



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การวิเคราะห์เชิงสถิติข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน
ฐานข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา

โดย

นายธีระ เอื้อพรเจริญกุล

เลขประจำตัวนิต 5932714023

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

การวิเคราะห์เชิงสถิติข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

ฐานข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา

นายธีระ เอื้อพรเจริญกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

STATISTICAL INVESTIGATION OF NOISE – LIKELY EARTHQUAKE, THE THAI
METEOROLOGICAL DATABASE

MR. TEERA EARPORNCHAROENKUL

A project submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ

การวิเคราะห์เชิงสถิติข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

ฐานข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา

โดย

นายธีระ เอื้อพรเจริญกุล

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

ธีระ เอื้อพรเจริญกุล : การวิเคราะห์เชิงสถิติข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนฐานข้อมูลกรม
อุตุนิยมวิทยา

STATISTICAL INVESTIGATION OF NOISE – LIKELY EARTHQUAKE, THE THAI
METEOROLOGICAL DATABASE

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้, 31 หน้า

การติดตั้งระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นอีกทั้งยังเป็นระบบตรวจวัดอัตโนมัติส่งผลให้การตรวจวัด
แผ่นดินไหวนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากข้อจำกัดลดลง อาจเป็นเพราะสาเหตุนี้ที่ทำให้พบ
การกระจายตัวของแผ่นดินไหวในบริเวณที่ปกติจะไม่เกิด เช่น บริเวณภาคอีสานหรืออ่าวไทย ทำให้เกิดข้อ
สงสัยและเกิดการศึกษากับข้อมูลที่ได้จากระบบใหม่ ซึ่งเป็นข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณ
รบกวน เพื่อตรวจสอบว่าการกระจายตัวของข้อมูลเหล่านี้เป็นแผ่นดินไหวจริง แผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์
หรือเป็นเพียงแค่สัญญาณรบกวนนั้น จึงได้ทำการตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้ความสัมพันธ์ของ
Gutenberg – Richter เพื่อศึกษาลักษณะของข้อมูลและมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่ได้รับการยืนยันว่า
เป็นข้อมูลแผ่นดินไหวจริงจากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ว่ามีความสอดคล้องกันและมีลักษณะเป็น
แผ่นดินไหวเหมือนกันหรือไม่ โดยศึกษาตัวแปรชนิดต่าง ๆ เช่น ขนาดของเหตุการณ์ ความลึก และช่วงเวลา
เป็นต้น อีกทั้งยังตรวจสอบว่า การติดตั้งระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวใหม่นั้น มีข้อจำกัดในการตรวจวัดลดลงไป
เท่าใด เมื่อเทียบกับระบบตรวจวัดเก่า จากการศึกษาพบว่าลักษณะของข้อมูลในแต่ละตัวแปรที่ศึกษาไม่มี
ความสัมพันธ์กัน อีกทั้งไม่มีความสอดคล้องกันกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter และเมื่อ
เปรียบเทียบข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการปนเปื้อนข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์จากฐานข้อมูล
ประเทศสวิตเซอร์แลนด์แล้ว พบว่าข้อมูลเหล่านี้ไม่มีความสอดคล้องกัน จึงสรุปได้ว่า การกระจายตัวที่เกิดขึ้น
ดังกล่าว เป็นเพียงแค่สัญญาณรบกวนเท่านั้น และหลังจากเปรียบเทียบข้อจำกัดของการตรวจวัดกับระบบ
ก่อนที่จะมีการติดตั้งใหม่ พบว่าค่า Magnitude of Completeness จากเดิม 2.3 ลดลงไปเหลือ 2.1

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2562.....

5932714023 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : STATISTICAL INVESTIGATION OF NOISE – LIKELY EARTHQUAKE, THE THAI
METEOROLOGICAL DATABASE

ADVISOR : ASSOCIATE PROF. SANTI PAILOPLEE

Since the Meteorological Department has installed 71 seismic detectors and it is an automatic system. The limitation of measurement or we call that magnitude of completeness should be reduced. However, after install we found the distribution of the earthquake is nonsense. Then I should study these noise-likely earthquake data to investigate those are earthquake event, mad made earthquake events, or noise. So, I investigate by statistical analysis with using Gutenberg – Richter Relationship and comparison characteristic of data in each parameter such as magnitude, depth, and time series with reference data from TMD. Moreover, I want to know about limitation of measurement after the system was installed. The result show characteristic of each parameter is not related to reference data. In addition to the frequency magnitude distribution is also not related to Gutenberg – Richter. The comparison of hour histogram with man-made contaminated data from Switzerland show this noise-likely earthquake data is not man-made earthquake events. So, I conclude that noise-likely earthquake data is just the noisy signal. And after the system was installed, M_c dropped from 2.3 to 2.1

Department.....Geology.....Student's Signature.....

Field of Study.....Geology.....Advisor's Signature.....

Academic Year.....2019.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาสละเวลา มาให้ความรู้ คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือมากมายตลอดระยะเวลาของการทำโครงการเพื่อให้โรงงานเล่มนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งคอยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอบพระคุณเป็นอย่าง สูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ รวมทั้งประสบการณ์ต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา ขอขอบคุณพระคุณพี่บุคลากร ทุกท่านที่ช่วยดูแลและคอยประสานงานต่าง ๆ ในภาควิชาธรณีวิทยา ขอขอบคุณพี่สัณห์วัฒน์ สุขรังษี ผู้คอยให้ คำแนะนำและข้อมูลต่าง ๆ ขอขอบคุณเพื่อนรวมโครงการทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และสุดท้ายขอขอบพระคุณ ครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ที่คอยให้กำลังใจ เลี้ยงดูและให้โอกาสในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

สารบัญ (Content)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)	ค
สารบัญรูปภาพ (Figure content)	ฉ
สารบัญตาราง (Table content)	ณ
สารบัญสมการ (Equation content)	ญ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Theme and background)	1
1.2 วัตถุประสงค์ (Objective)	2
1.3 พื้นที่ศึกษา (Study area)	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected result)	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Theory and Literature Review)	3
2.1 ความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (Gutenberg – Richter Relationship)	3
2.2 การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล (Quality Improvement)	4
2.3 ข้อจำกัดการตรวจวัด (Limitation of Earthquake Detection)	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (Methodology)	10
3.1 ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Study and Literature Review)	10
3.2 รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกี่ยวข้อง (Earthquake Data Acquisition)	10
3.3 จัดเตรียมและปรับปรุงข้อมูล (Quality Improvement)	10

	หน้า
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (Data Analysis)	11
บทที่ 4 ผลการศึกษา (result)	14
4.1 ผลการศึกษากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติจากโปรแกรม Z map ในข้อมูล แผ่นดินไหวจริงและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน ในช่วงปี 2017- 2019	14
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี 2014-2017	25
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (Discussion and conclusion)	26
5.1 การเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวและข้อมูล แผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	26
5.2 การเปรียบเทียบข้อจำกัดการตรวจวัดแผ่นดินไหว (Magnitude of Completeness Comparison)	29
5.3 สรุปผลการศึกษา (Conclusion)	30
5.4 ข้อเสนอแนะ (Suggestion)	31
เอกสารอ้างอิง (Reference)	32

สารบัญญักรูปภาพ (Figure Content)

