58	DSSK	15° 10' 35.32476" N	104° 09' 23.00636" E	15° 10' 35.32348" N	104° 09' 23.00576" E	0.00128	0.00060

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
59	DUDM	14° 54' 36.39413" N	105° 04' 10.86314" E	14° 54' 36.39397" N	105° 04' 10.86048" E	0.00016	0.00266
60	DUDN	16° 58' 23.41798" N	103° 16' 09.97659" E	16° 58' 23.41755" N	103° 16' 09.97675" E	0.00043	-0.00016
61	DUTI	15° 14' 45.18995" N	99° 34' 39.16150" E	15° 14' 45.19000" N	99° 34' 39.16096" E	-0.00005	0.00054
62	DYLA	6° 27' 34.35979" N	101° 04' 47.32767" E	6° 27' 34.35827" N	101° 04' 47.32778" E	0.00152	-0.00011
63	ECMI	18° 28' 25.26646" N	98° 47' 20.75752" E	18° 28' 25.26709" N	98° 47' 20.75786" E	-0.00063	-0.00034
64	ENMA	14° 35' 49.59171" N	102° 00' 08.00622" E	14° 35' 49.59187" N	102° 00' 08.00628" E	-0.00016	-0.00006
65	HACH	18° 19' 38.65084" N	99° 20' 49.21427" E	18° 19' 38.65151" N	99° 20' 49.21417" E	-0.00067	0.00010
66	JAHM	18° 42' 26.19433" N	99° 33' 21.11528" E	18° 42' 26.19536" N	99° 33' 21.11584" E	-0.00103	-0.00056
67	JKRT	15° 00' 49.87320" N	102° 24' 47.05939" E	15° 00' 49.87327" N	102° 24' 47.05978" E	-0.00007	-0.00039
68	KBCG	14° 28' 28.42575" N	103° 35' 40.09288" E	14° 28' 28.42500" N	103° 35' 40.09321" E	0.00075	-0.00033
69	KHJM	15° 19' 06.77048" N	105° 29' 42.95536" E	15° 19' 06.76993" N	105° 29' 42.95397" E	0.00055	0.00139
70	KHMR	16° 02' 30.91421" N	105° 13' 36.31406" E	16° 02' 30.91325" N	105° 13' 36.31310" E	0.00096	0.00096
71	KKJN	12° 54' 28.05479" N	99° 38' 54.05758" E	12° 54' 28.05521" N	99° 38' 54.05885" E	-0.00042	-0.00127
72	KKOI	14° 35' 10.99803" N	100° 59' 53.99482" E	14° 35' 10.99911" N	100° 59' 53.99455" E	-0.00108	0.00027
73	KKOR	16° 37' 40.56833" N	100° 59' 44.24832" E	16° 37' 40.56845" N	100° 59' 44.24838" E	-0.00012	-0.00006
74	KLKG	16° 12' 47.93344" N	99° 42' 40.62357" E	16° 12' 47.93391" N	99° 42' 40.62241" E	-0.00047	0.00116
75	KLNG	12° 46' 51.01950" N	101° 41' 17.41878" E	12° 46' 51.01936" N	101° 41' 17.41856" E	0.00014	0.00022
76	KMCE	16° 34' 37.79490" N	104° 25' 06.45081" E	16° 34' 37.79386" N	104° 25' 06.45015" E	0.00104	0.00066
77	KNKN	16° 26' 27.42418" N	102° 50' 16.60935" E	16° 26' 27.42375" N	102° 50' 16.60869" E	0.00043	0.00066
78	KNSN	16° 25' 17.75526" N	103° 30' 49.50742" E	16° 25' 17.75452" N	103° 30' 49.50742" E	0.00074	0.00000
79	KNSW	15° 55' 54.41768" N	102° 16' 50.45667" E	15° 55' 54.41758" N	102° 16' 50.45635" E	0.00010	0.00032
80	KNYM	18° 50' 23.13038" N	97° 57' 07.74438" E	18° 50' 23.13061" N	97° 57' 07.74496" E	-0.00023	-0.00058
81	KOGD	11° 39' 29.02862" N	102° 32' 31.34307" E	11° 39' 29.02765" N	102° 32' 31.34425" E	0.00097	-0.00118
82	KORN	14° 31' 24.00763" N	102° 14' 56.85187" E	14° 31' 24.00790" N	102° 14' 56.85262" E	-0.00027	-0.00075
83	KPNG	9° 43' 13.69781" N	99° 59' 43.52774" E	9° 43' 13.69677" N	99° 59' 43.53477" E	0.00104	-0.00703
84	KSKS	15° 19' 46.52807" N	102° 10' 16.89031" E	15° 19' 46.52793" N	102° 10' 16.89016" E	0.00014	0.00015
85	KSSB	16° 16' 50.22037" N	101° 57' 13.42239" E	16° 16' 50.22082" N	101° 57' 13.42166" E	-0.00045	0.00073
86	KSWS	15° 39' 22.00487" N	103° 34' 45.88784" E	15° 39' 22.00438" N	103° 34' 45.88755" E	0.00049	0.00029
87	KTBN	13° 37' 24.26322" N	100° 17' 49.46237" E	13° 37' 24.26372" N	100° 17' 49.46190" E	-0.00050	0.00047
88	KUKN	14° 42' 49.41218" N	104° 11' 56.63064" E	14° 42' 49.41100" N	104° 11' 56.63059" E	0.00118	0.00005

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นหลักฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
89	LAGU	6° 53' 04.17080" N	99° 47' 15.84840" E	6° 53' 04.16889" N	99° 47' 15.84815" E	0.00191	0.00025
90	LCNT	14° 58' 45.16882" N	100° 00' 21.39098" E	14° 58' 45.16934" N	100° 00' 21.39064" E	-0.00052	0.00034
91	LCPM	15° 33' 31.88506" N	101° 50' 30.18410" E	15° 33' 31.88512" N	101° 50' 30.18416" E	-0.00006	-0.00006
92	LGNT	16° 12' 25.70971" N	104° 33' 18.45090" E	16° 12' 25.70875" N	104° 33' 18.44982" E	0.00096	0.00108
93	LKPT	16° 33' 07.90053" N	99° 30' 44.58843" E	16° 33' 07.90191" N	99° 30' 44.58781" E	-0.00138	0.00062
94	LKRI	14° 18' 25.63655" N	99° 30' 34.36387" E	14° 18' 25.63770" N	99° 30' 34.36299" E	-0.00115	0.00088
95	LLEI	16° 53' 04.68406" N	101° 53' 07.76532" E	16° 53' 04.68357" N	101° 53' 07.76493" E	0.00049	0.00039
96	LLPG	18° 45' 22.98519" N	99° 58' 42.31231" E	18° 45' 22.98565" N	99° 58' 42.31237" E	-0.00046	-0.00006
97	LLPN	17° 48' 06.75075" N	98° 57' 01.76692" E	17° 48' 06.75162" N	98° 57' 01.76713" E	-0.00087	-0.00021
98	LLRI	15° 05' 23.00712" N	100° 42' 54.90397" E	15° 05' 23.00750" N	100° 42' 54.90390" E	-0.00038	0.00007
99	LMDH	16° 32' 49.25934" N	104° 43' 34.95675" E	16° 32' 49.25830" N	104° 43' 34.95608" E	0.00104	0.00067
100	LMHP	12° 10' 20.70480" N	102° 23' 40.58775" E	12° 10' 20.70476" N	102° 23' 40.58770" E	0.00004	0.00005
101	LNAN	18° 34' 16.92756" N	100° 45' 03.76311" E	18° 34' 16.92749" N	100° 45' 03.76346" E	0.00007	-0.00035
102	LNBP	17° 13' 26.24173" N	102° 25' 28.63588" E	17° 13' 26.24159" N	102° 25' 28.63557" E	0.00014	0.00031
103	LNKI	17° 52' 46.91825" N	102° 44' 29.40344" E	17° 52' 46.91799" N	102° 44' 29.40302" E	0.00026	0.00042
104	LNMA	15° 20' 53.99590" N	102° 44' 29.79861" E	15° 20' 53.99559" N	102° 44' 29.79835" E	0.00031	0.00026
105	LNSN	15° 17' 57.91232" N	100° 24' 09.28679" E	15° 17' 57.91286" N	100° 24' 09.28646" E	-0.00054	0.00033
106	LOMS	16° 45' 22.81308" N	101° 12' 06.82335" E	16° 45' 22.81139" N	101° 12' 06.82151" E	0.00169	0.00184
107	LPBI	12° 43' 22.24639" N	99° 57' 11.80653" E	12° 43' 22.24675" N	99° 57' 11.80753" E	-0.00036	-0.00100
108	LPBR	14° 48' 03.25950" N	100° 39' 04.50018" E	14° 48' 03.26041" N	100° 39' 04.49985" E	-0.00091	0.00033
109	LPCT	16° 30' 30.97912" N	100° 12' 15.55890" E	16° 30' 30.97956" N	100° 12' 15.55861" E	-0.00044	0.00029
110	LPLK	17° 06' 29.98104" N	100° 49' 35.21554" E	17° 06' 29.98088" N	100° 49' 35.21515" E	0.00016	0.00039
111	LPMA	15° 01' 30.41052" N	102° 50' 21.02581" E	15° 01' 30.41003" N	102° 50' 21.02555" E	0.00049	0.00026
112	LPRE	18° 04' 31.09157" N	99° 49' 54.98872" E	18° 04' 31.09207" N	99° 49' 54.98876" E	-0.00050	-0.00004
113	LSN1	9° 28' 20.49136" N	99° 57' 33.11153" E	9° 28' 20.49087" N	99° 57' 33.11605" E	0.00049	-0.00452
114	LSN2	8° 54' 00.02864" N	98° 53' 03.47271" E	8° 54' 00.02916" N	98° 53' 03.47422" E	-0.00052	-0.00151
115	LSNK	17° 35' 43.24416" N	103° 58' 24.56146" E	17° 35' 43.24372" N	103° 58' 24.56190" E	0.00044	-0.00044
116	LSRN	14° 38' 11.53795" N	103° 51' 11.72356" E	14° 38' 11.53642" N	103° 51' 11.72323" E	0.00153	0.00033
117	LSSK	14° 38' 26.23499" N	104° 38' 59.28883" E	14° 38' 26.23401" N	104° 38' 59.28724" E	0.00098	0.00159
118	LTRG	7° 47' 18.96913" N	99° 38' 06.19944" E	7° 47' 18.96881" N	99° 38' 06.20035" E	0.00032	-0.00091

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
119	LTRT	12° 14' 00.20493" N	102° 31' 37.69125" E	12° 14' 00.20456" N	102° 31' 37.69146" E	0.00037	-0.00021
120	LYST	15° 48' 10.88899" N	104° 08' 23.65889" E	15° 48' 10.88830" N	104° 08' 23.65780" E	0.00069	0.00109
121	MEJM	18° 29' 57.44896" N	98° 21' 42.43214" E	18° 29' 57.44935" N	98° 21' 42.43274" E	-0.00039	-0.00060
122	MHGS	19° 17' 25.69792" N	97° 57' 51.09332" E	19° 17' 25.69809" N	97° 57' 51.09410" E	-0.00017	-0.00078
123	MKRI	14° 36' 25.54697" N	99° 46' 20.61390" E	14° 36' 25.54798" N	99° 46' 20.61337" E	-0.00101	0.00053
124	MNSN	15° 36' 01.59813" N	100° 39' 24.70917" E	15° 36' 01.59850" N	100° 39' 24.70888" E	-0.00037	0.00029
125	MRBR	13° 33' 37.68631" N	99° 50' 26.07064" E	13° 33' 37.68692" N	99° 50' 26.06941" E	-0.00061	0.00123
126	MSAI	20° 25' 39.67259" N	99° 53' 00.75541" E	20° 25' 39.67383" N	99° 53' 00.75622" E	-0.00124	-0.00081
127	MSOD	16° 42' 42.90404" N	98° 34' 22.63640" E	16° 42' 42.90475" N	98° 34' 22.63615" E	-0.00071	0.00025
128	MSSB	15° 30' 36.60145" N	104° 43' 37.20995" E	15° 30' 36.60004" N	104° 43' 37.20865" E	0.00141	0.00130
129	MWOG	15° 46' 52.76310" N	99° 31' 07.91013" E	15° 46' 52.76366" N	99° 31' 07.90976" E	-0.00056	0.00037
130	NAMY	14° 29' 20.77831" N	105° 00' 00.01454" E	14° 29' 20.77764" N	105° 00' 00.01238" E	0.00067	0.00216
131	NANO	18° 19' 38.51005" N	100° 42' 37.17204" E	18° 19' 38.50990" N	100° 42' 37.17277" E	0.00015	-0.00073
132	NDDG	14° 18' 58.13614" N	102° 44' 36.27644" E	14° 18' 58.13625" N	102° 44' 36.27679" E	-0.00011	-0.00035
133	NKBI	7° 56' 07.95411" N	99° 08' 43.71874" E	7° 56' 07.95409" N	99° 08' 43.71927" E	0.00002	-0.00053
134	NKNY	14° 12' 43.44782" N	101° 12' 07.90477" E	14° 12' 43.44846" N	101° 12' 07.90460" E	-0.00064	0.00017
135	NKRM	14° 59' 31.49453" N	102° 07' 45.94733" E	14° 59' 31.49451" N	102° 07' 45.94740" E	0.00002	-0.00007
136	NKSW	15° 41' 26.28568" N	100° 06' 50.81704" E	15° 41' 26.28597" N	100° 06' 50.81664" E	-0.00029	0.00040
137	NROA	16° 29' 33.52167" N	102° 25' 58.09046" E	16° 29' 33.52076" N	102° 25' 58.09065" E	0.00091	-0.00019
138	NRTW	6° 25' 44.77763" N	101° 49' 24.30537" E	6° 25' 44.77617" N	101° 49' 24.30602" E	0.00146	-0.00065
139	NSHO	15° 43' 59.71492" N	102° 47' 45.32044" E	15° 43' 59.71442" N	102° 47' 45.31995" E	0.00050	0.00049
140	OKRK	14° 06' 40.89192" N	100° 58' 43.64644" E	14° 06' 40.89253" N	100° 58' 43.64612" E	-0.00061	0.00032
141	PBHN	15° 14' 42.35465" N	105° 13' 48.32556" E	15° 14' 42.35376" N	105° 13' 48.32395" E	0.00089	0.00161
142	PCCO	13° 26' 42.30109" N	101° 36' 37.60983" E	13° 26' 42.30076" N	101° 36' 37.60993" E	0.00033	-0.00010
143	PCPM	16° 04' 57.49327" N	101° 48' 10.23632" E	16° 04' 57.49503" N	101° 48' 10.23669" E	-0.00176	-0.00037
144	PCRI	19° 39' 21.96150" N	99° 32' 34.74054" E	19° 39' 21.96206" N	99° 32' 34.74140" E	-0.00056	-0.00086
145	PDCP	15° 54' 16.92669" N	101° 25' 18.08265" E	15° 54' 16.92718" N	101° 25' 18.08295" E	-0.00049	-0.00030
146	PJRK	11° 48' 41.82584" N	99° 47' 46.85474" E	11° 48' 41.82567" N	99° 47' 46.85571" E	0.00017	-0.00097
147	PKET	7° 53' 22.66116" N	98° 23' 39.82772" E	7° 53' 22.66238" N	98° 23' 39.82628" E	-0.00122	0.00144
148	PKKT	13° 54' 44.91291" N	100° 32' 24.26746" E	13° 54' 44.91371" N	100° 32' 24.26702" E	-0.00080	0.00044

