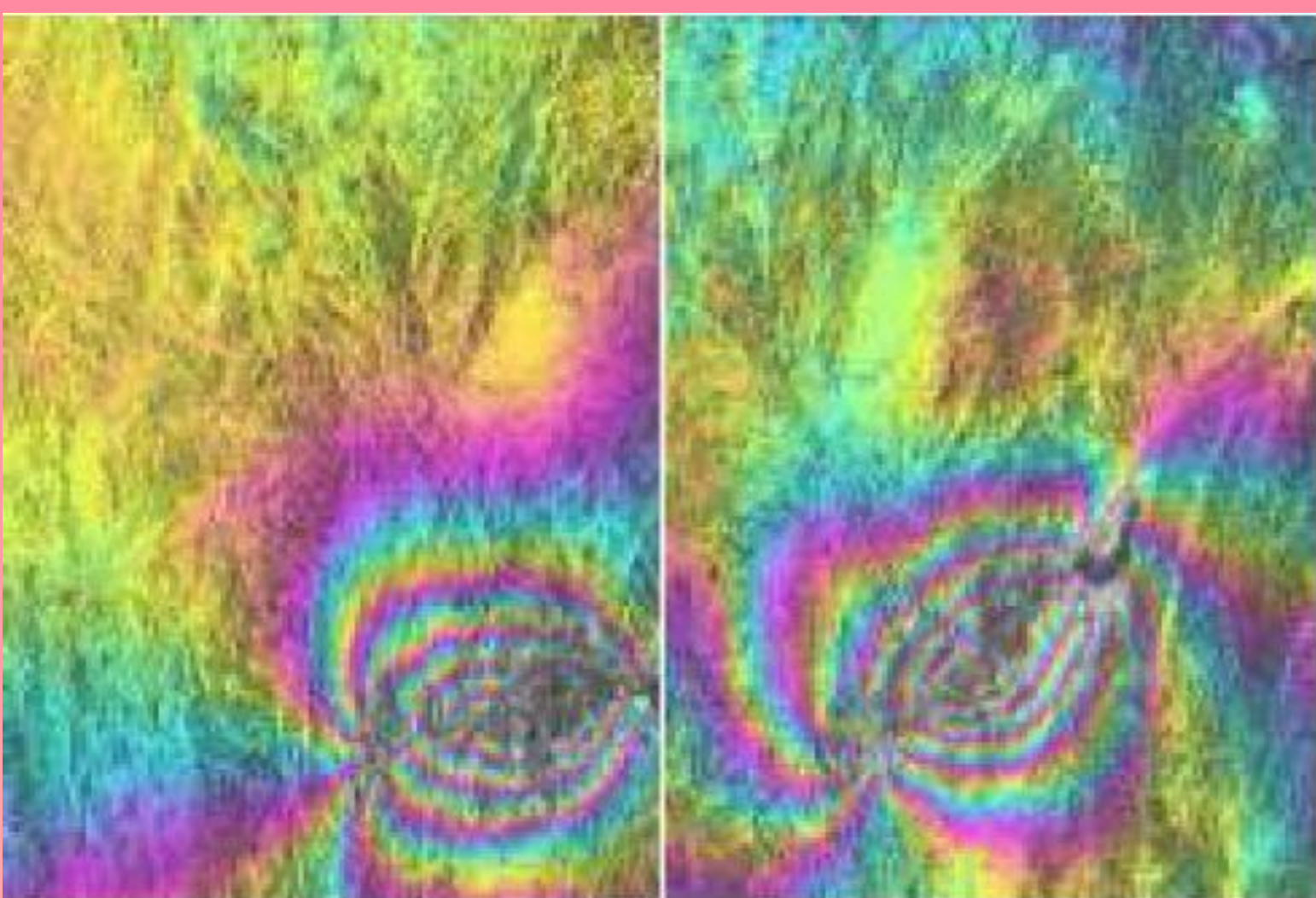