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.1	3
รูปที่ 2.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.2	4
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงจำนวนแผ่นดินไหวสะสม โดยรูป ก. คือจำนวนแผ่นดินไหวสะสมก่อนการ Declustering และ ข. คือจำนวนแผ่นดินไหวสะสมหลังการ Declustering	5
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_q และ N	7
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงจำนวนแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงในหนึ่งวัน รูป ก. คือกราฟที่ยังไม่มีการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ รูป ข. คือกราฟที่ตัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ออกไป	7
รูปที่ 2.6 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละช่วงเวลาหรือการทำ GENAS โดยเครื่องหมาย O แสดงอัตราการตรวจวัดที่เพิ่มขึ้น ส่วน + แสดงอัตราการตรวจวัดที่ลดลง ขนาดของเครื่องหมายแสดงถึงปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปของอัตราการตรวจวัด กรอบสีแดงแสดงบริเวณที่ไม่มีการ เปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหว	8
รูปที่ 2.7 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของแต่ละชุดข้อมูล โดยเส้นตรงคือค่าของ Magnitude of Completeness ที่ตรวจวัดในแต่ละวิธี โดยค่าของแต่ละวิธีนั้นนี้อธิบายอยู่ในตารางที่ 2.1	9
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการทำ GENAS ในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริงในปี 2017-2019	11
รูปที่ 3.2 แสดงข้อมูลตำแหน่งการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยแกน X คือ ลองจิจูด และ แกน Y คือ ละติจูด	11
รูปที่ 3.3 แสดงข้อมูล Histogram ทั้ง 4 ชนิด	12
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงข้อมูล Time-Magnitude Plot และ Time-Depth Plot ตามลำดับ	12
รูปที่ 3.5 กราฟอธิบายการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (FMD)	13
รูปที่ 4.1 รูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	16
รูปที่ 4.2 รูปแสดง Depth Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	17

	หน้า
รูปที่ 4.3 รูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	17
รูปที่ 4.4 รูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	18
รูปที่ 4.5 รูปแสดง Time Series ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	18
รูปที่ 4.6 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	19
รูปที่ 4.7 รูปแสดง Time – Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	19
รูปที่ 4.8 รูปแสดง Time – Magnitude Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	20
รูปที่ 4.9 รูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	20
รูปที่ 4.10 รูปแสดง Depth Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	21
รูปที่ 4.11 รูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	21
รูปที่ 4.12 รูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง	22
รูปที่ 4.13 รูปแสดง Time Series ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	22
รูปที่ 4.14 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	23
รูปที่ 4.15 รูปแสดง Time – Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	24
รูปที่ 4.16 รูปแสดง Depth Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	24
รูปที่ 4.17 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวช่วงปี 2014-2017	25
รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบข้อมูลเวลาของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Time series ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง ข. คือรูปแสดง Time series ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน ค. คือรูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ง. คือรูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	26

	หน้า
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบข้อมูลความลึกของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Time-Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. คือรูปแสดง Time-Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	27
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบข้อมูลชั่วโมงของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล กับข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลประเทศสวีเดนแลนด์ ก. คือรูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง ข. คือรูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน และ ค. คือรูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์จากฐานข้อมูลประเทศสวีเดนแลนด์ (Pailoplee, 2018)	27
รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบข้อมูลขนาดของเหตุการณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. คือรูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	28
รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้แผนภูมิการกระจายตัวของขนาดและความถี่ของแผ่นดินไหวทั้งสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	29
รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้แผนภูมิการกระจายตัวของขนาดและความถี่ของแผ่นดินไหวทั้งสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนติดตั้งและพัฒนาระบบ และ ข. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution หลังจากการติดตั้งและพัฒนาระบบ	29
รูปที่ 5.7 การกระจายตัวของเหตุการณ์ในประเทศไทย โดย ก. ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน	30

สารบัญตาราง
(Table Content)

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่า Magnitude of Completeness ของแต่ละชุดข้อมูล ด้วยวิธีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter	9
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของแต่ละชุดข้อมูลหลังจากการทำ Data Improvement	11
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากการวิเคราะห์เชิงสถิติข้อมูลแผ่นดินไหวจริงและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนในตัวแปรต่าง ๆ	16

สารบัญสมการ
(Equation Content)

	หน้า
สมการที่ 2.1 สมการเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ของ Gutenberg - Richter	3
สมการที่ 2.2 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ Gutenberg - Richter	3
สมการที่ 2.3 อัตราส่วนการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน	6

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

1.1 ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

แผ่นดินไหวเป็นหนึ่งในภัยพิบัติทางธรรมชาติที่สำคัญ สามารถสร้างความเสียหายให้กับสิ่งมีชีวิตในวงกว้าง ส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์และทรัพย์สิน การศึกษาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวและการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวด้วยวิธีการสถิติเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เข้าใจและรับมือกับภัยพิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Record) แบ่งได้ 3 ประเภท ตามช่วงเวลาและความแม่นยำ (Pailoplee, 2018) บันทึกทางธรณีวิทยา บันทึกทางประวัติศาสตร์ และ บันทึกจากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว ถึงแม้ว่าการบันทึกจากเครื่องมือเป็นวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีและเกิดขึ้นมาได้ไม่นาน แต่ก็มี ความแม่นยำ ความน่าเชื่อถือ ทำให้ได้ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละเหตุการณ์ บันทึกเป็นสิ่งที่เรียกว่า ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue)

ฐานข้อมูลที่สำคัญในประเทศไทยคือฐานข้อมูลที่บันทึกไว้ของกรมอุตุนิยมวิทยา (Thai Meteorological Department; TMD) ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา เริ่มมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 (Pailoplee, 2014) พัฒนามาตลอดจนถึงปี พ.ศ. 2548 มีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวทั้งหมด 41 สถานี ทั่วประเทศไทย ติดตั้งในระดับความลึก 1 – 3 เมตร จำนวน 40 สถานี และ ระดับความลึก 30 เมตร จำนวน 1 สถานี ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่ถูกติดตั้งเพิ่มเติมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จำนวน 30 สถานี ติดตั้งในระดับความลึก 1 – 3 เมตร จำนวน 5 สถานี และ ระดับความลึก 30 เมตร จำนวน 25 สถานี ทำให้ ณ ปัจจุบัน สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา มีเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวทั้งหมด 71 สถานี ทั่วประเทศไทย

การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ข้อจำกัดของการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว (Magnitude of Completeness; M_c) ลดลง กล่าวคือสามารถตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวได้มากขึ้น (Pailoplee, 2018) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยสมการอันเป็นที่นิยมของ Gutenberg–Richter ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวและขนาดของแผ่นดินไหว (Frequency-Magnitude Distribution; FMD) ด้วยค่า a และ ค่า b (Zalohar, 2018) มีนัยสำคัญและสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดินไหวได้มากขึ้น

เนื่องจากข้อจำกัดการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวลดลง เราพบการกระจายตัวของแผ่นดินไหวในบริเวณที่ไม่ควรพบ อย่างไรก็ตาม ระบบการตรวจวัดใหม่นั้นเป็นระบบตรวจวัดแบบอัตโนมัติ ไม่สามารถแยกสัญญาณรบกวนหรือคลื่นแผ่นดินไหวประดิษฐ์จากกิจกรรมของมนุษย์ได้ (Zuniga and Wiemer, 1999) ดังนั้นคลื่นแผ่นดินไหวที่พบอาจเป็นแผ่นดินไหวจริง หรืออาจเป็นแค่สัญญาณรบกวน