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
149	PKNK	8° 20' 16.16346" N	100° 12' 31.97913" E	8° 20' 16.16441" N	100° 12' 31.98272" E	-0.00095	-0.00359
150	PLDG	12° 58' 18.53970" N	101° 12' 54.57558" E	12° 58' 18.53972" N	101° 12' 54.57610" E	-0.00002	-0.00052
151	PNNK	13° 27' 57.01171" N	101° 11' 00.04190" E	13° 27' 57.01157" N	101° 11' 00.04256" E	0.00014	-0.00066
152	PNPS	18° 02' 09.63754" N	103° 04' 56.94215" E	18° 02' 09.63735" N	103° 04' 56.94158" E	0.00019	0.00057
153	PNST	8° 25' 12.23328" N	99° 23' 42.60145" E	8° 25' 12.23349" N	99° 23' 42.60275" E	-0.00021	-0.00130
154	PNTG	16° 19' 01.79300" N	103° 59' 00.04039" E	16° 19' 01.79172" N	103° 59' 00.04004" E	0.00128	0.00035
155	PONG	19° 08' 59.96816" N	100° 16' 30.70886" E	19° 08' 59.96823" N	100° 16' 30.70894" E	-0.00007	-0.00008
156	PPRM	17° 02' 01.21956" N	100° 12' 05.76701" E	17° 02' 01.21994" N	100° 12' 05.76745" E	-0.00038	-0.00044
157	PTBR	13° 06' 32.91821" N	99° 56' 39.53747" E	13° 06' 32.91850" N	99° 56' 39.53701" E	-0.00029	0.00046
158	PTLG	7° 36' 56.11084" N	100° 04' 17.49544" E	7° 36' 56.10976" N	100° 04' 17.49633" E	0.00108	-0.00089
159	PYAO	19° 11' 31.62347" N	99° 52' 49.83474" E	19° 11' 31.62445" N	99° 52' 49.83494" E	-0.00098	-0.00020
160	RAND	7° 46' 03.44373" N	100° 19' 27.77739" E	7° 46' 03.44296" N	100° 19' 27.77941" E	0.00077	-0.00202
161	RATP	7° 08' 04.40150" N	100° 15' 22.08508" E	7° 08' 04.40040" N	100° 15' 22.08580" E	0.00110	-0.00072
162	RAYG	12° 40' 08.55777" N	101° 16' 25.28227" E	12° 40' 08.55804" N	101° 16' 25.28224" E	-0.00027	0.00003
163	SADO	6° 43' 50.29014" N	100° 26' 56.74347" E	6° 43' 50.28828" N	100° 26' 56.74356" E	0.00186	-0.00009
164	SAKW	13° 48' 21.63534" N	102° 05' 48.69896" E	13° 48' 21.63510" N	102° 05' 48.69954" E	0.00024	-0.00058
165	SAMG	18° 50' 53.25913" N	98° 43' 56.42972" E	18° 50' 53.25798" N	98° 43' 56.43176" E	0.00115	-0.00204
166	SATN	6° 37' 28.90195" N	100° 03' 58.07973" E	6° 37' 28.89974" N	100° 03' 58.07960" E	0.00221	0.00013
167	SBKK	13° 47' 34.60101" N	100° 35' 47.37255" E	13° 47' 34.60153" N	100° 35' 47.37224" E	-0.00052	0.00031
168	SBRI	6° 42' 16.29538" N	101° 37' 05.34748" E	6° 42' 16.29370" N	101° 37' 05.34737" E	0.00168	0.00011
169	SCHP	16° 48' 04.27590" N	102° 11' 13.68247" E	16° 48' 04.27570" N	102° 11' 13.68376" E	0.00020	-0.00129
170	SDAN	16° 11' 20.92353" N	100° 51' 33.40945" E	16° 11' 20.92363" N	100° 51' 33.40879" E	-0.00010	0.00066
171	SDAO	13° 08' 13.30474" N	102° 13' 06.13711" E	13° 08' 13.30464" N	102° 13' 06.13721" E	0.00010	-0.00010
172	SGNN	14° 53' 33.15494" N	101° 43' 22.14753" E	14° 53' 33.15507" N	101° 43' 22.14713" E	-0.00013	0.00040
173	SICN	9° 00' 25.80869" N	99° 54' 04.49916" E	9° 00' 25.80808" N	99° 54' 04.50257" E	0.00061	-0.00341
174	SISA	17° 31' 03.10890" N	99° 45' 37.61941" E	17° 31' 03.10974" N	99° 45' 37.61991" E	-0.00084	-0.00050
175	SISK	15° 06' 58.03287" N	104° 17' 08.45378" E	15° 06' 58.03187" N	104° 17' 08.45287" E	0.00100	0.00091
176	SKBR	15° 09' 18.02794" N	98° 27' 12.10219" E	15° 09' 18.02826" N	98° 27' 12.10234" E	-0.00032	-0.00015
177	SKNK	17° 09' 18.72908" N	104° 08' 01.34074" E	17° 09' 18.72875" N	104° 08' 01.34057" E	0.00033	0.00017
178	SKOM	18° 03' 49.23712" N	102° 16' 19.11803" E	18° 03' 49.23663" N	102° 16' 19.11781" E	0.00049	0.00022

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
179	SKPM	14° 56' 45.13806" N	103° 47' 30.29373" E	14° 56' 45.13708" N	103° 47' 30.29339" E	0.00098	0.00034
180	SKTH	17° 00' 18.65748" N	99° 49' 38.15319" E	17° 00' 18.65844" N	99° 49' 38.15361" E	-0.00096	-0.00042
181	SMNM	18° 03' 54.71880" N	99° 14' 43.90812" E	18° 03' 54.71981" N	99° 14' 43.90799" E	-0.00101	0.00013
182	SNCK	13° 39' 30.88335" N	101° 26' 23.13770" E	13° 39' 30.88327" N	101° 26' 23.13769" E	0.00008	0.00001
183	SOKA	7° 12' 24.08264" N	100° 35' 46.03587" E	7° 12' 24.08141" N	100° 35' 46.03641" E	0.00123	-0.00054
184	SPBR	14° 31' 07.94160" N	100° 07' 50.09906" E	14° 31' 07.94266" N	100° 07' 50.09864" E	-0.00106	0.00042
185	SPDI	6° 05' 05.41069" N	101° 52' 38.75699" E	6° 05' 05.40897" N	101° 52' 38.75782" E	0.00172	-0.00083
186	SPUG	13° 32' 50.43295" N	99° 26' 26.75991" E	13° 32' 50.43471" N	99° 26' 26.75862" E	-0.00176	0.00129
187	SRTN	9° 07' 55.99880" N	99° 19' 52.89601" E	9° 07' 55.99931" N	99° 19' 52.89801" E	-0.00051	-0.00200
188	STHP	12° 39' 46.15447" N	100° 54' 14.63539" E	12° 39' 46.15495" N	100° 54' 14.63618" E	-0.00048	-0.00079
189	STUK	15° 17' 52.44082" N	103° 17' 32.49796" E	15° 17' 52.44030" N	103° 17' 32.49810" E	0.00052	-0.00014
190	SURN	14° 52' 46.69531" N	103° 29' 15.13453" E	14° 52' 46.69435" N	103° 29' 15.13449" E	0.00096	0.00004
191	TAPY	14° 00' 22.35285" N	102° 48' 21.29372" E	14° 00' 22.35302" N	102° 48' 21.29509" E	-0.00017	-0.00137
192	TCP1	10° 48' 10.39675" N	99° 10' 12.81401" E	10° 48' 10.39778" N	99° 10' 12.81566" E	-0.00103	-0.00165
193	TCP2	10° 04' 11.35818" N	99° 03' 31.31160" E	10° 04' 11.35876" N	99° 03' 31.31423" E	-0.00058	-0.00263
194	TCTI	12° 44' 07.72631" N	101° 50' 00.39198" E	12° 44' 07.72636" N	101° 50' 00.39141" E	-0.00005	0.00057
195	TEPA	6° 49' 47.37481" N	100° 57' 52.20415" E	6° 49' 47.37331" N	100° 57' 52.20412" E	0.00150	0.00003
196	TGSG	8° 07' 46.10994" N	99° 40' 16.63881" E	8° 07' 46.11002" N	99° 40' 16.63969" E	-0.00008	-0.00088
197	THKP	8° 52' 14.58645" N	98° 20' 39.92365" E	8° 52' 14.58783" N	98° 20' 39.92466" E	-0.00138	-0.00101
198	THPP	14° 44' 41.53923" N	98° 37' 27.11081" E	14° 44' 41.54040" N	98° 37' 27.10995" E	-0.00117	0.00086
199	THSY	17° 13' 36.16511" N	98° 13' 32.98067" E	17° 13' 36.16503" N	98° 13' 32.98074" E	0.00008	-0.00007
200	TKK1	16° 50' 18.43780" N	102° 54' 45.72298" E	16° 50' 18.43744" N	102° 54' 45.72321" E	0.00036	-0.00023
201	TKK2	15° 53' 42.45120" N	102° 38' 55.85866" E	15° 53' 42.45069" N	102° 38' 55.85841" E	0.00051	0.00025
202	TKPP	15° 36' 19.09473" N	105° 02' 10.15675" E	15° 36' 19.09382" N	105° 02' 10.15552" E	0.00091	0.00123
203	TKRI	14° 06' 18.74670" N	99° 25' 46.29162" E	14° 06' 18.74787" N	99° 25' 46.29068" E	-0.00117	0.00094
204	TNPM	17° 20' 03.65311" N	104° 34' 42.01754" E	17° 20' 03.65214" N	104° 34' 42.01905" E	0.00097	-0.00151
205	TNPT	14° 05' 16.86643" N	99° 56' 23.71396" E	14° 05' 16.86727" N	99° 56' 23.71357" E	-0.00084	0.00039
206	TNSN	15° 52' 48.74873" N	100° 24' 41.81533" E	15° 52' 48.74908" N	100° 24' 41.81501" E	-0.00035	0.00032
207	TNST	8° 29' 21.21738" N	99° 57' 22.45941" E	8° 29' 21.21751" N	99° 57' 22.46192" E	-0.00013	-0.00251
208	TPHN	16° 13' 07.85894" N	100° 25' 42.78475" E	16° 13' 07.85927" N	100° 25' 42.78474" E	-0.00033	0.00001

ลำดับ	สถานี	ค่าพิกัด ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าพิกัด ITRF2005 ที่ epoch2008.11 แปลงพื้นฐานด้วยพารามิเตอร์ไปสู่ ITRF2008 ที่ epoch2013.10		ค่าต่างพิกัด ["]	
		ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด [° ' "]	ลองจิจูด [° ' "]	ละติจูด	ลองจิจูด
209	TPK1	12° 24' 56.91098" N	99° 53' 10.13039" E	12° 24' 56.91117" N	99° 53' 10.13175" E	-0.00019	-0.00136
210	TPK2	10° 59' 14.16609" N	99° 22' 06.33523" E	10° 59' 14.16686" N	99° 22' 06.33743" E	-0.00077	-0.00220
211	TPKT	8° 08' 04.38352" N	98° 19' 49.69584" E	8° 08' 04.38439" N	98° 19' 49.69528" E	-0.00087	0.00056
212	TPNM	16° 56' 12.88268" N	104° 42' 34.02728" E	16° 56' 12.88238" N	104° 42' 34.02720" E	0.00030	0.00008
213	TPRI	13° 56' 39.76463" N	101° 42' 44.20866" E	13° 56' 39.76487" N	101° 42' 44.20849" E	-0.00024	0.00017
214	TSKA	6° 55' 43.47827" N	100° 24' 22.28608" E	6° 55' 43.47681" N	100° 24' 22.28615" E	0.00146	-0.00007
215	TSKW	13° 41' 41.79884" N	102° 29' 32.70596" E	13° 41' 41.79825" N	102° 29' 32.70656" E	0.00059	-0.00060
216	TSRI	14° 39' 06.77940" N	101° 09' 18.40878" E	14° 39' 06.78018" N	101° 09' 18.40806" E	-0.00078	0.00072
217	TSSK	15° 06' 18.29662" N	104° 34' 08.35097" E	15° 06' 18.29625" N	104° 34' 08.34947" E	0.00037	0.00150
218	TUBN	15° 11' 34.73946" N	104° 53' 01.39539" E	15° 11' 34.73864" N	104° 53' 01.39370" E	0.00082	0.00169
219	TUTT	17° 39' 46.92274" N	100° 07' 29.77436" E	17° 39' 46.92352" N	100° 07' 29.77462" E	-0.00078	-0.00026
220	UDON	17° 24' 45.82862" N	102° 46' 50.55562" E	17° 24' 45.82842" N	102° 46' 50.55542" E	0.00020	0.00020
221	UTHI	15° 21' 38.97543" N	100° 00' 31.20068" E	15° 21' 38.97562" N	100° 00' 31.20031" E	-0.00019	0.00037
222	UTOG	14° 22' 38.17328" N	99° 53' 35.10316" E	14° 22' 38.17457" N	99° 53' 35.10254" E	-0.00129	0.00062
223	UTTD	17° 37' 48.33070" N	100° 05' 46.85164" E	17° 37' 48.33148" N	100° 05' 46.85201" E	-0.00078	-0.00037
224	VCBR	15° 39' 26.54781" N	101° 06' 24.54052" E	15° 39' 26.54845" N	101° 06' 24.54116" E	-0.00064	-0.00064
225	WGNC	17° 53' 59.41075" N	99° 36' 10.84431" E	17° 53' 59.41126" N	99° 36' 10.84458" E	-0.00051	-0.00027
226	WHAG	19° 33' 41.59474" N	98° 38' 13.16574" E	19° 33' 41.59454" N	98° 38' 13.16681" E	0.00020	-0.00107
227	WKNH	14° 25' 01.23139" N	101° 51' 01.01801" E	14° 25' 01.23179" N	101° 51' 01.01814" E	-0.00040	-0.00013
228	WNNW	17° 37' 54.17909" N	103° 45' 07.04633" E	17° 37' 54.17857" N	103° 45' 07.04681" E	0.00052	-0.00048
229	WSPG	17° 18' 02.82082" N	101° 46' 07.18352" E	17° 18' 02.82098" N	101° 46' 07.18287" E	-0.00016	0.00065
					ค่าต่ำสุด	-0.00195	-0.00703
					ค่าสูงสุด	0.00221	0.00266
					ค่าเฉลี่ย	0.00000	-0.00010
					ค่า RMS	0.00078	0.00107

ตารางที่ 45 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิทาททางราบด้วยวิธี IDW