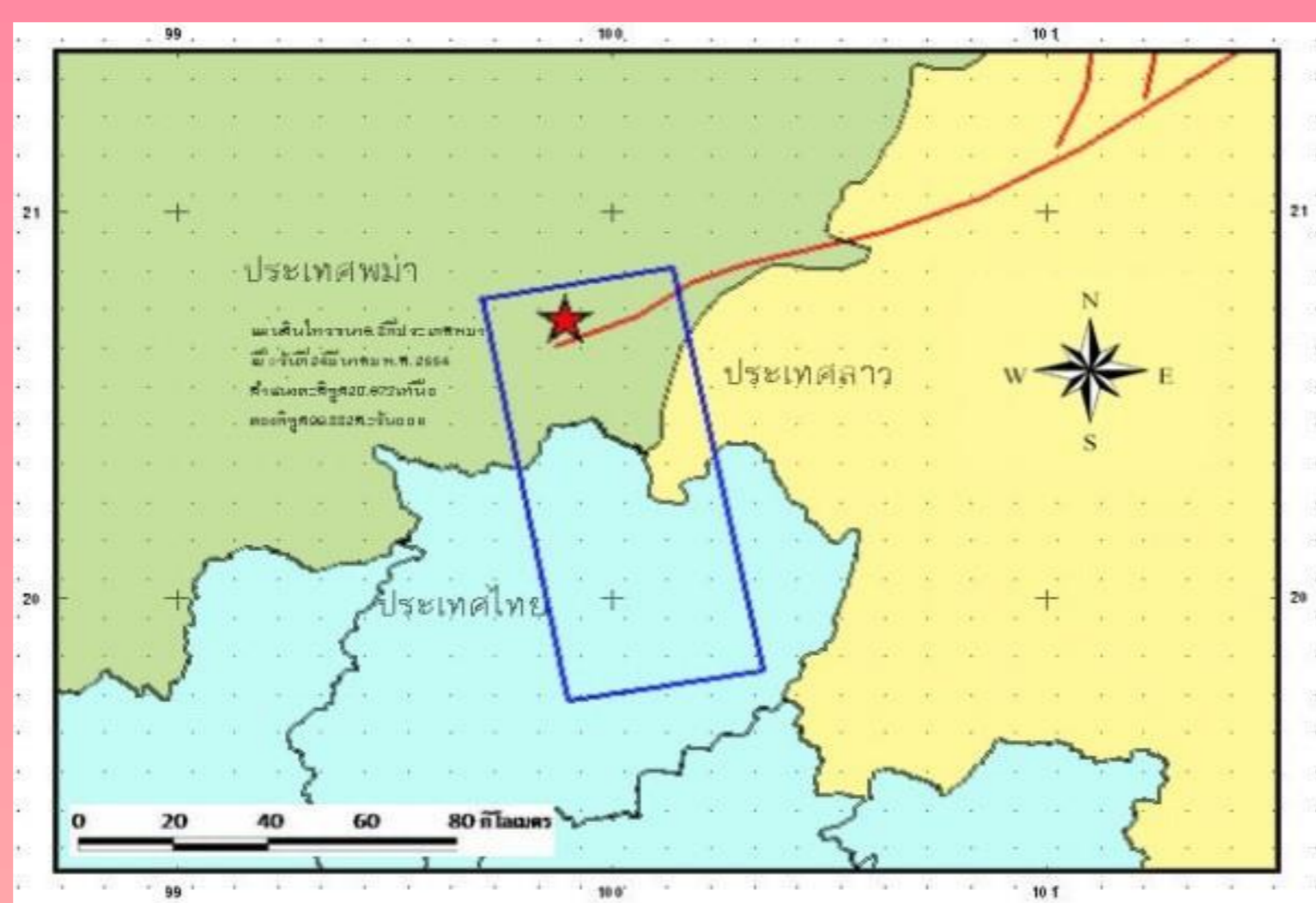