1.2 วัตถุประสงค์ (Objective)

- 1.2.1 ใช้การจัดกลุ่มแผ่นดินไหว การวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเทียบกับเวลา และใช้สมการของ Gutenberg – Richter เพื่อตรวจสอบความเป็นสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหว
- 1.2.2 ใช้สมการของ Gutenberg – Richter เพื่อหาข้อจำกัดการตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ (M_c)

1.3 พื้นที่ศึกษา

ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย ตั้งแต่เส้นละติจูดที่ 5.5 – 20.5 องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดตั้งแต่ 97.5 – 105.5 องศาตะวันออก

1.4 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

- 1.4.1 ศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจากเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวทั้งหมด 71 สถานีในประเทศไทยจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา
- 1.4.2 ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2014 – 2017 และปี 2017 – 2019 โดยปี 2014 – 2017 เป็นข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และปี 2017 – 2019 แบ่งเป็นสองชุดข้อมูล คือ ข้อมูลแผ่นดินไหวจริงและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)

- 1.5.1 ผลการวิเคราะห์จากการจัดกลุ่มแผ่นดินไหว การเทียบข้อมูลแผ่นดินไหวกับเวลา มาวิเคราะห์รวมกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Frequently Magnitude Distribution เพื่อพิจารณาว่าเป็นสัญญาณรบกวนหรือไม่อย่างไร
- 1.5.2 ผลการเปรียบเทียบข้อจำกัดการตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Frequently Magnitude Distribution (M_c)

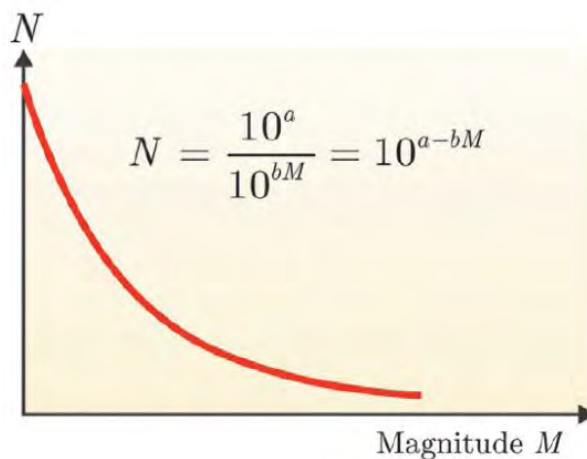
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(THEORY AND LITERATURE REVIEW)

2.1 ความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (Gutenberg – Richter Relationship)

คือสมการของ Gutenberg Richter เป็นที่นิยมในกลุ่มนักแผ่นดินไหว ใช้ในการอธิบายการกระจายตัวและขนาดของแผ่นดินไหวของพื้นที่และช่วงเวลาที่กำหนด (Zalohar, 2018) เราสามารถนำประโยชน์ของความสัมพันธ์นี้ไปสร้างกราฟของการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (Frequency - Magnitude Distribution, FMD) ได้ (Pailoplee, 2018) โดยสมการของ Gutenberg – Richter มีรูปแบบดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.1

$$N_M = 10^{a-bM} \quad (2.1)$$

เมื่อ N_M คืออัตราการเกิดแผ่นดินไหวสะสมของแผ่นดินไหวขนาด $\geq M$

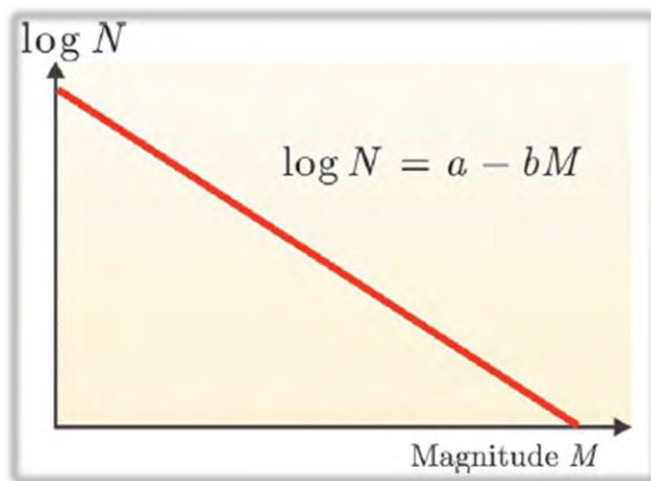
a คือค่าคงที่บอกจำนวนแผ่นดินไหวทั้งหมด

b คือความชันของสมการ

M คือขนาดของแผ่นดินไหว

เนื่องจากกราฟที่ได้จากสมการเป็นกราฟพาราโบลา ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนใหญ่มักใช้กราฟที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น เราสามารถแปลงสมการดังกล่าวได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ

$$\text{Log}(N_M) = a - bM \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.2

2.2 การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล (Quality Improvement)

2.2.1 การปรับเทียบมาตรฐานขนาดแผ่นดินไหว

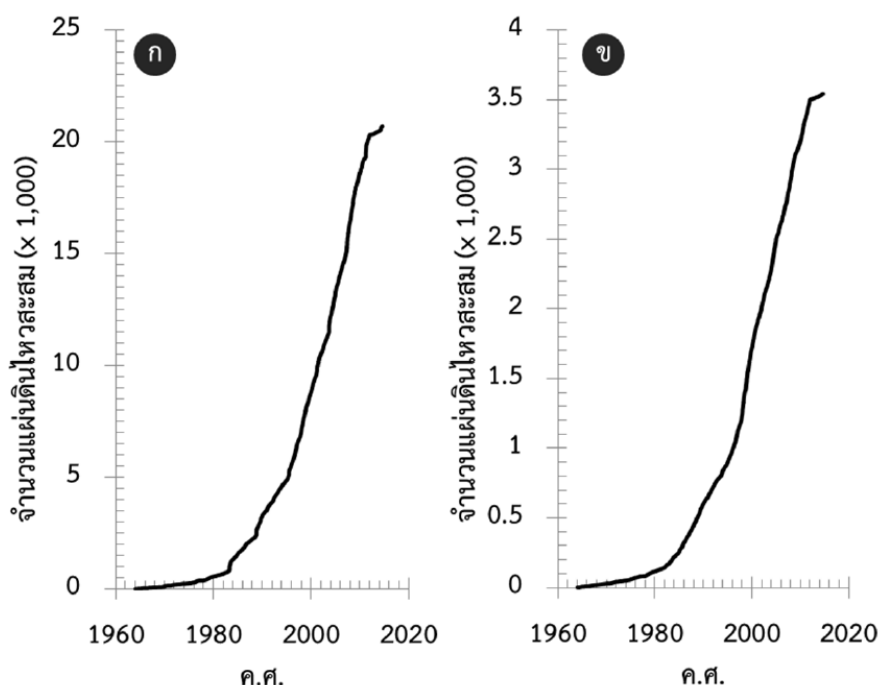
แต่ละมาตราของขนาดแผ่นดินไหวมีที่มาจากประวัติการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรที่ต่างกัน และเป็นตัวแปรที่เฉพาะเจาะจง มีลักษณะเฉพาะ (Pailoplee, 2014c) ดังนั้น ในการรายงานการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละเหตุการณ์ อาจมีการรายงานด้วยมาตราแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเหตุการณ์นั้น ๆ กับมาตราขนาดแผ่นดินไหวแต่ละชนิด รวมไปถึงข้อจำกัดของเครื่องมือวัด โดยแต่ละมาตราประกอบไปด้วย 1. Local magnitude (M_L) เป็นการตรวจวัดระดับท้องถิ่น 2. Body-wave magnitude (M_b) เป็นการตรวจวัดแผ่นดินไหวระดับลึกที่คลื่นตัวกลางสามารถเคลื่อนที่ผ่านเนื้อโลกได้ดีกว่าคลื่นพื้นผิว 3. Surface-wave magnitude (M_s) เป็นการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวจากคลื่นพื้นผิว ในกรณีที่ไม่สามารถอ่านคลื่นตัวกลางได้ชัดเจนจากการตรวจวัดแผ่นดินไหวระดับภูมิภาค และ 4. Moment Magnitude (M_w) เป็นมาตราที่กล่าวถึงพลังงานที่เกิดจากธรณีแปรสัณฐานของรอยเลื่อนในบริเวณนั้น เป็นมาตราที่มีความแม่นยำมากที่สุด เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่องของระยะทาง ความลึก และขนาดของแผ่นดินไหว (Pailoplee, 2018)