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-IDW-1			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-IDW-2			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-IDW-3			ความคลาดเคลื่อน [ม.]					
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ			
1	CPRF0101	654958.4985	832201.0778	0.0071	-0.0006	0.0071	0.0003	832201.0775	832201.0775	0.0119	-0.0003	0.0119	654958.4882	832201.0766	0.0119	-0.0003	0.0119	654958.4882	832201.0766	0.0119	-0.0003	0.0119
2	CPRF0103	605067.8197	818447.2606	0.0000	-0.0003	0.0003	0.0003	818447.2606	818447.2606	0.0019	-0.0003	0.0019	605067.8163	818447.2609	0.0019	-0.0003	0.0019	605067.8163	818447.2609	0.0019	-0.0003	0.0019
3	CPRF0105	575778.3875	792728.2248	-0.0048	0.0055	0.0073	0.0048	792728.2282	792728.2282	-0.0079	0.0021	0.0082	575778.3940	792728.2313	-0.0079	0.0021	0.0082	575778.3940	792728.2313	-0.0079	0.0021	0.0082
4	CPRF0115	742246.2913	733737.3919	0.0057	-0.0044	0.0072	0.0057	733737.3912	733737.3912	0.0040	-0.0037	0.0054	742246.2936	733737.3912	0.0040	-0.0037	0.0054	742246.2936	733737.3912	0.0040	-0.0037	0.0054
5	CPRF0116	760487.5031	714380.5649	0.0042	0.0035	0.0055	0.0042	714380.5628	714380.5628	0.0012	0.0056	0.0057	760487.5082	714380.5613	0.0012	0.0056	0.0057	760487.5082	714380.5613	0.0012	0.0056	0.0057
6	CPRF0117	777555.4664	705734.9833	0.0002	-0.0061	0.0061	0.0002	705734.9819	705734.9819	-0.0009	-0.0047	0.0048	777555.4684	705734.9809	-0.0009	-0.0047	0.0048	777555.4684	705734.9809	-0.0009	-0.0047	0.0048
7	CPRF0118	801704.8825	696721.2361	-0.0106	0.0003	0.0106	-0.0106	696721.2358	696721.2358	-0.0055	0.0006	0.0055	801704.8747	696721.2355	-0.0055	0.0006	0.0055	801704.8747	696721.2355	-0.0055	0.0006	0.0055
8	CPRF0121	785054.4797	669623.6327	-0.0021	0.0003	0.0021	-0.0021	669623.6327	669623.6327	0.0000	0.0003	0.0003	785054.4754	669623.6330	0.0000	0.0003	0.0003	785054.4754	669623.6330	0.0000	0.0003	0.0003
9	CPRF0203	630746.7660	892284.3989	-0.0177	-0.0059	0.0187	-0.0177	892284.3937	892284.3937	-0.0070	-0.0007	0.0070	630746.7455	892284.3890	-0.0070	-0.0007	0.0070	630746.7455	892284.3890	-0.0070	-0.0007	0.0070
10	CPRF0204	648532.3087	870177.5073	-0.0591	-0.0478	0.0760	-0.0591	870177.5097	870177.5097	-0.0485	-0.0502	0.0698	648532.2947	870177.5110	-0.0485	-0.0502	0.0698	648532.2947	870177.5110	-0.0485	-0.0502	0.0698
11	CPRF0208	498003.4591	953058.5849	-0.0139	0.0002	0.0139	-0.0139	953058.5851	953058.5851	-0.0113	0.0000	0.0113	498003.4549	953058.5854	-0.0113	0.0000	0.0113	498003.4549	953058.5854	-0.0113	0.0000	0.0113
12	CPRF0211	484798.6798	988419.5516	-0.0018	-0.0118	0.0119	-0.0018	988419.5511	988419.5511	-0.0015	-0.0113	0.0114	484798.6795	988419.5511	-0.0015	-0.0113	0.0114	484798.6795	988419.5511	-0.0015	-0.0113	0.0114
13	CPRF0232	416762.4501	930046.9872	0.0306	-0.0109	0.0325	0.0306	930046.9834	930046.9834	0.0180	-0.0071	0.0193	416762.4713	930046.9818	0.0180	-0.0071	0.0193	416762.4713	930046.9818	0.0180	-0.0071	0.0193
14	CPRF0304	575957.1159	1454238.8375	0.0027	0.0061	0.0067	0.0027	1454238.8402	1454238.8402	0.0072	0.0034	0.0080	575957.1078	1454238.8423	0.0072	0.0034	0.0080	575957.1078	1454238.8423	0.0072	0.0034	0.0080
15	CPRF0305	588687.0839	1428667.7510	0.0093	0.0053	0.0107	0.0093	1428667.7523	1428667.7523	0.0169	0.0040	0.0174	588687.0718	1428667.7526	0.0169	0.0040	0.0174	588687.0718	1428667.7526	0.0169	0.0040	0.0174
16	CPRF0306	617235.9472	1442527.9030	-0.0007	0.0042	0.0043	-0.0007	1442527.9051	1442527.9051	-0.0048	0.0021	0.0052	617235.9561	1442527.9063	-0.0048	0.0021	0.0052	617235.9561	1442527.9063	-0.0048	0.0021	0.0052
17	CPRF0307	593749.1550	1397212.8010	-0.0193	0.0033	0.0196	-0.0193	1397212.8021	1397212.8021	-0.0109	0.0022	0.0111	593749.1445	1397212.8021	-0.0109	0.0022	0.0111	593749.1445	1397212.8021	-0.0109	0.0022	0.0111
18	CPRF0314	528529.6732	1217167.1904	0.0015	-0.0098	0.0099	0.0015	1217167.1870	1217167.1870	-0.0003	-0.0064	0.0064	528529.6738	1217167.1873	-0.0003	-0.0064	0.0064	528529.6738	1217167.1873	-0.0003	-0.0064	0.0064
19	CPRF0315	522323.1656	1188423.5131	-0.0197	-0.0114	0.0228	-0.0197	1188423.5070	1188423.5070	-0.0297	-0.0053	0.0302	522323.1784	1188423.5060	-0.0297	-0.0053	0.0302	522323.1784	1188423.5060	-0.0297	-0.0053	0.0302

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF 2005 to 2008-MB-IDW-1			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF 2005 to 2008-MB-IDW-2			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF 2005 to 2008-MB-IDW-3			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
20	CPRF0316	538009.9355	1181184.8964	0.0218	-0.0173	-0.0132	0.0218	538009.9419	1181184.8906	0.0248	-0.0237	-0.0074	0.0248	538009.9456	1181184.8882	0.0248	-0.0274	-0.0050	0.0279
21	CPRF0326	533582.8601	1018785.1755	0.0193	-0.0135	0.0138	0.0193	533582.8677	1018785.1712	0.0278	-0.0211	0.0181	0.0278	533582.8695	1018785.1703	0.0278	-0.0229	0.0190	0.0298
22	CPRF0330	466011.0102	1120587.1269	0.0048	0.0021	-0.0043	0.0048	466011.0117	1120587.1263	0.0048	0.0006	-0.0037	0.0037	466011.0126	1120587.1263	0.0037	-0.0003	-0.0037	0.0037
23	CPRF0332	559237.8713	1523746.2816	0.0130	0.0126	0.0031	0.0130	559237.8755	1523746.2785	0.0104	0.0084	0.0062	0.0104	559237.8788	1523746.2748	0.0104	0.0051	0.0099	0.0111
24	CPRF0333	596656.9282	1524817.0508	0.0177	0.0084	-0.0156	0.0177	596656.9303	1524817.0518	0.0178	0.0063	-0.0166	0.0178	596656.9327	1524817.0530	0.0178	0.0039	-0.0178	0.0182
25	CPRF0408	517604.4922	1597336.0148	0.0116	0.0078	-0.0086	0.0116	517604.4991	1597336.0084	0.0024	0.0009	-0.0022	0.0024	517604.5057	1597336.0022	0.0024	-0.0057	0.0040	0.0070
26	CPRF0409	653822.0589	1552677.0785	0.0022	0.0021	-0.0006	0.0022	653822.0586	1552677.0785	0.0024	0.0024	-0.0006	0.0025	653822.0586	1552677.0782	0.0025	0.0024	-0.0003	0.0024
27	CPRF0417	666118.9397	1614225.6627	0.0092	0.0024	-0.0089	0.0092	666118.9397	1614225.6614	0.0024	0.0024	-0.0076	0.0080	666118.9397	1614225.6602	0.0080	0.0024	-0.0064	0.0068
28	CPRF0418	689784.3665	1610157.1261	0.0091	0.0018	-0.0089	0.0091	689784.3671	1610157.1240	0.0012	0.0012	-0.0068	0.0069	689784.3674	1610157.1221	0.0069	0.0009	-0.0049	0.0050
29	CPRF0426	593276.6420	1675107.9263	0.0121	-0.0051	0.0110	0.0121	593276.6420	1675107.9284	0.0103	-0.0051	0.0089	0.0103	593276.6417	1675107.9294	0.0103	-0.0048	0.0079	0.0092
30	CPRF0434	566571.6821	1616332.9922	0.0080	0.0008	-0.0080	0.0080	566571.6806	1616332.9906	0.0023	0.0023	0.0096	0.0099	566571.6794	1616332.9897	0.0099	0.0035	0.0105	0.0111
31	CPRF0507	743126.4527	1529669.3834	0.0041	0.0030	0.0028	0.0041	743126.4518	1529669.3862	0.0039	0.0039	0.0000	0.0039	743126.4508	1529669.3883	0.0039	0.0049	-0.0021	0.0053
32	CPRF0508	724359.1538	1546165.6334	0.0047	0.0018	0.0043	0.0047	724359.1547	1546165.6325	0.0009	0.0009	0.0052	0.0053	724359.1559	1546165.6312	0.0053	-0.0003	0.0065	0.0065
33	CPRF0511	780159.1760	1537828.5307	0.0020	0.0006	0.0019	0.0020	780159.1781	1537828.5308	0.0015	-0.0015	0.0018	0.0023	780159.1799	1537828.5299	0.0023	-0.0033	0.0027	0.0043
34	CPRF0518	177413.6867	1510552.4737	0.0016	-0.0015	-0.0006	0.0016	177413.6843	1510552.4756	0.0009	0.0009	-0.0025	0.0027	177413.6816	1510552.4771	0.0027	0.0036	-0.0040	0.0054
35	CPRF0521	201128.0321	1415123.8009	0.0060	-0.0054	0.0025	0.0060	201128.0354	1415123.8003	-0.0087	-0.0087	0.0031	0.0092	201128.0375	1415123.7999	0.0092	-0.0108	0.0035	0.0114
36	CPRF0522	177183.1403	1394093.3792	0.0065	-0.0057	0.0031	0.0065	177183.1454	1394093.3788	-0.0108	-0.0108	0.0035	0.0114	177183.1463	1394093.3791	0.0114	-0.0117	0.0032	0.0121
37	CPRF0524	227930.1988	1363612.4852	0.0061	0.0023	-0.0056	0.0061	227930.1970	1363612.4868	0.0041	0.0041	-0.0072	0.0083	227930.1955	1363612.4880	0.0083	0.0056	-0.0084	0.0101
38	CPRF0526	214932.0844	1369625.7642	0.0202	0.0200	0.0031	0.0202	214932.0853	1369625.7638	0.0191	0.0191	0.0035	0.0194	214932.0850	1369625.7638	0.0194	0.0194	0.0035	0.0197
39	CPRF0532	750950.8948	1414893.1654	0.0133	0.0133	0.0008	0.0133	750950.8958	1414893.1630	0.0123	0.0123	0.0032	0.0127	750950.8973	1414893.1612	0.0127	0.0108	0.0050	0.0119
40	CPRF0601	702682.0355	1593469.4933	0.0034	0.0003	-0.0034	0.0034	702682.0361	1593469.4917	-0.0003	-0.0003	-0.0018	0.0018	702682.0358	1593469.4902	0.0018	0.0000	-0.0003	0.0003

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-IDW-1			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-IDW-2			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-IDW-3			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
62	CPRF0813	385968.7444	1825281.8975	0.0114	-0.0106	0.0043	0.0114	385968.7433	1825281.9027	0.0095	-0.0095	0.0095	385968.7430	1825281.9067	0.0095	-0.0092	-0.0049	0.0104	
63	CPRF0817	304664.6010	1857709.4031	0.0037	0.0033	-0.0016	0.0037	304664.5987	1857709.4019	0.0037	0.0036	-0.0004	0.0056	304664.5966	1857709.4010	0.0056	0.0077	0.0005	0.0077
64	CPRF0822	325280.0946	1730787.3185	0.0034	0.0006	0.0033	0.0034	325280.0940	1730787.3166	0.0034	0.0012	0.0052	0.0053	325280.0940	1730787.3154	0.0053	0.0012	0.0064	0.0065
65	CPRF0827	205885.9893	1743244.6380	0.0062	0.0021	0.0058	0.0062	205885.9896	1743244.6389	0.0062	0.0018	0.0049	0.0052	205885.9902	1743244.6398	0.0052	0.0012	0.0040	0.0042
66	CPRF0828	181145.4093	1762774.6092	0.0093	0.0069	0.0063	0.0093	181145.4114	1762774.6101	0.0093	0.0048	0.0054	0.0072	181145.4129	1762774.6125	0.0072	0.0033	0.0030	0.0045
67	CPRF0830	182949.6329	1778380.9013	0.0098	0.0078	0.0060	0.0098	182949.6352	1778380.8960	0.0098	0.0055	0.0113	0.0126	182949.6360	1778380.8920	0.0126	0.0047	0.0153	0.0160
68	CPRF0831	206760.8605	1782884.5195	0.0021	0.0009	-0.0019	0.0021	206760.8626	1782884.5195	0.0021	-0.0012	-0.0019	0.0022	206760.8644	1782884.5204	0.0022	-0.0030	-0.0028	0.0041
69	CPRF0837	798957.0273	1825363.3331	0.0083	0.0077	0.0032	0.0083	798957.0286	1825363.3291	0.0083	0.0064	0.0072	0.0096	798957.0310	1825363.3258	0.0096	0.0040	0.0105	0.0112
70	CPRF0910	210044.9514	1930472.5585	0.0116	0.0112	-0.0030	0.0116	210044.9535	1930472.5569	0.0116	0.0091	-0.0014	0.0092	210044.9546	1930472.5560	0.0092	0.0080	-0.0005	0.0080
71	CPRF0921	278130.5833	1957544.0591	0.0048	0.0047	0.0009	0.0048	278130.5854	1957544.0585	0.0048	0.0026	0.0015	0.0030	278130.5866	1957544.0585	0.0030	0.0014	0.0015	0.0021
72	CPRF0923	318976.1914	1972408.5469	0.0085	0.0085	-0.0004	0.0085	318976.1934	1972408.5475	0.0085	0.0065	-0.0010	0.0066	318976.1940	1972408.5481	0.0066	0.0059	-0.0016	0.0061
73	CPRF0929	359155.5650	1938474.3991	0.0053	0.0047	-0.0025	0.0053	359155.5626	1938474.3997	0.0053	0.0071	-0.0031	0.0077	359155.5605	1938474.4010	0.0077	0.0092	-0.0044	0.0102
74	CPRF0931	391507.5332	1914908.9603	0.0020	0.0012	0.0016	0.0020	391507.5376	1914908.9566	0.0020	-0.0032	0.0053	0.0062	391507.5405	1914908.9538	0.0062	-0.0061	0.0081	0.0101
75	CPRF0936	419460.0848	1949154.3512	0.0098	0.0068	-0.0071	0.0098	419460.0825	1949154.3516	0.0098	0.0091	-0.0075	0.0118	419460.0810	1949154.3516	0.0118	0.0106	-0.0075	0.0130
76	CPRF1014	584520.3873	1741562.3761	0.0087	0.0083	0.0025	0.0087	584520.3873	1741562.3768	0.0087	0.0083	0.0018	0.0085	584520.3870	1741562.3768	0.0085	0.0086	0.0018	0.0088
77	CPRF1015	588530.6974	1757576.2040	0.0084	0.0083	0.0012	0.0084	588530.6986	1757576.2043	0.0084	0.0071	0.0009	0.0072	588530.6995	1757576.2043	0.0072	0.0062	0.0009	0.0063
78	CPRF1017	619390.6700	1783113.4556	0.0075	0.0071	0.0025	0.0075	619390.6697	1783113.4562	0.0075	0.0074	0.0019	0.0076	619390.6688	1783113.4568	0.0076	0.0083	0.0013	0.0084
79	CPRF1018	619030.2692	1754723.4753	0.0166	0.0166	0.0004	0.0166	619030.2686	1754723.4756	0.0166	0.0172	0.0001	0.0172	619030.2686	1754723.4762	0.0172	0.0172	-0.0005	0.0172
80	CPRF1025	682259.5671	1751873.9232	0.0125	0.0062	0.0108	0.0125	682259.5680	1751873.9229	0.0125	0.0053	0.0111	0.0123	682259.5689	1751873.9232	0.0123	0.0044	0.0108	0.0117
81	CPRF1026	663438.7659	1783298.7558	0.0053	0.0041	0.0034	0.0053	663438.7641	1783298.7558	0.0053	0.0059	0.0034	0.0068	663438.7617	1783298.7555	0.0068	0.0083	0.0037	0.0091
82	CPRF1028	656103.8049	1736917.3192	0.0085	-0.0042	0.0074	0.0085	656103.8064	1736917.3196	0.0085	-0.0057	0.0070	0.0090	656103.8070	1736917.3199	0.0090	-0.0063	0.0067	0.0092