ความเป็นมา

จากข้อมูลการเคลื่อนตัวของแผ่นดินขณะเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด Mw 6.8 บริเวณเมือง Tarlay ประเทศพม่า เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2011 ซึ่งตรวจวัดโดยเทคนิค 2-pass DInSAR ด้วยภาพจากดาวเทียม ALOS-PALSAR ในแนวการโคจรของดาวเทียมทั้งขาขึ้น (Ascending) และ ขาลง (Descending) แสดงให้เห็นถึงรอยแตกตามแนวรอยเลื่อนเป็นทางยาวมากกว่า 20 กิโลเมตรและพบการเคลื่อนตัวของแผ่นดินประมาณ 1.2 เมตรตามแนวรอยเลื่อน Nam Ma ซึ่งเป็นรอยเลื่อนเหลื่อมซ้าย (Left-lateral) ดังภาพที่ 1 การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตาม Post-seismic Motion หรือการเคลื่อนตัวของแผ่นดินหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวด้วยเทคนิค Time-series InSAR โดยข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์คือภาพจากดาวเทียม Radarsat-2 ตั้งแต่ช่วงเดือนมิถุนายน 2011 ถึง พฤษภาคม 2013 ครอบคลุมในบริเวณจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว Tarlay ขนาด Mw 6.8 เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2011 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของรอยเลื่อน Nam Ma ในประเทศพม่าดังภาพที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาคือภาพถ่ายจากดาวเทียม Radarsat-2 ในโหมด Fine Beam (F3N) ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 50 x 150 ตารางกิโลเมตรในแนวการโคจรของดาวเทียมขาขึ้น ซึ่งมีความละเอียดของภาพในแนว Range และ Azimuth อยู่ที่ 5.2 x 7.7 เมตร



ภาพที่ 1 wrapped Interferograms ซ้ำมือเป็นภาพในแนวการโคจรของดาวเทียมขาขึ้น และซ้ำมือเป็นภาพในแนวขาลง (Trisirisatayawong et al., 2011)



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษาบริเวณที่ภาพถ่ายจากดาวเทียม Radarsat-2 ครอบคลุม

ตารางที่ 1 ข้อมูล Radarsat-2 (Ascending orbit, F3N)

ลำดับ	วันที่รับข้อมูล	Perpendicular Baseline (เมตร)	Temporal Baseline (วัน)
1	30 มิถุนายน 2011	-132	264
2	24 กรกฎาคม 2011	-108	240
3	17 สิงหาคม 2011	-37	216
4	4 ตุลาคม 2011	-57	168
5	28 ตุลาคม 2011	197	144
6	21 พฤศจิกายน 2011	101	120
7	15 ธันวาคม 2011	112	96
8	8 มกราคม 2012	-1026	72
9	1 กุมภาพันธ์ 2012	-129	48
10	25 กุมภาพันธ์ 2012	-90	24
11	20 มีนาคม 2012	0	0
12	13 เมษายน 2012	158	24
13	7 พฤษภาคม 2012	-576	48
14	31 พฤษภาคม 2012	155	72
15	24 มิถุนายน 2012	290	96
16	19 กรกฎาคม 2013	-37	240
17	15 มีนาคม 2013	-86	264
18	8 เมษายน 2013	-100	288
19	26 พฤษภาคม 2013	165	312

ขั้นตอนการศึกษา

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Radarsat-2 ระบบ SAR ทั้ง 19 ภาพจะถูกนำมาประมวลผลผ่านโปรแกรม DORIS เวอร์ชัน 4.02 และ StaMPS/MTI เวอร์ชัน 3.2 โดยแบ่งการประมวลผลดังนี้