การปรับเทียบมาตรฐานขนาดของแผ่นดินไหว ทำให้ขนาดของมาตราเป็นหน่วยเดียวกันกลายเป็นชุดข้อมูลเดียวกัน เพื่อให้การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทำได้ง่าย โดยมีการเสนอหลักการในการเลือกใช้มาตรฐานขนาดของแผ่นดินไหว 2 หลักการ ได้แก่

1. ปรับเทียบมาตราต่าง ๆ ให้เป็นหน่วยที่มีมากที่สุด ในชุดข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหรือการรวบรวมฐานข้อมูลเดิมเป็นไปได้น้อยที่สุด
2. ปรับเทียบมาตราต่าง ๆ ให้เป็นมาตรฐานขนาดของแผ่นดินไหวแบบ Moment Magnitude (M_w) เนื่องจากมาตรฐานขนาดของแผ่นดินไหวนี้ เป็นมาตราที่มีความแม่นยำ ข้อจำกัดน้อย ประเมินจากพื้นที่ปริแตกและปริมาณการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนในรูปของพลังงาน

2.2.2 การจัดกลุ่มแผ่นดินไหว (Earthquake Declustering)

หนึ่งเหตุการณ์ของแผ่นดินไหวหนึ่ง จะมีแผ่นดินไหวหลัก (Mainshock) เกิดขึ้น ซึ่งในทางทฤษฎี แผ่นดินไหวหลักคือแผ่นดินไหวที่เกิดจากการปลดปล่อยพลังงานจากความเค้นของเปลือกโลกโดยตรง แต่ในบางครั้งก็อาจเกิดผลที่ตามมาจากการปลดปล่อยพลังงานนี้เองแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) หรือ แผ่นดินไหวตาม (Aftershock) ดังนั้น ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูลแผ่นดินไหว ไม่ควรมีข้อมูลที่ไม่ได้เกิดจากการปลดปล่อยพลังงานโดยตรงมาอยู่ในชุดข้อมูล เพื่อความถูกต้องในงานวิจัย



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงจำนวนแผ่นดินไหวสะสม โดยรูป ก. คือจำนวนแผ่นดินไหวสะสมก่อนการ Declustering และ ข. คือจำนวนแผ่นดินไหวสะสมหลังการ Declustering

จากรูป 2.3 ก. จำนวนแผ่นดินไหวทั้งหมดในชุดข้อมูลมีถึงกว่า 20,000 ข้อมูล แต่หลังจากทำการจัดกลุ่มข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่าแผ่นดินไหวหลักที่เกิดจากการปลดปล่อยพลังงานจริง ๆ มีเพียงแค่ประมาณ 3,500 ข้อมูลเท่านั้น

2.2.3 แผ่นดินไหวจากกิจกรรมมนุษย์ (Man-made Earthquake)

เนื่องมาจากการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อแผ่นดินไหว หรือสังเกตพฤติกรรมของแผ่นดินไหวโดยใช้ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ต้องใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก นอกจากการปนกันของข้อมูลที่ไม่จำเป็นอย่างแผ่นดินไหวนำหรือแผ่นดินไหวตามนั้น อีกหนึ่งข้อมูลที่ไม่มีความจำเป็นในการวิเคราะห์เชิงสถิติคือ ข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยมนุษย์ เช่น การระเบิดเปิดหน้าเหมือง การขุดเจาะ และการทดสอบระเบิดนิวเคลียร์ เป็นต้น การมีข้อมูลเหล่านี้ในชุดข้อมูลทำให้การวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกระบวนการธรณีแปรสัณฐานผิดไปจากที่ควรจะเป็น

การปนเปื้อนด้วยข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ทำให้การวิเคราะห์การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหวผิดจากความเป็นจริง จากงานวิจัยของ Wiemer และ Katsumata (1999) ศึกษาบริเวณที่มีการระเบิดเหมืองแร่ พบว่าค่า b จากสมการที่ 2.2 ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 1.5 ซึ่งสูงกว่าความเป็นจริง ในทางทฤษฎี ค่า b ส่วนใหญ่ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0

ดังนั้น นักแผ่นดินไหวจึงมีการเสนอแนวคิดเพื่อกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ เริ่มมาจากการสังเกตความแตกต่างของรูปแบบคลื่นไหวสะเทือน ความยาวคลื่น ความถี่ แต่ในความเป็นจริง คลื่นแผ่นดินไหวมีการตรวจวัดได้เป็นจำนวนมากและมีความต่อเนื่อง วิธีนี้จึงไม่เหมาะในการนำมาจำแนกคลื่นทั้งหมด ต่อมา มีการจำแนกตามความลึก แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจำแนกได้อย่างชัดเจน จนในที่สุด Rydelek และ Sacks (1992) ได้เสนอการการจำแนกข้อมูลโดยการแยกกลางวัน กลางคืน เนื่องจากแผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ส่วนใหญ่มักเกิดในเวลากลางวัน และมักทำเป็นประจำในแต่ละช่วงเวลาของวัน และในเวลาต่อมา Wyss และ Wiemer (1997) ได้พัฒนาต่อยอดความคิดของ Rydelek และ Sacks (1992) โดยการหาอัตราส่วนการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนในสมการที่ 2.3

$$R_q = \frac{(Nd)(Ln)}{(Nn)(Ld)} \quad (2.3)$$

เมื่อ R_q คืออัตราส่วนการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

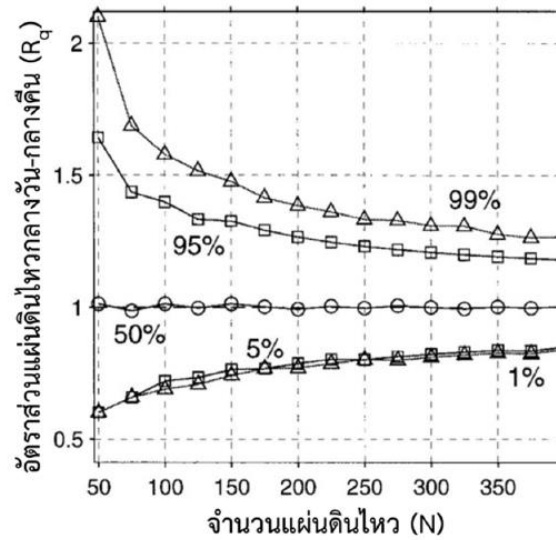
Nd คือจำนวนแผ่นดินไหวที่เกิดในช่วงเวลากลางวัน