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-IDW-1			ITRF2005to2008-MB-IDW-2			ITRF2005to2008-MB-IDW-3								
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ						
				ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ				
83	CPRF1102	567281.4527	1915176.8137	0.0054	-0.0187	0.0195	567281.4504	1915176.8131	0.0077	-0.0181	0.0197	567281.4474	1915176.8128	0.0107	-0.0178	0.0208
84	CPRF1106	605864.7149	1837965.1058	-0.0148	0.0006	0.0148	605864.7143	1837965.1055	-0.0142	0.0009	0.0142	605864.7146	1837965.1061	-0.0145	0.0003	0.0145
85	CPRF1107	595391.0883	1860131.3534	-0.0106	-0.0001	0.0106	595391.0848	1860131.3521	-0.0071	0.0012	0.0072	595391.0809	1860131.3502	-0.0032	0.0031	0.0045
86	CPRF1108	618331.9574	1876226.8826	-0.0106	-0.0059	0.0121	618331.9521	1876226.8841	-0.0053	-0.0074	0.0091	618331.9494	1876226.8850	-0.0026	-0.0083	0.0087
87	CPRF1114	706502.0554	1957715.5770	0.0045	-0.0141	0.0148	706502.0539	1957715.5745	0.0060	-0.0116	0.0131	706502.0522	1957715.5733	0.0077	-0.0104	0.0129
88	CPRF1115	724992.1115	2001230.5076	-0.0216	0.0099	0.0238	724992.1081	2001230.4962	-0.0182	0.0213	0.0280	724992.1078	2001230.4931	-0.0179	0.0244	0.0303
89	CPRF1118	630810.3608	1924220.4967	-0.0157	-0.0050	0.0165	630810.3599	1924220.4952	-0.0148	-0.0035	0.0152	630810.3590	1924220.4939	-0.0139	-0.0022	0.0141
90	CPRF1119	616529.3427	1912296.0893	-0.0095	-0.0031	0.0100	616529.3403	1912296.0880	-0.0071	-0.0018	0.0073	616529.3388	1912296.0874	-0.0056	-0.0012	0.0057
91	CPRF1120	592201.2996	1922620.0565	-0.0065	0.0006	0.0065	592201.2957	1922620.0550	-0.0026	0.0021	0.0033	592201.2931	1922620.0538	0.0000	0.0033	0.0033
92	CPRF1129	438742.7251	1890160.7849	0.0153	-0.0207	0.0257	438742.7251	1890160.7932	0.0153	-0.0290	0.0328	438742.7245	1890160.8002	0.0159	-0.0360	0.0394
93	CPRF1210	465369.6664	2036585.8380	0.0073	-0.0083	0.0111	465369.6676	2036585.8377	0.0061	-0.0080	0.0101	465369.6690	2036585.8368	0.0047	-0.0071	0.0085
94	CPRF1303	565928.2787	2003436.2655	0.0026	-0.0028	0.0038	565928.2795	2003436.2679	0.0018	-0.0052	0.0055	565928.2798	2003436.2695	0.0015	-0.0068	0.0070
95	CPRF1305	526190.8158	2020219.0348	0.0050	-0.0009	0.0051	526190.8214	2020219.0333	-0.0006	0.0006	0.0008	526190.8235	2020219.0336	-0.0027	0.0003	0.0027
96	CPRF1307	546678.6251	1964684.5390	0.0041	0.0056	0.0069	546678.6245	1964684.5415	0.0047	0.0031	0.0056	546678.6239	1964684.5436	0.0053	0.0010	0.0054
97	CPRF1309	472904.4021	1977915.1611	0.0144	-0.0046	0.0151	472904.4027	1977915.1581	0.0138	-0.0016	0.0139	472904.4029	1977915.1562	0.0136	0.0003	0.0136
98	CPRF1314	502368.4217	1995967.0174	0.0168	-0.0024	0.0170	502368.4253	1995967.0143	0.0132	0.0007	0.0132	502368.4276	1995967.0119	0.0109	0.0031	0.0113
99	CPRF1320	520075.7442	2135391.7878	-0.0082	0.0098	0.0128	520075.7427	2135391.7884	-0.0067	0.0092	0.0114	520075.7421	2135391.7893	-0.0061	0.0083	0.0103
100	CPRF1334	589686.9002	2051258.8543	-0.0082	-0.0056	0.0099	589686.9005	2051258.8539	-0.0085	-0.0052	0.0100	589686.9011	2051258.8543	-0.0091	-0.0056	0.0107
			ค่าต่ำสุด	-0.0591	-0.0478	0.0003		ค่าต่ำสุด	-0.0485	-0.0502	0.0003		ค่าต่ำสุด	-0.0451	-0.0515	0.0003
			ค่าสูงสุด	0.0306	0.0138	0.0760		ค่าสูงสุด	0.0191	0.0213	0.0698		ค่าสูงสุด	0.0214	0.0244	0.0685
			ค่าเฉลี่ย	0.0115	0.0080	0.0106		ค่าเฉลี่ย	0.0103	0.0083	0.0098		ค่าเฉลี่ย	0.0103	0.0089	0.0101

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-IDW-1			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-IDW-2			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-IDW-3			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ค่า SD	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ค่า SD	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ค่า SD	ΔE	ΔN	ทางราบ
					0.0082	0.0060	0.0092				0.0072	0.0066	0.0089				0.0072	0.0072	0.0092
					RMSE ทางราบ			RMSE ทางราบ			RMSE ทางราบ			RMSE ทางราบ			RMSE ทางราบ		
					0.0140			0.0132			0.0132			0.0136			0.0136		

ตารางที่ 46 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิทาททางราบด้วยวิธี Kriging

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-S			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-C			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-E			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ค่า SD	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ค่า SD	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ค่า SD	ΔE	ΔN	ทางราบ
1	CPRF0101	654958.4870	832201.0747		0.0186	0.0025	0.0188	654958.4870	832201.0747		0.0186	0.0025	0.0188	654958.4870	832201.0747		0.0186	0.0025	0.0188
2	CPRF0103	605067.8206	818447.2603		-0.0009	0.0000	0.0009	605067.8206	818447.2600		-0.0009	0.0003	0.0009	605067.8206	818447.2606		-0.0009	-0.0003	0.0009
3	CPRF0105	575778.3943	792728.2267		-0.0116	0.0036	0.0121	575778.3943	792728.2260		-0.0116	0.0043	0.0124	575778.3943	792728.2276		-0.0116	0.0027	0.0119
4	CPRF0115	742246.2958	733737.3915		0.0012	-0.0040	0.0042	742246.2958	733737.3915		0.0012	-0.0040	0.0042	742246.2958	733737.3912		0.0012	-0.0037	0.0039
5	CPRF0116	760487.5079	714380.5650		-0.0006	0.0034	0.0035	760487.5079	714380.5650		-0.0006	0.0034	0.0035	760487.5079	714380.5647		-0.0006	0.0037	0.0037
6	CPRF0117	777555.4684	705734.9834		-0.0018	-0.0062	0.0065	777555.4684	705734.9837		-0.0018	-0.0065	0.0067	777555.4684	705734.9831		-0.0018	-0.0059	0.0062
7	CPRF0118	801704.8771	696721.2364		-0.0052	0.0000	0.0052	801704.8771	696721.2364		-0.0052	0.0000	0.0052	801704.8768	696721.2364		-0.0049	0.0000	0.0049
8	CPRF0121	785054.4767	669623.6336		0.0009	-0.0006	0.0011	785054.4767	669623.6336		0.0009	-0.0006	0.0011	785054.4767	669623.6336		0.0009	-0.0006	0.0011
9	CPRF0203	630746.7430	892284.3976		0.0053	-0.0046	0.0070	630746.7430	892284.3985		0.0053	-0.0055	0.0076	630746.7431	892284.3961		0.0052	-0.0031	0.0061
10	CPRF0204	648532.2868	870177.5026		-0.0372	-0.0431	0.0569	648532.2868	870177.5029		-0.0372	-0.0434	0.0572	648532.2868	870177.5023		-0.0372	-0.0428	0.0567
11	CPRF0208	498003.4537	953058.5848		-0.0085	0.0003	0.0085	498003.4537	953058.5845		-0.0085	0.0006	0.0085	498003.4537	953058.5851		-0.0085	0.0000	0.0085
12	CPRF0211	484798.6789	988419.5493		-0.0009	-0.0095	0.0095	484798.6789	988419.5496		-0.0009	-0.0098	0.0098	484798.6789	988419.5487		-0.0009	-0.0089	0.0089
13	CPRF0232	416762.4655	930046.9809		0.0152	-0.0046	0.0159	416762.4655	930046.9815		0.0152	-0.0052	0.0161	416762.4651	930046.9797		0.0156	-0.0034	0.0160
14	CPRF0304	575957.1147	1454238.8365		0.0039	0.0071	0.0081	575957.1147	1454238.8365		0.0039	0.0071	0.0081	575957.1147	1454238.8365		0.0039	0.0071	0.0081

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-S			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-C			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-E			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
36	CPRF0522	177183.1472	1394093.3794	0.0029	-0.0126	0.0029	0.0129	177183.1472	1394093.3797	0.0129	-0.0126	0.0026	0.0129	177183.1472	1394093.3791	0.0129	-0.0126	0.0032	0.0130
37	CPRF0524	227930.2006	1363612.4861	-0.0065	0.0005	0.0065	0.0065	227930.2006	1363612.4864	0.0065	0.0005	-0.0068	0.0068	227930.2006	1363612.4861	0.0068	0.0005	-0.0065	0.0065
38	CPRF0526	214932.0902	1369625.7650	0.0023	0.0142	0.0023	0.0144	214932.0902	1369625.7650	0.0144	0.0142	0.0023	0.0144	214932.0902	1369625.7644	0.0144	0.0142	0.0029	0.0145
39	CPRF0532	750950.8954	1414893.1658	0.0004	0.0127	0.0004	0.0127	750950.8954	1414893.1658	0.0127	0.0127	0.0004	0.0127	750950.8954	1414893.1654	0.0127	0.0127	0.0008	0.0127
40	CPRF0601	702682.0358	1593469.4930	-0.0031	0.0000	0.0031	0.0031	702682.0358	1593469.4933	0.0031	0.0000	-0.0034	0.0034	702682.0358	1593469.4924	0.0034	0.0000	-0.0025	0.0025
41	CPRF0612	783105.1411	1732911.1372	0.0075	0.0133	0.0075	0.0153	783105.1411	1732911.1372	0.0153	0.0133	0.0075	0.0153	783105.1411	1732911.1369	0.0153	0.0133	0.0078	0.0154
42	CPRF0616	180820.0592	1723084.5736	0.0010	-0.0005	0.0010	0.0011	180820.0592	1723084.5736	0.0011	-0.0005	0.0010	0.0011	180820.0593	1723084.5742	0.0011	-0.0006	0.0004	0.0007
43	CPRF0618	812467.2236	1700778.6475	0.0025	0.0006	0.0025	0.0026	812467.2236	1700778.6469	0.0026	0.0006	0.0031	0.0032	812467.2236	1700778.6484	0.0032	0.0006	0.0016	0.0017
44	CPRF0623	815989.6346	1636928.1928	-0.0013	-0.0053	-0.0013	0.0055	815989.6346	1636928.1928	0.0055	-0.0053	-0.0013	0.0055	815989.6346	1636928.1931	0.0055	-0.0053	-0.0016	0.0055
45	CPRF0625	189856.8700	1627158.4820	-0.0003	0.0018	-0.0003	0.0018	189856.8700	1627158.4820	0.0018	0.0018	-0.0003	0.0018	189856.8700	1627158.4817	0.0018	0.0018	0.0000	0.0018
46	CPRF0628	223357.0191	1588252.2171	-0.0025	0.0033	-0.0025	0.0041	223357.0191	1588252.2174	0.0041	0.0033	-0.0028	0.0043	223357.0191	1588252.2168	0.0043	0.0033	-0.0022	0.0040
47	CPRF0702	353387.2129	1624068.5475	0.0009	-0.0054	0.0009	0.0055	353387.2129	1624068.5471	0.0055	-0.0054	0.0013	0.0056	353387.2129	1624068.5484	0.0056	-0.0054	0.0000	0.0054
48	CPRF0706	368605.6813	1672976.2725	-0.0006	-0.0071	-0.0006	0.0071	368605.6813	1672976.2725	0.0071	-0.0071	-0.0006	0.0071	368605.6813	1672976.2731	0.0071	-0.0071	-0.0012	0.0072
49	CPRF0707	343125.1385	1658174.9600	0.0031	0.0033	0.0031	0.0045	343125.1385	1658174.9597	0.0045	0.0033	0.0034	0.0047	343125.1385	1658174.9606	0.0047	0.0033	0.0025	0.0041
50	CPRF0709	399183.8624	1652472.8472	0.0000	-0.0075	0.0000	0.0075	399183.8624	1652472.8466	0.0075	-0.0075	0.0006	0.0075	399183.8624	1652472.8481	0.0075	-0.0075	-0.0009	0.0076
51	CPRF0716	448025.0426	1744677.6285	0.0077	0.0006	0.0077	0.0077	448025.0426	1744677.6288	0.0077	0.0006	0.0074	0.0074	448025.0426	1744677.6285	0.0074	0.0006	0.0077	0.0077
52	CPRF0717	439921.2321	1766453.6135	0.0033	0.0047	0.0033	0.0057	439921.2321	1766453.6135	0.0057	0.0047	0.0033	0.0057	439921.2318	1766453.6132	0.0057	0.0050	0.0036	0.0062
53	CPRF0726	375251.5305	1594637.3041	0.0062	-0.0011	0.0062	0.0063	375251.5305	1594637.3035	0.0063	-0.0011	0.0068	0.0069	375251.5305	1594637.3054	0.0069	-0.0011	0.0049	0.0050
54	CPRF0727	406045.4305	1600320.8827	0.0009	-0.0168	0.0009	0.0168	406045.4305	1600320.8824	0.0168	-0.0168	0.0012	0.0168	406045.4308	1600320.8836	0.0168	-0.0171	0.0000	0.0171
55	CPRF0731	516577.9711	1623784.0218	-0.0040	-0.0024	-0.0040	0.0047	516577.9711	1623784.0224	0.0047	-0.0024	-0.0046	0.0052	516577.9711	1623784.0209	0.0052	-0.0024	-0.0031	0.0039
56	CPRF0732	492006.8148	1623822.9417	-0.0086	0.0081	-0.0086	0.0118	492006.8148	1623822.9420	0.0118	0.0081	-0.0089	0.0120	492006.8148	1623822.9411	0.0120	0.0081	-0.0080	0.0114