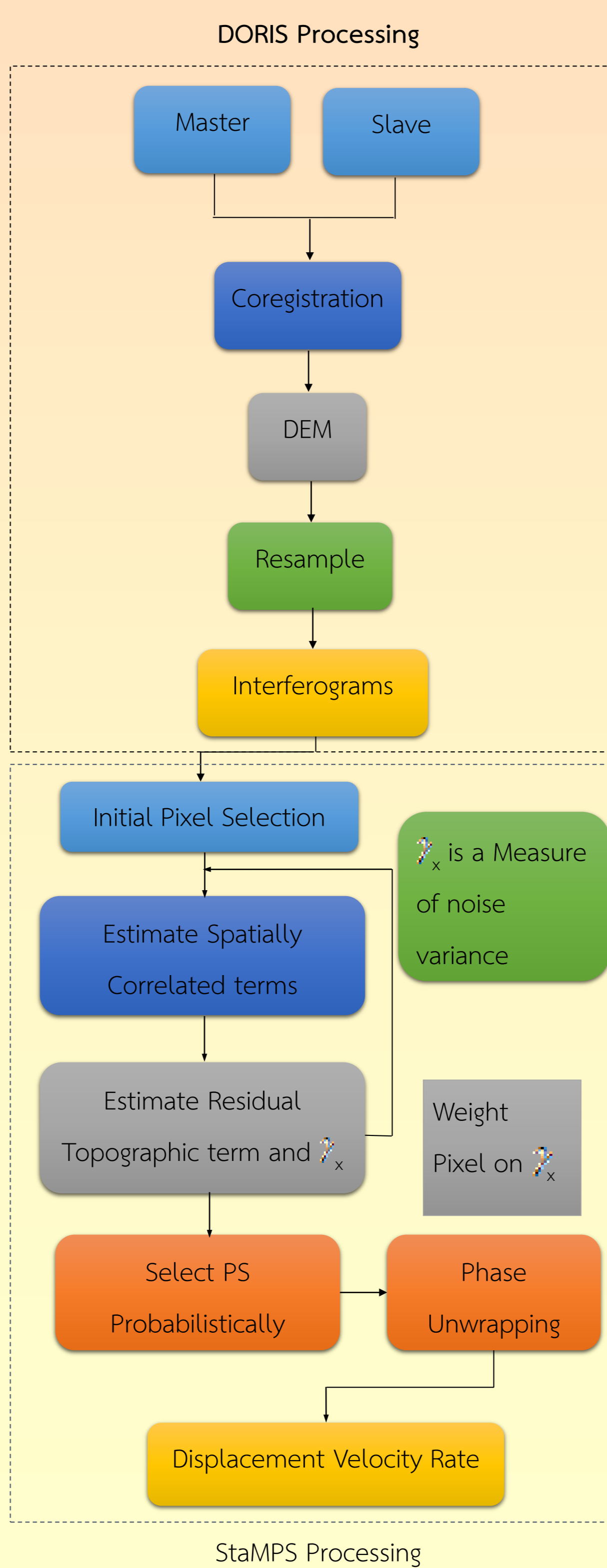
1. การประมวลผลด้วยโปรแกรม DORIS หลักการคืออาศัยการจับคู่ภาพระหว่างภาพ Master เพียงภาพเดียวสำหรับภาพอื่น ๆ ที่เหลือเรียกว่า Slave เพื่อวิเคราะห์ผลต่างเฟสเพื่อนำมาสร้าง ทำการ Coregistration แบบจำลองความสูงภูมิประเทศ SRTM DEM ซึ่งมีความละเอียด 90 เมตรถูกนำมาใช้ในการลบค่าความคลาดเคลื่อนจากภูมิประเทศ ทำการ Resample โดยอ้างอิงจากภาพ Master (Kampes and Usai, 1999) จะได้ภาพที่เรียกว่า Interferogram

2. การประมวลผลด้วยโปรแกรม StaMPS อาศัยเทคนิค Time-Series InSAR มีหลักการคือใช้ Differential Interferograms ของหลายๆคู่ภาพจากโปรแกรม DORIS มาประมวลผลเข้าด้วยกันนำค่าที่ได้ในแต่ละจุดภาพมาประมวลผลภาพรวมของขั้นตอนนี้คือ

- 2.1 การเลือกพิกเซลกลุ่มแรก (Initial Pixel Selection)
- 2.2 Estimate Spatially Correlated Terms และ Estimate Residual Topographic Term and γ_x ปกติในทุกๆ Interferogram จะมีค่าสัญญาณรบกวนจากเฟสและค่าความผิดพลาดที่แฝงอยู่ในแต่ละจุดภาพขั้นตอนนี้จึงเป็นการประมาณค่าที่เกิดขึ้นเพื่อกำจัดค่า ความคลาดเคลื่อนต่างๆออกไปได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากวงโคจร ภูมิประเทศ ชั้นบรรยากาศ และสัญญาณรบกวนผลลัพธ์ที่ได้จะถูกคำนวณให้อยู่ในระบบพิกัดของเรดาร์

$$\gamma_x = \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N \exp(i(\Delta\phi_i - \beta_i \Delta h)) \right|$$

When N = Number of interferogram
 $\Delta\phi_i$ = Phase differential in each Pixel
 β_i = Baseline
 Δh = Height differential