Nn คือจำนวนแผ่นดินไหวที่เกิดในช่วงเวลากลางคืน

Ld คือจำนวนชั่วโมงในแต่ละช่วงเวลากลางวัน

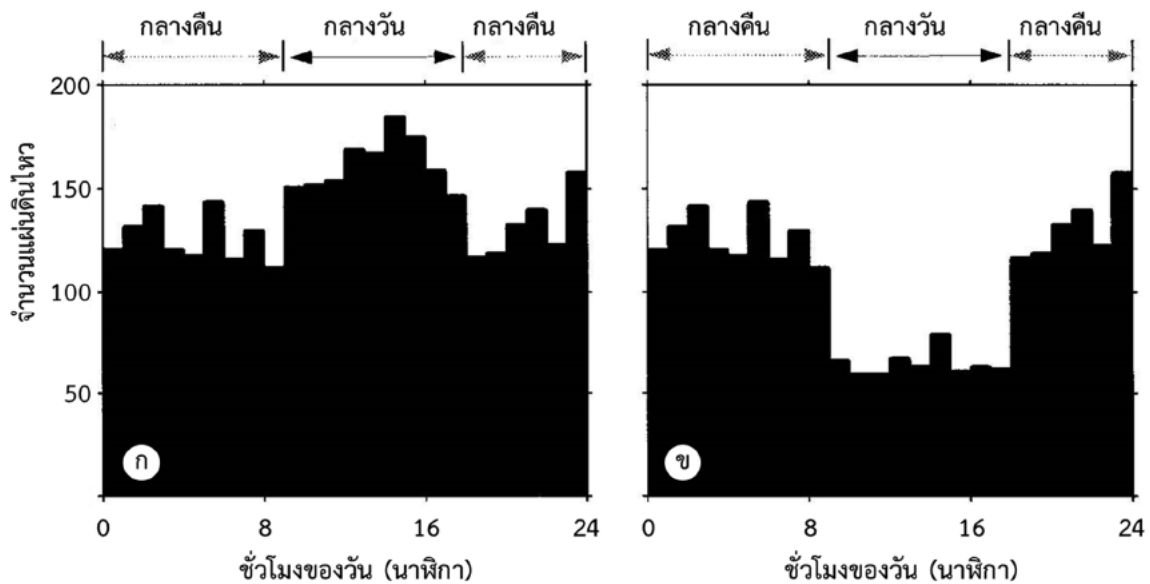
Ln คือจำนวนชั่วโมงในแต่ละช่วงเวลากลางคืน

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ จะเลือกข้อมูลที่มีจำนวนการเกิดแผ่นดินไหวหรือค่า N มากที่สุด หลังจากนั้นให้กำหนดช่วงของค่า N และเพิ่มขึ้นเพื่อหา R_q ตามความเหมาะสมของจำนวนข้อมูล แล้วนำมาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_q และ N ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_q และ N

เมื่อนำ R_q ที่ได้จากการสุ่มมาเปรียบเทียบกับค่า R_q จริงที่ได้มาตอนแรกจากการพิจารณาจำนวนแมลงวันเหวที่เกิดขึ้นทั้งหมด หากมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์ที่มากขึ้นหมายความว่า ข้อมูลชุดที่สุ่มมาจากนี้ เป็นชุดข้อมูลที่มีการปนเปื้อนแมลงวันเหวที่เกิดจากมนุษย์เยอะ และจะทำการตัดข้อมูลที่ปนเปื้อนนี้ออกไป

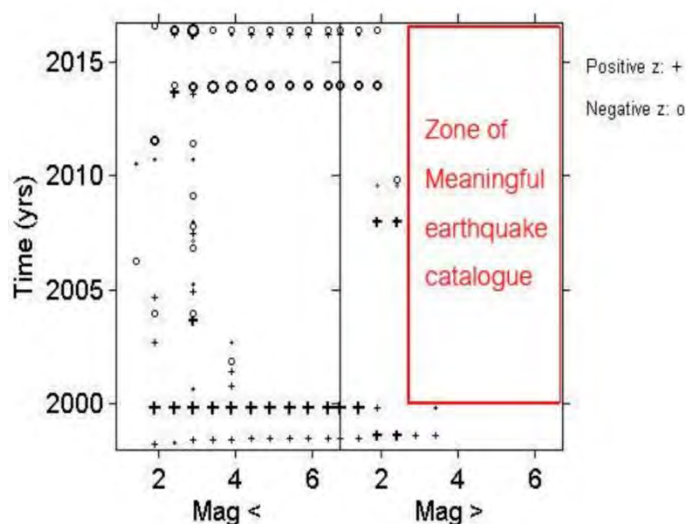


รูปที่ 2.5 กราฟแสดงจำนวนแมลงวันเหวที่เกิดขึ้นรายชั่วโมงในหนึ่งวัน รูป ก. คือกราฟที่ยังไม่มีการตัดข้อมูลแมลงวันเหวที่เกิดจากมนุษย์ รูป ข. คือกราฟที่ตัดข้อมูลแมลงวันเหวที่เกิดจากมนุษย์ออกไป

ในการตัดข้อมูลเหล่านี้ อาจมีการตัดข้อมูลแมลงวันเหวที่เกิดจากธรรมชาติจริง ๆ ออกไปบ้าง แต่หากเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ยังไม่ตัดออกไปก็ถือว่ายังคงเป็นประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อความถูกต้องในงานวิจัย

2.2.4 ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระบบตรวจวัด (Detection System Change)

การเปลี่ยนแปลงระบบตรวจวัดเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ชุดข้อมูลมีความไม่ต่อเนื่องและทำให้การวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดินไหวไม่เป็นไปอย่างที่ควรเป็นเช่นเดียวกับการปะปนของข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ จึงมีแนวคิดที่จะจัดการกับข้อมูลเหล่านี้โดย Habermann (1987) ได้เสนอวิธี Genetic Network Analysis System (GENAS) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงขนาดของแผ่นดินไหวในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 2.6 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละช่วงเวลาหรือการทำ GENAS โดยเครื่องหมาย \circ แสดงอัตราการตรวจวัดที่เพิ่มขึ้น ส่วน $+$ แสดงอัตราการตรวจวัดที่ลดลง ขนาดของเครื่องหมายแสดงถึงปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปของอัตราการตรวจวัด กรอบสีแดงแสดงบริเวณที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหว

จากรูปและสัญลักษณ์ที่อธิบาย บริเวณที่มีเครื่องหมายเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว (สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว, 2560) เป็นช่วงของข้อมูลที่ไม่มีความต่อเนื่อง ดังนั้นการเลือกใช้ข้อมูลควรเลือกบริเวณที่มีความต่อเนื่อง หรือบริเวณที่เป็นกรอบสีเหลี่ยมสีแดงในรูปที่ 2.6

2.3 ข้อจำกัดการตรวจวัด (Limitation of Earthquake Detection)

ในการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว ระบบจะมีข้อจำกัดในการตรวจวัดขนาดของแผ่นดินไหว โดยแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กเกินไปจะไม่ถูกตรวจวัด ซึ่งในการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจะมีอยู่ค่าหนึ่ง ที่ไม่ใช่ค่าของขนาดแผ่นดินไหวที่ถูกตรวจวัดได้น้อยที่สุด แต่เป็นขนาดแผ่นดินไหวที่น้อยที่สุดที่ระบบสามารถตรวจพบทุกครั้งและมีความน่าเชื่อถือ สามารถบันทึกในระบบข้อมูลได้ เราเรียกค่านั้นว่า ขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่มีความสมบูรณ์ในการตรวจวัดได้จากเครื่องมือ (สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว, 2560) หรือ Magnitude of Completeness (M_c)

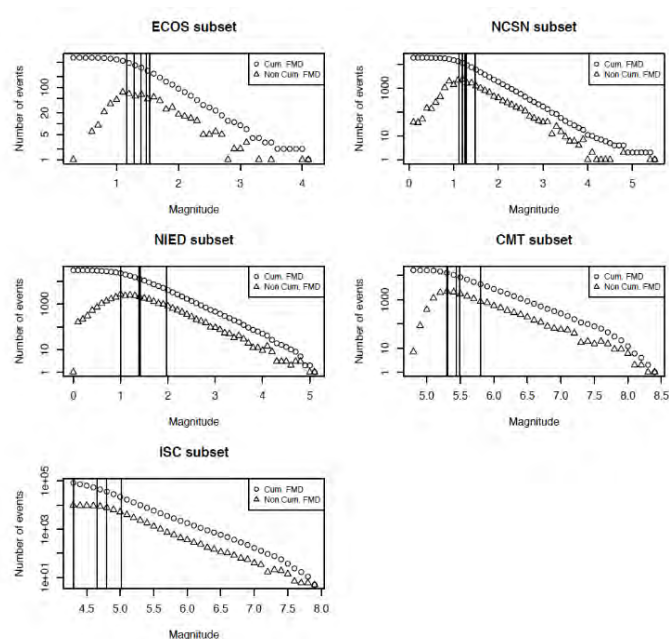
การประมาณค่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่มีความสมบูรณ์ในการตรวจวัดได้จากเครื่องมือ (M_c) จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีนั้นทำได้หลากหลาย (Mignan and Woessner 2012) ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยหรือสถาบันที่ศึกษา เฝ้าระวัง และติดตามว่าเชื่อถือข้อมูลในระดับไหน ด้วยวิธีไหน ในที่นี้จะยกตัวอย่างวิธีการหาค่า M_c มา 6 วิธีได้แก่

1. Maximum Curvature (MAXC)
2. Goodness-of-Fit Test (GFT)
3. M_c จาก b-value stability (MBS)
4. M_c จาก Entire Magnitude Range (EMR)
5. Median-based analysis ของ segment slope (MBASS)
6. The day-to-night noise modulation

ทุกวิธีที่กล่าวมานั้น เป็นวิธีที่มีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter ยกเว้นวิธีที่ 6 ที่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดระหว่างกลางคืนและกลางวัน

	ECOS	NCSN	NIED	CMT	ISC
MAXC	1.16 ± 0.10	1.20 ± 0.00	1.00 ± 0.00	5.31 ± 0.03	4.30 ± 0.01
GFT	1.39 ± 0.17	1.12 ± 0.04	1.38 ± 0.06	5.30 ± 0.00	4.66 ± 0.05
MBS	1.53 ± 0.16	1.48 ± 0.10	1.97 ± 0.10	5.80 ± 0.09	4.80 ± 0.00
EMR	1.48 ± 0.08	1.29 ± 0.03	1.40 ± 0.01	5.49 ± 0.02	-
MBASS	1.28 ± 0.29	1.25 ± 0.34	1.42 ± 0.13	5.44 ± 0.07	5.02 ± 0.45

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่า Magnitude of Completeness ของแต่ละชุดข้อมูล ด้วยวิธีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter



รูปที่ 2.7 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของแต่ละชุดข้อมูล โดยเส้นตรงคือค่าของ Magnitude of Completeness ที่ตรวจวัดในแต่ละวิธี โดยค่าของแต่ละวิธีนั้นมีอธิบายอยู่ในตารางที่ 2.1

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

(Methodology)

การศึกษาระเบียบวิธีการวิจัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกี่ยวข้อง
3. จัดเตรียมและปรับปรุงข้อมูลโดยการปรับเทียบมาตราแผ่นดินไหวให้อยู่ในสเกลเดียวกัน และทำการคัดเลือกข้อมูลที่เป็นแผ่นดินไหวหลัก
4. วิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเชิงสถิติ
5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

3.1 ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Study and Literature Review)

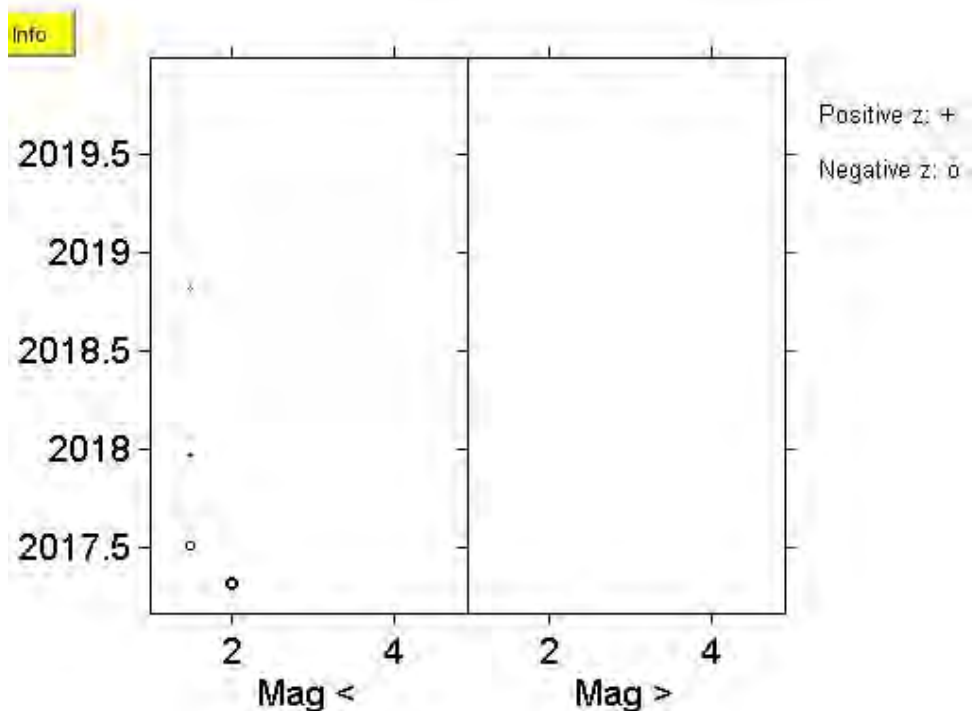
ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในทางทฤษฎี เพื่อความเข้าใจในการจัดทำและความเข้าใจในแนวทางการศึกษา

3.2 รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกี่ยวข้อง (Earthquake Data Acquisition)