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-S			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-C			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-E			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
57	CPRF0734	504698.0679	1670691.7115	0.0024	-0.0024	0.0003	0.0024	0.0003	0.0024	0.0024	-0.0024	0.0000	0.0024	504698.0679	1670691.7105	0.0024	-0.0024	0.0013	0.0027
58	CPRF0736	525438.6447	1704378.6541	0.0047	0.0042	-0.0022	0.0047	-0.0022	0.0047	0.0047	0.0042	-0.0022	0.0047	525438.6447	1704378.6541	0.0047	0.0042	-0.0022	0.0047
59	CPRF0738	553286.9336	1731089.4789	0.0036	-0.0012	-0.0034	0.0036	-0.0012	0.0036	0.0036	-0.0012	-0.0034	0.0036	553286.9336	1731089.4789	0.0036	-0.0012	-0.0034	0.0036
60	CPRF0739	537961.6943	1675160.2685	0.0165	-0.0131	0.0101	0.0165	-0.0131	0.0165	0.0164	-0.0131	0.0098	0.0164	537961.6943	1675160.2679	0.0164	-0.0131	0.0107	0.0169
61	CPRF0805	454914.0797	1815709.4076	0.0049	-0.0017	0.0046	0.0049	-0.0017	0.0049	0.0052	-0.0017	0.0049	0.0052	454914.0797	1815709.4082	0.0052	-0.0017	0.0040	0.0043
62	CPRF0813	385968.7388	1825281.8981	0.0062	-0.0050	0.0037	0.0062	-0.0050	0.0062	0.0066	-0.0050	0.0043	0.0066	385968.7388	1825281.8993	0.0066	-0.0050	0.0025	0.0056
63	CPRF0817	304664.5972	1857709.4031	0.0073	0.0071	-0.0016	0.0073	0.0071	0.0073	0.0073	0.0071	-0.0016	0.0073	304664.5972	1857709.4028	0.0073	0.0071	-0.0013	0.0072
64	CPRF0822	325280.0919	1730787.3182	0.0049	0.0033	0.0036	0.0049	0.0033	0.0047	0.0047	0.0033	0.0033	0.0047	325280.0919	1730787.3176	0.0047	0.0033	0.0042	0.0053
65	CPRF0827	205885.9893	1743244.6386	0.0056	0.0021	0.0052	0.0056	0.0021	0.0059	0.0059	0.0021	0.0055	0.0059	205885.9893	1743244.6389	0.0059	0.0021	0.0049	0.0053
66	CPRF0828	181145.4113	1762774.6076	0.0093	0.0049	0.0079	0.0093	0.0049	0.0090	0.0090	0.0049	0.0076	0.0090	181145.4113	1762774.6064	0.0090	0.0049	0.0091	0.0103
67	CPRF0830	182949.6397	1778380.9008	0.0066	0.0010	0.0065	0.0066	0.0010	0.0066	0.0056	0.0010	0.0055	0.0056	182949.6397	1778380.8993	0.0056	0.0010	0.0080	0.0081
68	CPRF0831	206760.8665	1782884.5194	0.0054	-0.0051	-0.0018	0.0054	-0.0051	0.0054	0.0054	-0.0051	-0.0018	0.0054	206760.8665	1782884.5194	0.0054	-0.0051	-0.0018	0.0054
69	CPRF0837	798957.0368	1825363.3336	0.0032	-0.0018	0.0027	0.0032	-0.0018	0.0032	0.0028	-0.0018	0.0021	0.0028	798957.0368	1825363.3330	0.0028	-0.0018	0.0033	0.0038
70	CPRF0910	210044.9558	1930472.5575	0.0071	0.0068	-0.0020	0.0071	0.0068	0.0072	0.0072	0.0068	-0.0023	0.0072	210044.9558	1930472.5569	0.0072	0.0068	-0.0014	0.0069
71	CPRF0921	278130.5872	1957544.0591	0.0012	0.0008	0.0009	0.0012	0.0008	0.0012	0.0012	0.0008	0.0009	0.0012	278130.5872	1957544.0591	0.0012	0.0008	0.0009	0.0012
72	CPRF0923	318976.1955	1972408.5463	0.0044	0.0044	0.0002	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0002	0.0044	318976.1955	1972408.5466	0.0044	0.0044	-0.0001	0.0044
73	CPRF0929	359155.5653	1938474.3988	0.0049	0.0044	-0.0022	0.0049	0.0044	0.0049	0.0049	0.0044	-0.0022	0.0049	359155.5652	1938474.3985	0.0049	0.0044	-0.0019	0.0049
74	CPRF0931	391507.5391	1914908.9612	0.0048	-0.0047	0.0007	0.0048	-0.0047	0.0048	0.0048	-0.0047	0.0007	0.0048	391507.5391	1914908.9606	0.0048	-0.0047	0.0013	0.0049
75	CPRF0936	419460.0716	1949154.3522	0.0216	0.0200	-0.0081	0.0216	0.0200	0.0215	0.0215	0.0200	-0.0078	0.0215	419460.0716	1949154.3525	0.0215	0.0200	-0.0084	0.0217
76	CPRF1014	584520.3882	1741562.3761	0.0078	0.0074	0.0025	0.0078	0.0074	0.0078	0.0078	0.0074	0.0025	0.0079	584520.3882	1741562.3765	0.0079	0.0074	0.0021	0.0077
77	CPRF1015	588530.7010	1757576.2034	0.0050	0.0047	0.0018	0.0050	0.0047	0.0050	0.0050	0.0047	0.0018	0.0050	588530.7010	1757576.2037	0.0050	0.0047	0.0015	0.0049

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-S			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-C			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-E			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
78	CPRF-1017	619390.6721	1783113.4553	0.0057	0.0028	0.0050	0.0028	0.0057	0.0028	0.0050	0.0028	0.0057	619390.6721	1783113.4556	0.0057	0.0028	0.0050	0.0028	0.0057
79	CPRF-1018	619030.2695	1754723.4747	0.0163	0.0010	0.0163	0.0010	0.0163	0.0010	0.0163	0.0010	0.0163	619030.2695	1754723.4750	0.0163	0.0010	0.0163	0.0010	0.0163
80	CPRF-1025	682259.5683	1751873.9232	0.0119	0.0108	0.0050	0.0108	0.0119	0.0108	0.0050	0.0108	0.0119	682259.5683	1751873.9232	0.0119	0.0108	0.0050	0.0108	0.0119
81	CPRF-1026	663438.7644	1783298.7561	0.0064	0.0031	0.0056	0.0031	0.0064	0.0031	0.0056	0.0031	0.0064	663438.7641	1783298.7561	0.0064	0.0031	0.0059	0.0031	0.0067
82	CPRF-1028	656103.8088	1736917.3196	0.0107	0.0070	-0.0081	0.0070	0.0107	0.0070	-0.0081	0.0070	0.0107	656103.8088	1736917.3196	0.0107	0.0070	-0.0081	0.0070	0.0107
83	CPRF-1102	567281.4474	1915176.8125	0.0205	-0.0175	0.0107	-0.0175	0.0205	-0.0175	0.0107	-0.0175	0.0205	567281.4474	1915176.8119	0.0205	-0.0175	0.0107	-0.0169	0.0200
84	CPRF-1106	605864.7158	1837965.1034	0.0160	0.0030	-0.0157	0.0030	0.0160	0.0030	-0.0157	0.0030	0.0160	605864.7158	1837965.1031	0.0159	0.0027	-0.0157	0.0033	0.0160
85	CPRF-1107	595391.0845	1860131.3518	0.0070	0.0015	-0.0068	0.0015	0.0070	0.0015	-0.0068	0.0015	0.0069	595391.0845	1860131.3515	0.0069	0.0012	-0.0068	0.0018	0.0070
86	CPRF-1108	618331.9488	1876226.8813	0.0050	-0.0046	-0.0020	-0.0046	0.0050	-0.0046	-0.0020	-0.0046	0.0050	618331.9491	1876226.8813	0.0050	-0.0046	-0.0023	-0.0046	0.0051
87	CPRF-1114	706502.0542	1957715.5761	0.0144	-0.0132	0.0057	-0.0132	0.0144	-0.0132	0.0057	-0.0132	0.0147	706502.0542	1957715.5748	0.0147	-0.0135	0.0057	-0.0119	0.0132
88	CPRF-1115	724992.1076	2001230.5115	0.0187	0.0060	-0.0177	0.0060	0.0187	0.0060	-0.0177	0.0060	0.0185	724992.1076	2001230.5097	0.0185	0.0053	-0.0177	0.0078	0.0193
89	CPRF-1118	630810.3610	1924220.4973	0.0169	-0.0056	-0.0159	-0.0056	0.0169	-0.0056	-0.0159	-0.0056	0.0169	630810.3610	1924220.4973	0.0169	-0.0056	-0.0159	-0.0056	0.0169
90	CPRF-1119	616529.3373	1912296.0883	0.0046	-0.0021	-0.0041	-0.0021	0.0046	-0.0021	-0.0041	-0.0021	0.0048	616529.3374	1912296.0880	0.0048	-0.0024	-0.0042	-0.0018	0.0046
91	CPRF-1120	592201.2910	1922620.0562	0.0023	0.0009	0.0021	0.0009	0.0023	0.0009	0.0021	0.0009	0.0022	592201.2910	1922620.0559	0.0022	0.0006	0.0021	0.0012	0.0024
92	CPRF-1129	438742.7263	1890160.7873	0.0271	-0.0231	0.0141	-0.0231	0.0271	-0.0231	0.0141	-0.0222	0.0264	438742.7263	1890160.7888	0.0264	-0.0222	0.0141	-0.0246	0.0284
93	CPRF-1210	465369.6679	2036585.8383	0.0104	-0.0086	0.0058	-0.0086	0.0104	-0.0086	0.0058	-0.0086	0.0104	465369.6679	2036585.8386	0.0104	-0.0086	0.0058	-0.0089	0.0106
94	CPRF-1303	565928.2816	2003436.2658	0.0031	-0.0031	-0.0003	-0.0031	0.0031	-0.0031	-0.0003	-0.0028	0.0028	565928.2816	2003436.2664	0.0028	-0.0028	-0.0003	-0.0037	0.0037
95	CPRF-1305	526190.8244	2020219.0339	0.0036	0.0000	-0.0036	0.0000	0.0036	0.0000	-0.0036	-0.0006	0.0034	526190.8241	2020219.0330	0.0034	-0.0006	-0.0033	0.0009	0.0034
96	CPRF-1307	546678.6230	1964684.5390	0.0084	0.0056	0.0062	0.0056	0.0084	0.0056	0.0062	0.0059	0.0086	546678.6230	1964684.5393	0.0086	0.0059	0.0062	0.0053	0.0082
97	CPRF-1309	472904.4035	1977915.1596	0.0134	-0.0031	0.0130	-0.0031	0.0134	-0.0031	0.0130	-0.0037	0.0135	472904.4035	1977915.1584	0.0135	-0.0037	0.0130	-0.0019	0.0131
98	CPRF-1314	502368.4282	1995967.0159	0.0103	-0.0009	0.0103	-0.0009	0.0103	-0.0009	0.0103	-0.0015	0.0104	502368.4282	1995967.0153	0.0104	-0.0015	0.0103	-0.0003	0.0103

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-S			ITRF2005to2008-MB-Kriging-C			ITRF2005to2008-MB-Kriging-E			ความคลาดเคลื่อน [ม.]				
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ทางราบ		
99	CPRF1320	520075.7442	2135391.7878	0.0128	0.0098	0.0128	2135391.7881	0.0095	0.0125	-0.0082	0.0095	520075.7442	2135391.7872	0.0104	0.0132
100	CPRF1334	589686.9008	2051258.8546	0.0106	-0.0059	0.0106	2051258.8546	-0.0059	0.0106	-0.0088	-0.0059	589686.9008	2051258.8546	-0.0059	0.0106
			ค่าต่ำสุด	0.0004	-0.0431	0.0004	ค่าต่ำสุด	-0.0434	0.0003	-0.0372	-0.0434	ค่าต่ำสุด	ค่าต่ำสุด	-0.0428	0.0007
			ค่าสูงสุด	0.0569	0.0119	0.0569	ค่าสูงสุด	0.0116	0.0572	0.0200	0.0116	ค่าสูงสุด	ค่าสูงสุด	0.0129	0.0567
			ค่าเฉลี่ย	0.0091	0.0075	0.0091	ค่าเฉลี่ย	0.0076	0.0092	0.0092	0.0076	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	0.0074	0.0091
			ค่า SD	0.0076	0.0057	0.0076	ค่า SD	0.0057	0.0076	0.0063	0.0057	ค่า SD	ค่า SD	0.0057	0.0076
			RMSE ทางราบ	0.0118			RMSE ทางราบ	0.0119				RMSE ทางราบ	RMSE ทางราบ	0.0118	

ตารางที่ 47 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิททากราบด้วยวิธี Kriging (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-G			ITRF2005to2008-MB-Kriging-L			ITRF2005to2008-MB-Kriging-E			ความคลาดเคลื่อน [ม.]				
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ทางราบ		
1	CPRF0101	654958.4937	832201.0757	0.0119	0.0015	0.0120	832201.0747	0.0186	0.0186	0.0186	0.0025	654958.4870	832201.0747	0.0188	0.0188
2	CPRF0103	605067.8206	818447.2594	-0.0009	0.0009	0.0013	818447.2600	-0.0009	0.0003	0.0003	0.0003	605067.8206	818447.2600	0.0009	0.0009
3	CPRF0105	575778.3904	792728.2224	-0.0077	0.0079	0.0110	792728.2254	-0.0116	0.0049	-0.0116	0.0049	575778.3943	792728.2254	0.0126	0.0126
4	CPRF0115	742246.2884	733737.3924	0.0086	-0.0049	0.0099	733737.3918	0.0013	0.0013	0.0013	-0.0043	742246.2957	733737.3918	0.0045	0.0045
5	CPRF0116	760487.4999	714380.5662	0.0074	0.0022	0.0077	714380.5653	-0.0006	0.0031	-0.0006	0.0031	760487.5079	714380.5653	0.0032	0.0032
6	CPRF0117	777555.4644	705734.9843	0.0022	-0.0071	0.0074	705734.9837	-0.0018	0.0065	-0.0018	-0.0065	777555.4684	705734.9837	0.0067	0.0067
7	CPRF0118	801704.8845	696721.2364	-0.0126	0.0000	0.0126	696721.2364	-0.0052	0.0000	-0.0052	0.0000	801704.8771	696721.2364	0.0052	0.0052
8	CPRF0121	785054.4804	669623.6336	-0.0028	-0.0006	0.0029	669623.6336	0.0009	-0.0006	0.0009	-0.0006	785054.4767	669623.6336	0.0011	0.0011
9	CPRF0203	630746.7642	892284.4029	-0.0159	-0.0099	0.0187	892284.3992	0.0053	0.0062	0.0053	-0.0062	630746.7430	892284.3992	0.0082	0.0082