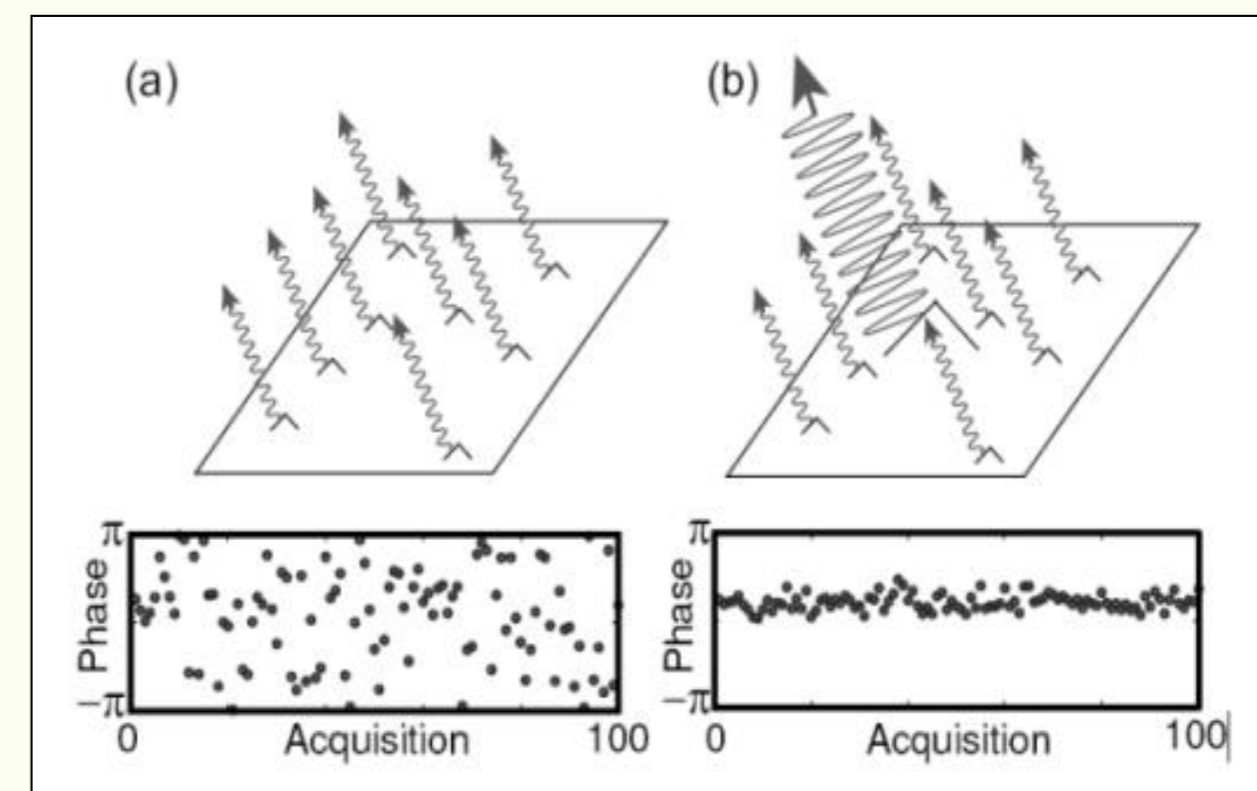


วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบลักษณะ Post-seismic Motion จากเหตุการณ์แผ่นดินไหว Tarlay ขนาด Mw 6.8 เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2011 ในเขตประเทศพม่า
2. ทดสอบศักยภาพการใช้เทคนิค Time-series InSAR ในการประมวลผลจากภาพถ่ายดาวเทียม Radarsat-2 เพื่อการวิเคราะห์แนวโน้มที่อาจเกิดคาบอุบัติซ้ำในอนาคต

หลักการของ Time-Series InSAR

หลักการสำคัญของเทคนิค InSAR นี้คืออาศัยการวิเคราะห์ผลต่างเฟส (Phase Differential) ของภาพเรดาร์ระบบ SAR ตั้งแต่สองภาพขึ้นไปซึ่งภาพทั้งสองภาพนี้จะถูกบันทึกในตำแหน่งเดียวกันแต่คนละช่วงเวลา ผลต่างเฟสนี้สามารถศึกษาถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลง (Deformation Pattern) ในลักษณะต่างๆที่เกิดขึ้นบนโลก สำหรับเทคนิค Time-series InSAR นั้นจะอาศัยค่าสะท้อนกลับของสัญญาณที่คงที่และถาวรหรือเรียกว่า Permanent Scatterer (PS) ของสัญญาณเรดาร์ที่ส่งไปยังวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังเสาอากาศ

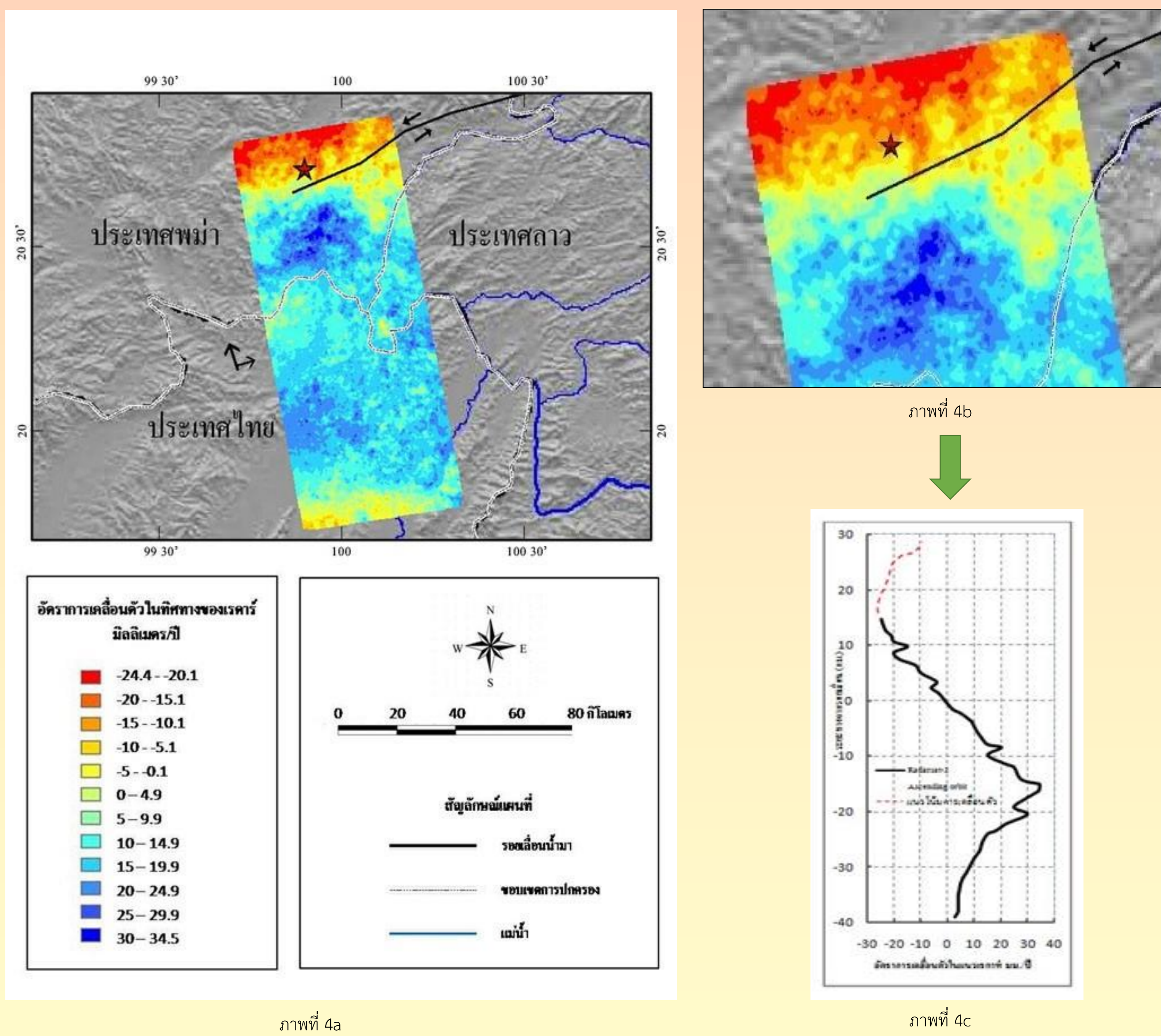


ภาพที่ 3 ลักษณะการสะท้อนของเฟส ภาพ 4a การกระจายตัวของสัญญาณเฟสภายในจุดภาพ ภาพ 4b การสะท้อนกลับของสัญญาณเฟสที่คงที่และถาวร (Hooper, 2007)