ลำดับ	ชนิด วัสดุ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-G		ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-L		ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ
10	CPRF0204	648532.3082	870177.5049	-0.0586	-0.0454	0.0741	648532.2868	870177.5032	-0.0372	-0.0437	0.0574
11	CPRF0208	498003.4620	953058.5839	-0.0168	0.0012	0.0168	498003.4537	953058.5845	-0.0085	0.0006	0.0085
12	CPRF0211	484798.6823	988419.5527	-0.0043	-0.0129	0.0136	484798.6789	988419.5499	-0.0009	-0.0101	0.0101
13	CPRF0232	416762.4606	930046.9877	0.0201	-0.0114	0.0231	416762.4655	930046.9825	0.0152	-0.0062	0.0164
14	CPRF0304	575957.1126	1454238.8359	0.0060	0.0077	0.0098	575957.1147	1454238.8365	0.0039	0.0071	0.0081
15	CPRF0305	588687.0881	1428667.7499	0.0051	0.0064	0.0082	588687.0736	1428667.7504	0.0196	0.0059	0.0205
16	CPRF0306	617235.9426	1442527.9013	0.0039	0.0059	0.0071	617235.9510	1442527.9032	-0.0045	0.0040	0.0060
17	CPRF0307	593749.1593	1397212.7988	-0.0236	0.0055	0.0242	593749.1393	1397212.8012	-0.0036	0.0031	0.0048
18	CPRF0314	528529.6787	1217167.1972	-0.0040	-0.0166	0.0171	528529.6814	1217167.1901	-0.0067	-0.0095	0.0116
19	CPRF0315	522323.1638	1188423.5220	-0.0179	-0.0203	0.0271	522323.1701	1188423.5153	-0.0242	-0.0136	0.0278
20	CPRF0316	538009.9331	1181184.9029	-0.0149	-0.0197	0.0247	538009.9289	1181184.8977	-0.0107	-0.0145	0.0180
21	CPRF0326	533582.8503	1018785.1807	-0.0037	0.0086	0.0094	533582.8653	1018785.1780	-0.0187	0.0113	0.0218
22	CPRF0330	466011.0275	1120587.1241	-0.0152	-0.0015	0.0153	466011.0196	1120587.1232	-0.0073	-0.0006	0.0073
23	CPRF0332	559237.8677	1523746.2834	0.0162	0.0013	0.0163	559237.8818	1523746.2810	0.0021	0.0037	0.0043
24	CPRF0333	596656.9279	1524817.0499	0.0087	-0.0147	0.0171	596656.9336	1524817.0499	0.0030	-0.0147	0.0150
25	CPRF0408	517604.4919	1597336.0182	0.0081	-0.0120	0.0145	517604.5042	1597336.0142	-0.0042	-0.0080	0.0090
26	CPRF0409	653822.0586	1552677.0785	0.0024	-0.0006	0.0025	653822.0613	1552677.0779	-0.0003	0.0000	0.0003
27	CPRF0417	666118.9397	1614225.6639	0.0024	-0.0101	0.0104	666118.9391	1614225.6630	0.0030	-0.0092	0.0097
28	CPRF0418	689784.3646	1610157.1283	0.0037	-0.0111	0.0117	689784.3676	1610157.1261	0.0007	-0.0089	0.0089
29	CPRF0426	593276.6423	1675107.9238	-0.0054	0.0135	0.0145	593276.6420	1675107.9263	-0.0051	0.0110	0.0121
30	CPRF0434	566571.6842	1616332.9934	-0.0013	0.0068	0.0069	566571.6827	1616332.9922	0.0002	0.0080	0.0080

ลำดับ	ชนิด วัสดุ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-G		ความคลาดเคลื่อน [ม.]		ITRF2005to2008-MB-Kriging-L		ความคลาดเคลื่อน [ม.]			
		E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ
31	CPRF0507	743126.4530	1529669.3819	0.0027	0.0043	0.0051	743126.4515	1529669.3840	0.0042	0.0022	0.0047
32	CPRF0508	724359.1532	1546165.6337	0.0024	0.0040	0.0047	724359.1538	1546165.6340	0.0018	0.0037	0.0041
33	CPRF0511	780159.1739	1537828.5301	0.0027	0.0025	0.0037	780159.1802	1537828.5314	-0.0036	0.0012	0.0038
34	CPRF0518	177413.6867	1510552.4719	-0.0015	0.0012	0.0019	177413.6861	1510552.4737	-0.0009	-0.0006	0.0011
35	CPRF0521	201128.0291	1415123.8019	-0.0024	0.0015	0.0028	201128.0378	1415123.8015	-0.0111	0.0019	0.0113
36	CPRF0522	177183.1328	1394093.3808	0.0018	0.0015	0.0023	177183.1472	1394093.3797	-0.0126	0.0026	0.0129
37	CPRF0524	227930.1960	1363612.4862	0.0051	-0.0066	0.0083	227930.2006	1363612.4864	0.0005	-0.0068	0.0068
38	CPRF0526	214932.0802	1369625.7657	0.0242	0.0016	0.0243	214932.0902	1369625.7653	0.0142	0.0020	0.0143
39	CPRF0532	750950.8954	1414893.1670	0.0127	-0.0008	0.0127	750950.8954	1414893.1661	0.0127	0.0001	0.0127
40	CPRF0601	702682.0349	1593469.4948	0.0009	-0.0049	0.0050	702682.0358	1593469.4933	0.0000	-0.0034	0.0034
41	CPRF0612	783105.1432	1732911.1378	0.0112	0.0069	0.0132	783105.1411	1732911.1372	0.0133	0.0075	0.0153
42	CPRF0616	180820.0562	1723084.5721	0.0025	0.0025	0.0035	180820.0592	1723084.5733	-0.0005	0.0013	0.0014
43	CPRF0618	812467.2207	1700778.6441	0.0035	0.0059	0.0069	812467.2236	1700778.6466	0.0006	0.0034	0.0035
44	CPRF0623	815989.6319	1636928.1927	-0.0026	-0.0012	0.0029	815989.6346	1636928.1928	-0.0053	-0.0013	0.0055
45	CPRF0625	189856.8742	1627158.4832	-0.0024	-0.0015	0.0028	189856.8700	1627158.4823	0.0018	-0.0006	0.0019
46	CPRF0628	223357.0230	1588252.2186	-0.0006	-0.0040	0.0040	223357.0191	1588252.2177	0.0033	-0.0031	0.0045
47	CPRF0702	353387.2129	1624068.5435	-0.0054	0.0049	0.0073	353387.2129	1624068.5465	-0.0054	0.0019	0.0057
48	CPRF0706	368605.6840	1672976.2713	-0.0098	0.0006	0.0098	368605.6813	1672976.2722	-0.0071	-0.0003	0.0071
49	CPRF0707	343125.1376	1658174.9585	0.0042	0.0046	0.0062	343125.1385	1658174.9597	0.0033	0.0034	0.0047
50	CPRF0709	399183.8687	1652472.8435	-0.0138	0.0037	0.0143	399183.8624	1652472.8462	-0.0075	0.0010	0.0076
51	CPRF0716	448025.0379	1744677.6288	0.0053	0.0074	0.0091	448025.0426	1744677.6288	0.0006	0.0074	0.0074

ลำดับ	ชนิด วัสดุ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-G		ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-L		ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ
52	CPRF0717	439921.2261	1766453.6141	0.0107	0.0027	0.0110	439921.2321	1766453.6135	0.0047	0.0033	0.0057
53	CPRF0726	375251.5344	1594637.2989	-0.0050	0.0114	0.0124	375251.5305	1594637.3029	-0.0011	0.0074	0.0075
54	CPRF0727	406045.4436	1600320.8792	-0.0299	0.0044	0.0302	406045.4305	1600320.8817	-0.0168	0.0019	0.0169
55	CPRF0731	516577.9541	1623784.0261	0.0146	-0.0083	0.0168	516577.9711	1623784.0227	-0.0024	-0.0049	0.0055
56	CPRF0732	492006.7962	1623822.9451	0.0267	-0.0120	0.0293	492006.8148	1623822.9423	0.0081	-0.0092	0.0123
57	CPRF0734	504698.0550	1670691.7139	0.0105	-0.0021	0.0107	504698.0679	1670691.7121	-0.0024	-0.0003	0.0024
58	CPRF0736	525438.6483	1704378.6535	0.0006	-0.0016	0.0017	525438.6447	1704378.6538	0.0042	-0.0019	0.0046
59	CPRF0738	553286.9398	1731089.4786	-0.0074	-0.0031	0.0080	553286.9336	1731089.4789	-0.0012	-0.0034	0.0036
60	CPRF0739	537961.6925	1675160.2706	-0.0113	0.0080	0.0138	537961.6943	1675160.2691	-0.0131	0.0095	0.0162
61	CPRF0805	454914.0723	1815709.4058	0.0057	0.0064	0.0086	454914.0797	1815709.4070	-0.0017	0.0052	0.0055
62	CPRF0813	385968.7453	1825281.8938	-0.0115	0.0080	0.0140	385968.7388	1825281.8969	-0.0050	0.0049	0.0070
63	CPRF0817	304664.6028	1857709.4046	0.0015	-0.0031	0.0034	304664.5972	1857709.4034	0.0071	-0.0019	0.0073
64	CPRF0822	325280.0958	1730787.3200	-0.0006	0.0018	0.0019	325280.0919	1730787.3188	0.0033	0.0030	0.0045
65	CPRF0827	205885.9898	1743244.6370	0.0016	0.0068	0.0070	205885.9893	1743244.6383	0.0021	0.0055	0.0059
66	CPRF0828	181145.4078	1762774.6117	0.0084	0.0038	0.0092	181145.4113	1762774.6085	0.0049	0.0070	0.0085
67	CPRF0830	182949.6291	1778380.9065	0.0116	0.0008	0.0116	182949.6397	1778380.9024	0.0010	0.0049	0.0050
68	CPRF0831	206760.8575	1782884.5204	0.0039	-0.0028	0.0048	206760.8665	1782884.5194	-0.0051	-0.0018	0.0054
69	CPRF0837	798957.0270	1825363.3368	0.0080	-0.0005	0.0080	798957.0368	1825363.3345	-0.0018	0.0018	0.0025
70	CPRF0910	210044.9506	1930472.5603	0.0120	-0.0048	0.0129	210044.9559	1930472.5584	0.0067	-0.0029	0.0073
71	CPRF0921	278130.5816	1957544.0595	0.0064	0.0005	0.0064	278130.5872	1957544.0591	0.0008	0.0009	0.0012
72	CPRF0923	318976.1902	1972408.5466	0.0097	-0.0001	0.0097	318976.1955	1972408.5463	0.0044	0.0002	0.0044

ลำดับ	ชนิด วัสดุ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-G			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-L			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
73	CPRF0929	359155.5661	1938474.3991	0.0036	-0.0025	0.0044	0.0036	1938474.3988	359155.5653	0.0044	-0.0022	0.0049	
74	CPRF0931	391507.5306	1914908.9628	0.0038	-0.0009	0.0039	0.0038	1914908.9615	391507.5391	-0.0047	0.0004	0.0047	
75	CPRF0936	419460.0831	1949154.3509	0.0085	-0.0068	0.0109	0.0085	1949154.3519	419460.0716	0.0200	-0.0078	0.0215	
76	CPRF1014	584520.3882	1741562.3749	0.0074	0.0037	0.0083	0.0074	1741562.3758	584520.3882	0.0074	0.0028	0.0079	
77	CPRF1015	588530.6977	1757576.2030	0.0080	0.0022	0.0083	0.0080	1757576.2034	588530.7010	0.0047	0.0018	0.0050	
78	CPRF1017	619390.6703	1783113.4549	0.0068	0.0032	0.0075	0.0068	1783113.4553	619390.6721	0.0050	0.0028	0.0057	
79	CPRF1018	619030.2701	1754723.4750	0.0157	0.0007	0.0157	0.0157	1754723.4750	619030.2695	0.0163	0.0007	0.0163	
80	CPRF1025	682259.5668	1751873.9232	0.0065	0.0108	0.0126	0.0065	1751873.9232	682259.5683	0.0050	0.0108	0.0119	
81	CPRF1026	663438.7668	1783298.7558	0.0032	0.0034	0.0047	0.0032	1783298.7561	663438.7644	0.0056	0.0031	0.0064	
82	CPRF1028	656103.8037	1736917.3189	-0.0030	0.0077	0.0083	-0.0030	1736917.3196	656103.8088	-0.0081	0.0070	0.0107	
83	CPRF1102	567281.4557	1915176.8137	0.0024	-0.0187	0.0189	0.0024	1915176.8128	567281.4474	0.0107	-0.0178	0.0208	
84	CPRF1106	605864.7155	1837965.1061	-0.0154	0.0003	0.0154	-0.0154	1837965.1040	605864.7158	-0.0157	0.0024	0.0159	
85	CPRF1107	595391.0930	1860131.3531	-0.0153	0.0002	0.0153	-0.0153	1860131.3521	595391.0845	-0.0068	0.0012	0.0069	
86	CPRF1108	618331.9630	1876226.8808	-0.0162	-0.0041	0.0167	-0.0162	1876226.8813	618331.9488	-0.0020	-0.0046	0.0050	
87	CPRF1114	706502.0559	1957715.5798	0.0040	-0.0169	0.0174	0.0040	1957715.5770	706502.0542	0.0057	-0.0141	0.0152	
88	CPRF1115	724992.1164	2001230.5172	-0.0265	0.0003	0.0265	-0.0265	2001230.5131	724992.1076	-0.0177	0.0044	0.0182	
89	CPRF1118	630810.3619	1924220.4980	-0.0168	-0.0063	0.0179	-0.0168	1924220.4973	630810.3610	-0.0159	-0.0056	0.0169	
90	CPRF1119	616529.3441	1912296.0908	-0.0109	-0.0046	0.0118	-0.0109	1912296.0889	616529.3373	-0.0041	-0.0027	0.0049	
91	CPRF1120	592201.3031	1922620.0572	-0.0100	-0.0001	0.0100	-0.0100	1922620.0565	592201.2910	0.0021	0.0006	0.0022	
92	CPRF1129	438742.7256	1890160.7809	0.0148	-0.0167	0.0223	0.0148	1890160.7855	438742.7262	0.0142	-0.0213	0.0256	
93	CPRF1210	465369.6673	2036585.8368	0.0064	-0.0071	0.0096	0.0064	2036585.8380	465369.6679	0.0058	-0.0083	0.0101	

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Kriging-G			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Kriging-L			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
94	CPRF1303	565928.2772	2003436.2636	0.0042	0.0041	-0.0009	0.0042	565928.2816	2003436.2652	-0.0003	-0.0025	0.0025	
95	CPRF1305	526190.8105	2020219.0379	0.0110	0.0103	-0.0040	0.0110	526190.8241	2020219.0348	-0.0033	-0.0009	0.0034	
96	CPRF1307	546678.6260	1964684.5372	0.0081	0.0032	0.0074	0.0081	546678.6230	1964684.5384	0.0062	0.0062	0.0088	
97	CPRF1309	472904.4021	1977915.1645	0.0165	0.0144	-0.0080	0.0165	472904.4035	1977915.1608	0.0130	-0.0043	0.0137	
98	CPRF1314	502368.4203	1995967.0196	0.0188	0.0182	-0.0046	0.0188	502368.4282	1995967.0168	0.0103	-0.0018	0.0105	
99	CPRF1320	520075.7421	2135391.7887	0.0108	-0.0061	0.0089	0.0108	520075.7442	2135391.7884	-0.0082	0.0092	0.0123	
100	CPRF1334	589686.8999	2051258.8549	0.0100	-0.0079	-0.0062	0.0100	589686.9008	2051258.8546	-0.0088	-0.0059	0.0106	
			ค่าต่ำสุด	0.0013	-0.0586	-0.0454	0.0013		ค่าต่ำสุด		-0.0372	-0.0437	0.0003
			ค่าสูงสุด	0.0741	0.0267	0.0135	0.0741		ค่าสูงสุด		0.0200	0.0113	0.0574
			ค่าเฉลี่ย	0.0118	0.0121	0.0086	0.0118		ค่าเฉลี่ย		0.0092	0.0076	0.0092
			ค่า SD	0.0091	0.0082	0.0062	0.0091		ค่า SD		0.0063	0.0057	0.0076
			RMSE ทางราบ	0.0148					RMSE ทางราบ		0.0119		

ตารางที่ 48 เปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบของแบบจำลองค่าปรับแก้ค่าพิกัดทางราบด้วยวิธี Natural Neighbor และ Spline

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Natural-N			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-R			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-T			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
1	CPRF0101	654958.4857	832201.0766	0.0199	0.0199	0.0006	0.0199	654958.4802	832201.0802	0.0254	-0.0030	0.0256	654958.4842	832201.0787	0.0214	-0.0015	0.0215		
2	CPRF0103	605067.8200	818447.2631	0.0028	0.0028	-0.0028	0.0028	605067.8178	818447.2628	0.0019	-0.0025	0.0031	605067.8215	818447.2646	-0.0018	-0.0043	0.0047		
3	CPRF0105	575778.3952	792728.2322	0.0126	0.0126	-0.0019	0.0126	575778.3931	792728.2328	-0.0104	-0.0025	0.0107	575778.3952	792728.2334	-0.0125	-0.0031	0.0129		
4	CPRF0115	742246.2957	733737.3924	0.0051	0.0051	-0.0049	0.0051	742246.2988	733737.3906	-0.0018	-0.0031	0.0036	742246.2970	733737.3912	0.0000	-0.0037	0.0037		

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Natural-N			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-R			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-T			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
5	CPRF0116	760487.5082	714380.5629	0.0056	-0.0009	0.0055	0.0056	760487.5150	714380.5580	0.0129	-0.0077	0.0104	0.0129	760487.5116	714380.5601	0.0129	-0.0043	0.0083	0.0093
6	CPRF0117	777555.4687	705734.9800	0.0035	-0.0021	-0.0028	0.0035	777555.4780	705734.9739	0.0119	-0.0114	0.0033	0.0119	777555.4724	705734.9779	0.0119	-0.0058	-0.0007	0.0058
7	CPRF0118	801704.8774	696721.2349	0.0057	-0.0055	0.0015	0.0057	801704.8833	696721.2294	0.0134	-0.0114	0.0070	0.0134	801704.8781	696721.2330	0.0134	-0.0062	0.0034	0.0071
8	CPRF0121	785054.4736	669623.6351	0.0045	0.0040	-0.0021	0.0045	785054.4896	669623.6247	0.0146	-0.0120	0.0083	0.0146	785054.4798	669623.6299	0.0146	-0.0022	0.0031	0.0038
9	CPRF0203	630746.7412	892284.3878	0.0088	0.0071	0.0052	0.0088	630746.7440	892284.3838	0.0102	0.0043	0.0092	0.0102	630746.7391	892284.3841	0.0102	0.0092	0.0089	0.0128
10	CPRF0204	648532.2850	870177.4980	0.0523	-0.0354	-0.0385	0.0523	648532.2788	870177.5005	0.0503	-0.0292	-0.0410	0.0503	648532.2816	870177.5020	0.0503	-0.0320	-0.0425	0.0532
11	CPRF0208	498003.4549	953058.5869	0.0099	-0.0097	-0.0018	0.0099	498003.4519	953058.5869	0.0069	-0.0067	-0.0018	0.0069	498003.4519	953058.5882	0.0069	-0.0067	-0.0031	0.0074
12	CPRF0211	484798.6789	988419.5499	0.0101	-0.0009	-0.0101	0.0101	484798.6789	988419.5508	0.0110	-0.0009	-0.0110	0.0110	484798.6792	988419.5505	0.0110	-0.0012	-0.0107	0.0108
13	CPRF0232	416762.4683	930047.0089	0.0349	0.0124	-0.0326	0.0349	416762.4642	930046.9800	0.0169	0.0165	-0.0037	0.0169	416762.4651	930046.9769	0.0169	0.0156	-0.0006	0.0156
14	CPRF0304	575957.1114	1454238.8362	0.0103	0.0072	0.0074	0.0103	575957.1189	1454238.8381	0.0055	-0.0003	0.0055	0.0055	575957.1144	1454238.8387	0.0055	0.0042	0.0049	0.0065
15	CPRF0305	588687.0742	1428667.7529	0.0193	0.0190	0.0034	0.0193	588687.0733	1428667.7544	0.0200	0.0199	0.0019	0.0200	588687.0730	1428667.7541	0.0200	0.0202	0.0022	0.0203
16	CPRF0306	617235.9495	1442527.9087	0.0034	-0.0030	-0.0015	0.0034	617235.9579	1442527.9094	0.0116	-0.0114	-0.0022	0.0116	617235.9558	1442527.9094	0.0116	-0.0093	-0.0022	0.0096
17	CPRF0307	593749.1399	1397212.8030	0.0044	-0.0042	0.0013	0.0044	593749.1330	1397212.8027	0.0031	0.0027	0.0016	0.0031	593749.1357	1397212.8021	0.0031	0.0000	0.0022	0.0022
18	CPRF0314	528529.6875	1217167.1818	0.0129	-0.0128	-0.0012	0.0129	528529.6908	1217167.1818	0.0161	-0.0161	-0.0012	0.0161	528529.6857	1217167.1827	0.0161	-0.0110	-0.0021	0.0112
19	CPRF0315	522323.1659	1188423.5088	0.0212	-0.0200	-0.0071	0.0212	522323.1662	1188423.5088	0.0215	-0.0203	-0.0071	0.0215	522323.1686	1188423.5085	0.0215	-0.0227	-0.0068	0.0237
20	CPRF0316	538009.9210	1181184.8974	0.0145	-0.0028	-0.0142	0.0145	538009.9112	1181184.8973	0.0157	0.0070	-0.0141	0.0157	538009.9204	1181184.8961	0.0157	-0.0022	-0.0129	0.0131
21	CPRF0326	533582.8656	1018785.1715	0.0260	-0.0190	0.0178	0.0260	533582.8680	1018785.1694	0.0292	-0.0214	0.0199	0.0292	533582.8674	1018785.1703	0.0292	-0.0208	0.0190	0.0282
22	CPRF0330	466011.0230	1120587.1244	0.0109	-0.0107	-0.0018	0.0109	466011.0251	1120587.1192	0.0132	-0.0128	0.0034	0.0132	466011.0211	1120587.1217	0.0132	-0.0088	0.0009	0.0088
23	CPRF0332	559237.8797	1523746.2758	0.0098	0.0042	0.0089	0.0098	559237.8800	1523746.2782	0.0076	0.0039	0.0065	0.0076	559237.8830	1523746.2752	0.0076	0.0009	0.0095	0.0095
24	CPRF0333	596656.9333	1524817.0539	0.0033	0.0033	-0.0187	0.0033	596656.9290	1524817.0607	0.0266	0.0076	-0.0255	0.0266	596656.9342	1524817.0564	0.0266	0.0024	-0.0212	0.0213
25	CPRF0408	517604.5042	1597336.0056	0.0042	-0.0042	0.0006	0.0042	517604.5090	1597336.0047	0.0091	-0.0090	0.0015	0.0091	517604.5072	1597336.0044	0.0091	-0.0072	0.0018	0.0074

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Natural-N			ITRF2005to2008-MB-Spline-R			ITRF2005to2008-MB-Spline-T			ความคลาดเคลื่อน [ม.]					
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ			
26	CPRF0409	653822.0619	1552677.0745	0.0034	-0.0009	0.0035	653822.0667	1552677.0674	-0.0057	0.0105	0.0119	653822.0634	1552677.0714	-0.0024	0.0065	0.0069
27	CPRF0417	666118.9394	1614225.6593	-0.0055	0.0027	0.0061	666118.9400	1614225.6577	0.0021	-0.0039	0.0044	666118.9400	1614225.6571	0.0021	-0.0033	0.0039
28	CPRF0418	689784.3677	1610157.1200	-0.0028	0.0006	0.0029	689784.3632	1610157.1156	0.0051	0.0016	0.0053	689784.3656	1610157.1172	0.0027	0.0000	0.0027
29	CPRF0426	593276.6419	1675107.9315	0.0058	-0.0050	0.0077	593276.6419	1675107.9358	-0.0050	0.0015	0.0052	593276.6413	1675107.9343	-0.0044	0.0030	0.0053
30	CPRF0434	566571.6830	1616332.9913	0.0089	-0.0001	0.0089	566571.6824	1616332.9897	0.0005	0.0105	0.0105	566571.6824	1616332.9900	0.0005	0.0102	0.0102
31	CPRF0507	743126.4521	1529669.3862	0.0000	0.0036	0.0036	743126.4512	1529669.3868	0.0045	-0.0006	0.0045	743126.4512	1529669.3865	0.0045	-0.0003	0.0045
32	CPRF0508	724359.1538	1546165.6346	0.0031	0.0018	0.0036	724359.1538	1546165.6364	0.0018	0.0013	0.0022	724359.1532	1546165.6355	0.0024	0.0022	0.0033
33	CPRF0511	780159.1799	1537828.5302	0.0024	-0.0033	0.0041	780159.1853	1537828.5296	-0.0087	0.0030	0.0092	780159.1832	1537828.5296	-0.0066	0.0030	0.0072
34	CPRF0518	177413.6843	1510552.4777	-0.0046	0.0009	0.0047	177413.6859	1510552.4792	-0.0007	-0.0061	0.0061	177413.6847	1510552.4793	0.0005	-0.0062	0.0062
35	CPRF0521	201128.0360	1415123.7999	0.0035	-0.0093	0.0099	201128.0360	1415123.8003	-0.0093	0.0031	0.0098	201128.0387	1415123.7990	-0.0120	0.0044	0.0128
36	CPRF0522	177183.1460	1394093.3773	0.0050	-0.0114	0.0124	177183.1508	1394093.3760	-0.0162	0.0063	0.0174	177183.1487	1394093.3769	-0.0141	0.0054	0.0151
37	CPRF0524	227930.2006	1363612.4849	-0.0053	0.0005	0.0053	227930.2003	1363612.4852	0.0008	-0.0056	0.0057	227930.2009	1363612.4852	0.0002	-0.0056	0.0056
38	CPRF0526	214932.0889	1369625.7617	0.0056	0.0155	0.0165	214932.0907	1369625.7601	0.0137	0.0072	0.0155	214932.0922	1369625.7592	0.0122	0.0081	0.0146
39	CPRF0532	750950.8955	1414893.1659	0.0023	0.0126	0.0128	750950.8945	1414893.1651	0.0136	0.0011	0.0136	750950.8964	1414893.1639	0.0117	0.0023	0.0119
40	CPRF0601	702682.0355	1593469.4890	0.0009	0.0003	0.0009	702682.0317	1593469.4846	0.0041	0.0053	0.0067	702682.0337	1593469.4862	0.0021	0.0037	0.0043
41	CPRF0612	783105.1423	1732911.1381	0.0066	0.0121	0.0138	783105.1396	1732911.1329	0.0148	0.0118	0.0189	783105.1393	1732911.1338	0.0151	0.0109	0.0186
42	CPRF0616	180820.0587	1723084.5773	-0.0027	0.0000	0.0027	180820.0600	1723084.5853	-0.0013	-0.0107	0.0108	180820.0594	1723084.5819	-0.0007	-0.0073	0.0073
43	CPRF0618	812467.2230	1700778.6518	-0.0018	0.0012	0.0022	812467.2220	1700778.6561	0.0022	-0.0061	0.0065	812467.2235	1700778.6549	0.0007	-0.0049	0.0049
44	CPRF0623	815989.6346	1636928.1943	-0.0028	-0.0053	0.0060	815989.6385	1636928.1959	-0.0092	-0.0044	0.0102	815989.6370	1636928.1953	-0.0077	-0.0038	0.0086
45	CPRF0625	189856.8703	1627158.4817	0.0000	0.0015	0.0015	189856.8709	1627158.4820	0.0009	-0.0003	0.0009	189856.8703	1627158.4817	0.0015	0.0000	0.0015
46	CPRF0628	223357.0194	1588252.2156	-0.0010	0.0030	0.0032	223357.0248	1588252.2173	-0.0024	-0.0027	0.0036	223357.0203	1588252.2152	0.0021	-0.0006	0.0022

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Natural-N		ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-R		ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-T		ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ
47	CPRF0702	353387.2126	1624068.5521	-0.0051	-0.0037	0.0063	353387.2195	1624068.5545	-0.0120	-0.0061	0.0135	353387.2156	1624068.5536	-0.0081	-0.0052	0.0096
48	CPRF0706	368605.6819	1672976.2731	-0.0077	-0.0012	0.0078	368605.6786	1672976.2710	-0.0044	0.0009	0.0045	368605.6813	1672976.2722	-0.0071	-0.0003	0.0071
49	CPRF0707	343125.1379	1658174.9625	0.0039	0.0006	0.0039	343125.1388	1658174.9637	0.0030	-0.0006	0.0031	343125.1391	1658174.9637	0.0027	-0.0006	0.0028
50	CPRF0709	399183.8621	1652472.8505	-0.0072	-0.0033	0.0079	399183.8585	1652472.8515	-0.0036	-0.0043	0.0056	399183.8600	1652472.8533	-0.0051	-0.0061	0.0080
51	CPRF0716	448025.0426	1744677.6288	0.0006	0.0074	0.0074	448025.0456	1744677.6291	-0.0024	0.0071	0.0075	448025.0444	1744677.6288	-0.0012	0.0074	0.0075
52	CPRF0717	439921.2318	1766453.6095	0.0050	0.0073	0.0088	439921.2359	1766453.6070	0.0009	0.0098	0.0098	439921.2341	1766453.6095	0.0027	0.0073	0.0078
53	CPRF0726	375251.5350	1594637.3007	-0.0056	0.0096	0.0111	375251.5282	1594637.3223	0.0012	-0.0120	0.0121	375251.5282	1594637.3161	0.0012	-0.0058	0.0059
54	CPRF0727	406045.4412	1600320.8774	-0.0275	0.0062	0.0282	406045.4183	1600320.9042	-0.0046	-0.0206	0.0211	406045.4239	1600320.8947	-0.0102	-0.0111	0.0151
55	CPRF0731	516577.9681	1623784.0184	0.0006	-0.0006	0.0008	516577.9795	1623784.0092	-0.0108	0.0086	0.0138	516577.9753	1623784.0138	-0.0066	0.0040	0.0077
56	CPRF0732	492006.8133	1623822.9383	0.0096	-0.0052	0.0109	492006.8252	1623822.9309	-0.0023	0.0022	0.0032	492006.8199	1623822.9353	0.0030	-0.0022	0.0037
57	CPRF0734	504698.0673	1670691.7081	-0.0018	0.0037	0.0041	504698.0691	1670691.7087	-0.0036	0.0031	0.0048	504698.0697	1670691.7075	-0.0042	0.0043	0.0060
58	CPRF0736	525438.6444	1704378.6547	0.0045	-0.0028	0.0053	525438.6429	1704378.6572	0.0060	-0.0053	0.0080	525438.6435	1704378.6572	0.0054	-0.0053	0.0076
59	CPRF0738	553286.8988	1731089.4542	0.0336	0.0213	0.0398	553286.9345	1731089.4693	-0.0021	0.0062	0.0065	553286.9315	1731089.4742	0.0009	0.0013	0.0016
60	CPRF0739	537961.6922	1675160.2682	-0.0110	0.0104	0.0151	537961.6946	1675160.2697	-0.0134	0.0089	0.0161	537961.6940	1675160.2685	-0.0128	0.0101	0.0163
61	CPRF0805	454914.0794	1815709.4110	-0.0014	0.0012	0.0018	454914.0806	1815709.4140	-0.0026	-0.0018	0.0032	454914.0806	1815709.4134	-0.0026	-0.0012	0.0029
62	CPRF0813	385968.7386	1825281.9049	-0.0048	-0.0031	0.0057	385968.7336	1825281.9123	0.0002	-0.0105	0.0105	385968.7362	1825281.9098	-0.0024	-0.0080	0.0084
63	CPRF0817	304664.5978	1857709.4019	0.0065	-0.0004	0.0065	304664.5978	1857709.4001	0.0065	0.0014	0.0066	304664.5969	1857709.4007	0.0074	0.0008	0.0074
64	CPRF0822	325280.0925	1730787.3154	0.0027	0.0064	0.0069	325280.0898	1730787.3136	0.0054	0.0082	0.0098	325280.0907	1730787.3139	0.0045	0.0079	0.0091
65	CPRF0827	205885.9896	1743244.6389	0.0018	0.0049	0.0052	205885.9914	1743244.6423	0.0000	0.0015	0.0015	205885.9905	1743244.6413	0.0009	0.0025	0.0027
66	CPRF0828	181145.4107	1762774.6036	0.0055	0.0119	0.0131	181145.4134	1762774.6048	0.0028	0.0107	0.0111	181145.4125	1762774.6042	0.0037	0.0113	0.0119
67	CPRF0830	182949.6402	1778380.8956	0.0005	0.0117	0.0117	182949.6441	1778380.8943	-0.0034	0.0130	0.0134	182949.6411	1778380.8928	-0.0004	0.0145	0.0145