ผลการศึกษา

ผลจากการประมวลผลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Radarsat-2 สำหรับ F3N Path ในแนววงโคจรขาขึ้นพบจำนวนจุดที่ให้ค่าสะท้อนกลับของสัญญาณที่คงที่และถาวร จำนวนทั้งสิ้น 181,491 จุด ผลการวิเคราะห์พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามแนวของรอยเลื่อน Nam Ma ในแนวทิศทางของเรดาร์ให้ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนตัวระหว่าง -24.4 - 34.5 มิลลิเมตรต่อปีดังภาพที่ 4a ผังที่อยู่ทางทิศเหนือของรอยเลื่อน Nam Ma จะเคลื่อนตัวไปทางด้านซ้ายซึ่งให้ค่าการเคลื่อนตัวเป็นลบในทิศทางเข้าหาระบบเรดาร์ และในทางตรงกันข้ามผังที่อยู่ทางทิศใต้ของรอยเลื่อนจะเคลื่อนตัวไปทางด้านขวาซึ่งให้ค่าเป็นบวกในทิศทางออกจากระบบเรดาร์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลรอยเลื่อนที่มีรูปแบบการวางตัวแบบเหลื่อมซ้าย เมื่อสังเกตอัตราของการเคลื่อนตัวจะพบว่าค่าเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อห่างจากจากแนวรอยเลื่อน Nam Ma ออกไปและจะค่อยๆลดขนาดลง จากภาพที่ 4b เส้นประสีแดงแสดงถึงเส้นที่ตัดขวางกับแนวรอยเลื่อน Nam Ma เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ 4c ที่แสดงขนาดของการเคลื่อนตัวเมื่อห่างจากแนวรอยเลื่อนออกไป แต่เนื่องจากทางตอนเหนือของรอยเลื่อนภาพ Radarsat-2 ครอบคลุมพื้นที่ห่างจากแนวรอยเลื่อนเพียงประมาณ 15 กิโลเมตรแตกต่างจากทางตอนใต้ของรอยเลื่อนที่ครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าแต่ถึงอย่างไรก็ตามสามารถอนุมานแนวโน้มได้จากเส้นประสีแดงเพราะโดยปกติแนวโน้มการเคลื่อนตัวของทั้งสองฝั่งรอยเลื่อนควรจะสมมาตรกัน

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงอัตราการเคลื่อนตัวสอดคล้องกับแบบจำลองของ Reid's Elastic Rebound ดังนั้นการใช้เทคนิค Time-series InSAR ในงานวิจัยนี้จึงมีศักยภาพพอที่จะทำให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตได้



ภาพที่ 4a ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนตัวของแผ่นดินในช่วง Post-seismic บริเวณรอยเลื่อน Nam Ma โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Radarsat-2 ในแนววงโคจรขาขึ้นโหมด F3N ภาพ 4b ภาพขยายในบริเวณพื้นที่รอยเลื่อน Nam Ma และภาพ 4c ภาพตัดขวางบริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหว

เอกสารอ้างอิง

Kampes, B., and Usai, S. (1999). Doris: The Delft Object-oriented Radar Interferometric Software. Retrieved August 10, 2012, from: <http://doris.tudelft.nl/Literature/kampes99.pdf>
 Hooper, A., Segall, P. and Zebker, H. (2007). Persistent scatterer interferometric synthetic aperture radar for crustal deformation analysis, with to application Volcáno Alcedo, Galapagos. *Journal of Geophysical Research*, 112 (July) (B07407, doi:10.1029/2006JB004763).
 Trisirisatayawong, I., Hooper, A., and Aobpaet, A. (2011). Co-seismic Displacement of 24- March 2011 Mw 6.8 Mong Hpayak Earthquake, Myanmar. Retrieved March 15, 2012, from: http://radar.tudelft.nl/~ahooper/Trisirisatayawong_et_al_Fringe_2011.