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Natural-N			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-R			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-T			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ
68	CPRF0831	206760.8650	1782884.5237	0.0071	-0.0036	-0.0061	0.0071	206760.8713	1782884.5280	0.0071	-0.0099	-0.0104	0.0144	206760.8683	1782884.5255	0.0144	-0.0069	-0.0079	0.0105
69	CPRF0837	798957.0377	1825363.3317	0.0053	-0.0027	0.0046	0.0053	798957.0537	1825363.3356	0.0053	-0.0187	0.0007	0.0187	798957.0437	1825363.3315	0.0187	-0.0087	0.0048	0.0099
70	CPRF0910	210044.9564	1930472.5538	0.0064	0.0062	0.0017	0.0064	210044.9602	1930472.5537	0.0064	0.0024	0.0018	0.0030	210044.9573	1930472.5535	0.0030	0.0053	0.0020	0.0057
71	CPRF0921	278130.5854	1957544.0588	0.0029	0.0026	0.0012	0.0029	278130.5845	1957544.0582	0.0029	0.0035	0.0018	0.0039	278130.5868	1957544.0582	0.0039	0.0012	0.0018	0.0022
72	CPRF0923	318976.1958	1972408.5466	0.0041	0.0041	-0.0001	0.0041	318976.1978	1972408.5459	0.0041	0.0021	0.0006	0.0022	318976.1964	1972408.5469	0.0022	0.0035	-0.0004	0.0035
73	CPRF0929	359155.5664	1938474.3978	0.0035	0.0033	-0.0012	0.0035	359155.5626	1938474.4000	0.0035	0.0071	-0.0034	0.0079	359155.5641	1938474.3991	0.0079	0.0056	-0.0025	0.0061
74	CPRF0931	391507.5397	1914908.9557	0.0082	-0.0053	0.0062	0.0082	391507.5435	1914908.9526	0.0082	-0.0091	0.0093	0.0130	391507.5420	1914908.9535	0.0130	-0.0076	0.0084	0.0113
75	CPRF0936	419460.0695	1949154.3559	0.0251	0.0221	-0.0118	0.0251	419460.0719	1949154.3562	0.0251	0.0197	-0.0121	0.0231	419460.0710	1949154.3553	0.0231	0.0206	-0.0112	0.0234
76	CPRF1014	584520.3876	1741562.3768	0.0082	0.0080	0.0018	0.0082	584520.3887	1741562.3841	0.0082	0.0069	-0.0055	0.0088	584520.3885	1741562.3817	0.0088	0.0071	-0.0031	0.0077
77	CPRF1015	588530.7016	1757576.2046	0.0041	0.0041	0.0006	0.0041	588530.7051	1757576.2107	0.0041	0.0006	-0.0055	0.0055	588530.7033	1757576.2089	0.0055	0.0024	-0.0037	0.0044
78	CPRF1017	619390.6736	1783113.4568	0.0037	0.0035	0.0013	0.0037	619390.6757	1783113.4568	0.0037	0.0014	0.0013	0.0019	619390.6742	1783113.4580	0.0019	0.0029	0.0001	0.0029
79	CPRF1018	619030.2710	1754723.4753	0.0148	0.0148	0.0004	0.0148	619030.2704	1754723.4762	0.0148	0.0154	-0.0005	0.0154	619030.2704	1754723.4765	0.0154	0.0154	-0.0008	0.0154
80	CPRF1025	682259.5701	1751873.9242	0.0103	0.0032	0.0098	0.0103	682259.5775	1751873.9288	0.0103	-0.0042	0.0052	0.0067	682259.5716	1751873.9251	0.0067	0.0017	0.0089	0.0091
81	CPRF1026	663438.7662	1783298.7567	0.0045	0.0038	0.0025	0.0045	663438.7656	1783298.7601	0.0045	0.0044	-0.0009	0.0045	663438.7638	1783298.7570	0.0045	0.0062	0.0022	0.0066
82	CPRF1028	656103.8079	1736917.3196	0.0100	-0.0072	0.0070	0.0100	656103.8103	1736917.3183	0.0100	-0.0096	0.0083	0.0127	656103.8100	1736917.3196	0.0127	-0.0093	0.0070	0.0116
83	CPRF1102	567281.4480	1915176.8119	0.0197	0.0101	-0.0169	0.0197	567281.4462	1915176.8100	0.0197	0.0119	-0.0150	0.0191	567281.4453	1915176.8094	0.0191	0.0128	-0.0144	0.0193
84	CPRF1106	605864.7167	1837965.1009	0.0175	-0.0166	0.0055	0.0175	605864.7211	1837965.1049	0.0175	-0.0210	0.0015	0.0211	605864.7176	1837965.1028	0.0211	-0.0175	0.0036	0.0179
85	CPRF1107	595391.0860	1860131.3487	0.0095	-0.0083	0.0046	0.0095	595391.0851	1860131.3515	0.0095	-0.0074	0.0018	0.0076	595391.0839	1860131.3493	0.0076	-0.0062	0.0040	0.0074
86	CPRF1108	618331.9500	1876226.8819	0.0061	-0.0032	-0.0052	0.0061	618331.9473	1876226.8813	0.0061	-0.0005	-0.0046	0.0046	618331.9473	1876226.8816	0.0046	-0.0005	-0.0049	0.0049
87	CPRF1114	706502.0546	1957715.5696	0.0085	0.0053	-0.0067	0.0085	706502.0520	1957715.5576	0.0085	0.0079	0.0053	0.0095	706502.0549	1957715.5644	0.0095	0.0050	-0.0015	0.0052
88	CPRF1115	724992.1086	2001230.5002	0.0255	-0.0187	0.0173	0.0255	724992.1102	2001230.4934	0.0255	-0.0203	0.0241	0.0315	724992.1084	2001230.4943	0.0315	-0.0185	0.0232	0.0297

ลำดับ	ชนิดทดสอบ	ITRF2005to2008-MB-Natural-N			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-R			ความคลาดเคลื่อน [ม.]			ITRF2005to2008-MB-Spline-T			ความคลาดเคลื่อน [ม.]		
		E [ม.]	N [ม.]	ทางราบ	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ	E [ม.]	N [ม.]	ΔE	ΔN	ทางราบ		
89	CPRF1118	630810.3616	1924220.4973	0.0174	-0.0165	-0.0056	0.0142	-0.0059	0.0154	630810.3605	1924220.4970	-0.0154	-0.0053	0.0163					
90	CPRF1119	616529.3374	1912296.0865	0.0042	-0.0042	-0.0003	0.0041	0.0031	0.0051	616529.3332	1912296.0846	0.0000	0.0016	0.0016					
91	CPRF1120	592201.2919	1922620.0534	0.0039	0.0012	0.0037	0.0068	0.0068	0.0096	592201.2881	1922620.0513	0.0050	0.0058	0.0077					
92	CPRF1129	438742.7257	1890160.7993	0.0381	0.0147	-0.0351	0.0165	-0.0391	0.0424	438742.7254	1890160.8008	0.0150	-0.0366	0.0396					
93	CPRF1210	465369.6687	2036585.8356	0.0077	0.0050	-0.0059	0.0044	-0.0056	0.0071	465369.6684	2036585.8359	0.0053	-0.0062	0.0082					
94	CPRF1303	565928.2816	2003436.2695	0.0068	-0.0003	-0.0068	0.0015	-0.0126	0.0127	565928.2813	2003436.2719	0.0000	-0.0092	0.0092					
95	CPRF1305	526190.8232	2020219.0320	0.0031	-0.0024	0.0019	-0.0077	0.0065	0.0101	526190.8264	2020219.0293	-0.0056	0.0046	0.0072					
96	CPRF1307	546678.6230	1964684.5421	0.0067	0.0062	0.0025	0.0088	-0.0021	0.0090	546678.6216	1964684.5442	0.0076	0.0004	0.0076					
97	CPRF1309	472904.4021	1977915.1535	0.0147	0.0144	0.0030	0.0124	0.0107	0.0164	472904.4024	1977915.1501	0.0141	0.0064	0.0155					
98	CPRF1314	502368.4259	1995967.0125	0.0128	0.0126	0.0025	0.0050	0.0148	0.0156	502368.4300	1995967.0063	0.0085	0.0087	0.0122					
99	CPRF1320	520075.7442	2135391.7826	0.0171	-0.0082	0.0150	-0.0207	0.0362	0.0417	520075.7491	2135391.7715	-0.0131	0.0261	0.0292					
100	CPRF1334	589686.9017	2051258.8552	0.0117	-0.0097	-0.0065	-0.0090	-0.0117	0.0148	589686.9016	2051258.8570	-0.0096	-0.0083	0.0127					
		ค่าต่ำสุด		0.0008	-0.0354	-0.0385	-0.0292	-0.0410	0.0009	ค่าต่ำสุด		-0.0320	-0.0425	0.0015					
		ค่าสูงสุด		0.0523	0.0336	0.0213	0.0254	0.0362	0.0503	ค่าสูงสุด		0.0214	0.0261	0.0532					
		ค่าเฉลี่ย		0.0102	0.0100	0.0090	0.0101	0.0104	0.0117	ค่าเฉลี่ย		0.0093	0.0092	0.0103					
		ค่า SD		0.0088	0.0070	0.0069	0.0065	0.0076	0.0086	ค่า SD		0.0062	0.0068	0.0081					
		RMSE ทางราบ		0.0135	RMSE ทางราบ		0.0145	RMSE ทางราบ		0.0131									

บรรณานุกรม

- Ajvazi B. & Czimber K. (2019). A comparative analysis of different DEM interpolation methods in GIS: case study of Rahovec, Kosovo. *Geodesy and Cartography*, 45(1), 43-48.
- Altamimi Z. et al. (2002). ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107(B110): p. ETG 102-101-ETG 102-119.
- Altamimi Z. et al. (2007). ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112(B119).
- Altamimi Z. et al. (2011). ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame. *Journal of Geodesy*, 85(88): p. 457-473.
- Altamimi Z. et al. (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2016, 121(128): p. 6109-6131.
- ArcGIS Desktop 10.8. (2020). ArcMap Tools: Interpolation toolset concepts. Retrieved from. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/comparing-interpolation-methods.html>
- Blick G. & Stanaway R. (2012). Four Dimensional Deformation Models for Terrestrial Reference Frames. Technical Seminar on Reference Frame in Practice, Rome–Italy, 4th-5th May,
- Deakin RE. (2006). A note on the Bursa-Wolf and Molodensky-Badekas transformations. School of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University, 1-21.
- FGDC. (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards, part 3: National standard for spatial data accuracy. Washington, DC, Federal Geographic Data Committee.

- Gabriele G. (2014). Use of NTV2 transformation grids in engineering applications. *Earth Science Informatics*, 7(2), 139-145.
- Hart L. & Okeke F. (2016, December 2016). Assessment of the Capabilities of the National Transformation Version 2 (NTV2) Model for the Nigerian Datum Transformation. *Tropical Environment*, 14(1), 1-14.
- IGN/LAREG. (2020). ITRF 2020 Call for participation. [cited 2020 September 14, 2020]; Retrieved from. http://itrf.ensg.ign.fr/doc_ITRF/CFP-ITRF2020.pdf
- Kutoglu H. et al. (2002). A comparison of two well known models for 7-parameter transformation. *Australian surveyor*, 47(1), 24-30.
- LEICA Geosystems AG. (2014). Leica Geo Office Online Help: Leica Geo Office 8.4. Retrieved from. <https://leica-geosystems.com/products/gnss-systems/software/leica-geo-office>
- Okorochoa, C. V., & Olajugba, O. (2014). Comparative Analysis of Short, Medium, and Long Baseline Processing in the Precision of GNSS Positioning. Kuala Lumpur, Malaysia: FIG Congress.
- กรมที่ดิน. (2542). ระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการรังวัดและทำแผนที่เพื่อเก็บรายละเอียดแปลงที่ดินโดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งในระบบพิกัดฉาก ยู ที เอ็ม พ.ศ. ๒๕๔๒. กรมที่ดิน กระทรวงมหาดไทย.
- กรมที่ดิน. (2561). แผนงานการยกระดับงานรังวัดโดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network). กรุงเทพมหานคร: กองเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน.
- กรมที่ดิน. (2562). ระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการรังวัดทำแผนที่โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) พ.ศ. ๒๕๖๒. กรมที่ดิน กระทรวงมหาดไทย.
- กรมที่ดิน. (2563). แนวทางการรังวัดโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network). กรุงเทพมหานคร: กองเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน.

- กรมแผนที่ทหาร. (2539). ระเบียบกองยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิลิกส์ว่าด้วยการสำรวจวางหมุดหลักฐานทางราบและทางตั้ง พ.ศ. 2539. กองยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร.
- กรมแผนที่ทหาร. (2557). รายงานผลการสำรวจแผนที่สนาม ชุดปฏิบัติการงานสนามสำรวจโครงข่ายดาวเทียม GPS งานยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิลิกส์ ประจำปีงบประมาณ 2557. กองยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร.
- กรมแผนที่ทหารและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2560). รายงานฉบับสมบูรณ์: โครงการพัฒนาแบบจำลองยี่ห้อความละเอียดสูงของประเทศไทย. กองยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร.
- เฉลิมชนม์ สติระพจน์. (2548). เอกสารคำสอนวิชา 2108631 Advanced GPS Satellite Survey งานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสขั้นสูง. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ. (2537). ยี่ห้อเดซี. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนพัทธ์ จงรักชอบ. (2560). การเปรียบเทียบโครงข่ายอ้างอิงในประเทศไทยระหว่างกรอบอ้างอิง ITRF2008 และ ITRF2014. วารสารแผนที่ (Royal Thai Survey Department Journal), ฉบับที่1, ปีที่38, เดือนมกราคม-มิถุนายน 2561, หน้า 52-62.
- วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2558). การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศราวุธ อยู่สำราญ. (2543). การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของพื้นหลักฐานประเทศไทย : WGS84 กับอินเดียน 1975. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์. (2551). เอกสารคำสอนวิชา 2108511 Numerical Techniques in Geomatics. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ร้อยโท กรกฎ บุตรวงษ์
วัน เดือน ปี เกิด	13 กรกฎาคม 2535
สถานที่เกิด	พิจิตร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแผนที่ โรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า
ที่อยู่ปัจจุบัน	45/2 หมู่2 ตำบลท่าหลวง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000
ผลงานตีพิมพ์	กรกฎ บุตรวงษ์ ทยาทิพย์ ทองตัน และ เฉลิมชนม์ สติระพจน์ (2564) "การคำนวณหาแบบจำลองค่าปรับแก้พิกัดทางราบสำหรับกรอบพิกัดอ้างอิง สากล ITRF2005 ไปสู่ ITRF2008 ของประเทศไทย" การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26 วันที่ 23-25 มิถุนายน 2564