รวบรวมข้อมูลสัญญาณรบกวนที่มีความคล้ายแผ่นดินไหว (Noise-Likely Earthquake) ในปี 2017-2019 และดาวาร์โหลตข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี 2014-2017 และ ปี 2017-2019 ในพื้นที่ประเทศไทยเส้นครอบคลุมเส้นละติจูดที่ 5.5 – 20.5 องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 97.5 – 105.5 องศาตะวันออก รวมทั้งสิ้น 3 ชุดข้อมูล ที่เว็บไซต์ของกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา <https://earthquake.tmd.go.th>

3.3 จัดเตรียมและปรับปรุงข้อมูล (Quality Improvement)

- เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมาจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวเป็นข้อมูลที่มีมาตราขนาดแผ่นดินไหวเดียวกัน จึงไม่ต้องทำการปรับเทียบขนาดมาตราแผ่นดินไหว
- ทำการคัดแยกแผ่นดินไหวที่ไม่ใช่แผ่นดินไหวหลักออกจากชุดข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป ยกเว้นชุดข้อมูลสัญญาณรบกวนที่มีความคล้ายแผ่นดินไหว (Rydelek และ Sacks, 1992)
- ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวทั้ง 3 ชุดข้อมูล ด้วยวิธี Genetic Network Analysis System (GENAS) (Habermann, 1987)



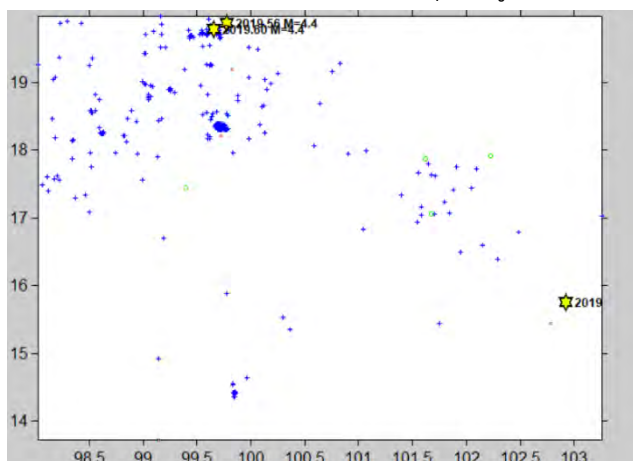
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการทำ GENAS ในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริงในปี 2017-2019

Data Type	Number of event	Beginning Year	Ending Year	Min depth	Max depth	Min Magnitude	Max Magnitude
Noise-Likely Earthquake	130	2017.00	2020.00	0.00	750.00	1.6	7.2
Earthquake	554	2017.17	2020.00	1.00	24.00	1	4.9
Earthquake	1113	2014.41	2017.24	0	167	1	5

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของแต่ละชุดข้อมูลหลังจากการทำ Data Improvement

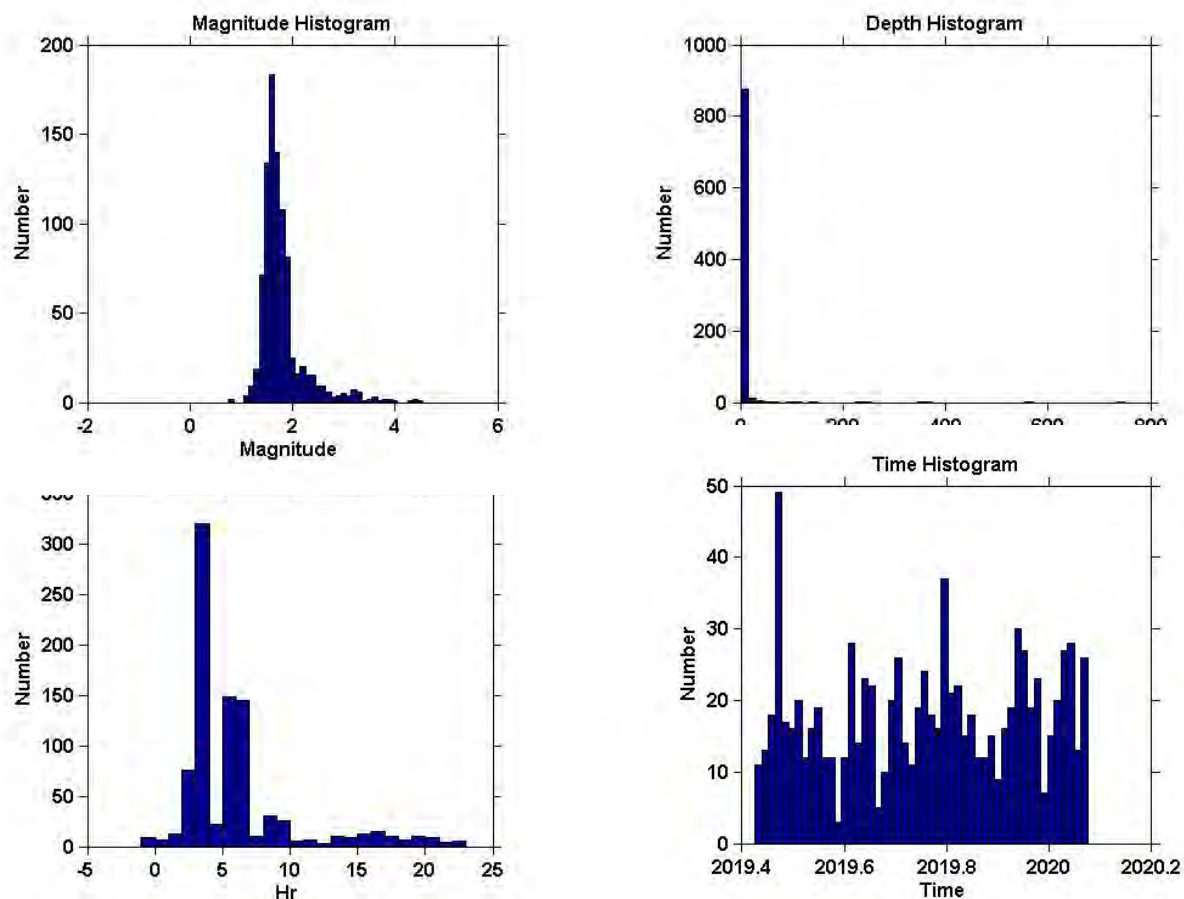
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (Data Analysis)

- วิเคราะห์ Seismic Map ของแต่ละชุดข้อมูล

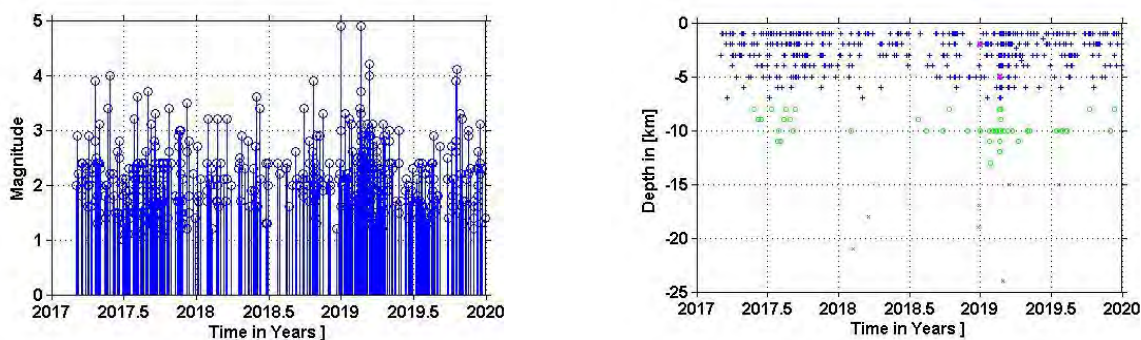


รูปที่ 3.2 แสดงข้อมูลตำแหน่งการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยแกน X คือ ลองจิจูด และ แกน Y คือ ละติจูด

- วิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จาก Histogram โดยมี Magnitude Histogram, Depth Histogram, Time Histogram และ Hour Histogram ของชุดข้อมูล Noise-Likely Earthquake และข้อมูลแผ่นดินไหวจริงในช่วงปี 2017-2019 เปรียบเทียบและตรวจสอบความแตกต่างของลักษณะข้อมูลเพื่อพิจารณาว่า ข้อมูล Noise-Likely Earthquake เป็นข้อมูลแผ่นดินไหวจริงหรือเป็นเพียงแค่สัญญาณรบกวน

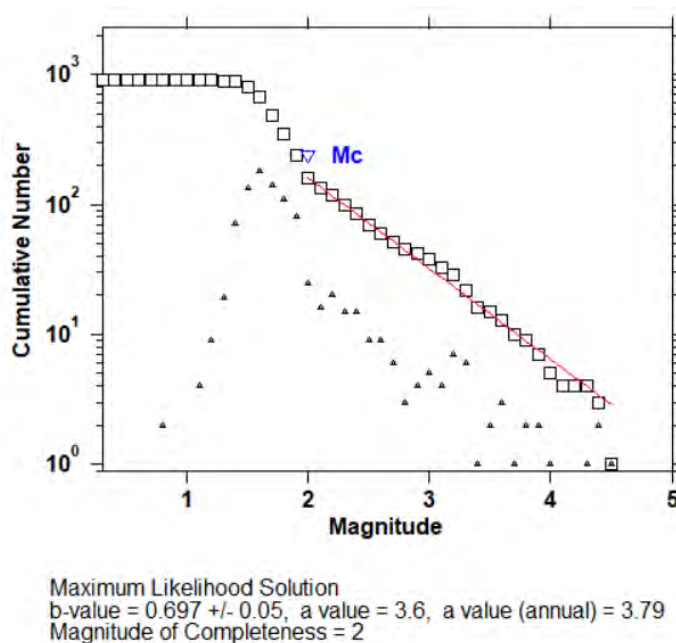


รูปที่ 3.3 แสดงข้อมูล Histogram ทั้ง 4 ชนิด



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงข้อมูล Time-Magnitude Plot และ Time-Depth Plot ตามลำดับ

- วิเคราะห์ข้อมูลขนาดของแผ่นดินไหวและความลึกในช่วงเวลาต่าง ๆ สร้างออกมาเป็นกราฟ Time-Magnitude Plot และ Time-Depth Plot ของแต่ละชุดข้อมูล ดังรูปที่ 3.4
- วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติโดยใช้สมการของ Gutenberg – Richter อธิบายการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (Frequency - Magnitude Distribution, FMD) ในแต่ละชุดข้อมูล ด้วยวิธี Best Combination คือการรวมวิธีการทางสถิติได้แก่ Maximum Curvature, M_c มีค่าความเชื่อมั่น 95% และ 90% ตามลำดับ ได้ผลออกมาเป็นกราฟดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กราฟอธิบายการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (FMD)

จากรูป สัญลักษณ์สามเหลี่ยมคือ จำนวนของเหตุการณ์ในความรุนแรงใด ๆ ที่เหลี่ยมคือ จำนวนเหตุการณ์สะสมในแต่ละขนาดของแผ่นดินไหว เส้นตรงคือ ความชันที่บอกถึงค่า b ทำการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนกับข้อมูลแผ่นดินไหวจริงในปี 2017-2019

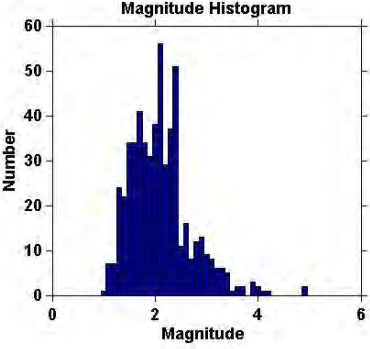
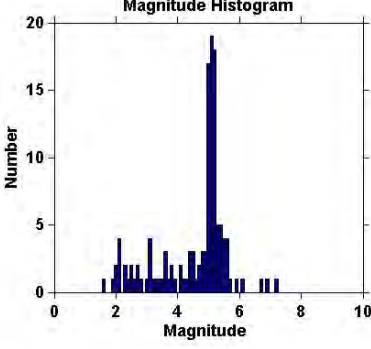
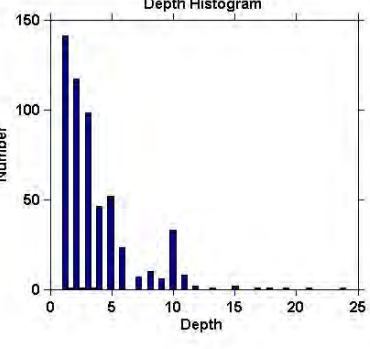
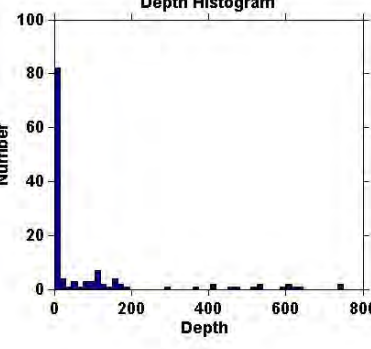
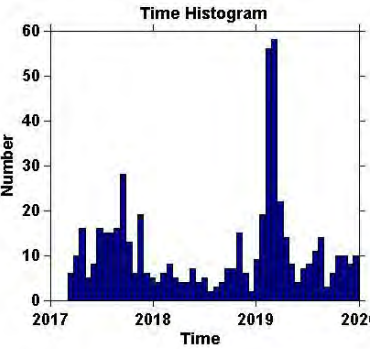
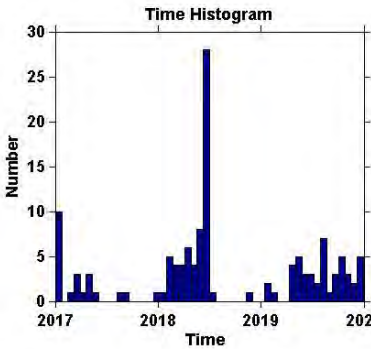
- ใช้ความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter เพื่อหาค่า Magnitude of Completeness ด้วยวิธีการ Goodness-of-Fit Test (GFT) ที่มีการกล่าวโดย Mignan and Woessner (2012) และอ้างอิงจากงานวิจัยของ Wiemer and Wyss (2000) เปรียบเทียบ ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวปี 2014-2017 กับข้อมูลแผ่นดินไหวปี 2017-2019 ว่าภายหลังจากการติดตั้งระบบใหม่เพิ่มขึ้นมาแล้ว ข้อจำกัดของการตรวจวัดเปลี่ยนไปหรือไม่ และเปลี่ยนไปในทิศทางใด

บทที่ 4

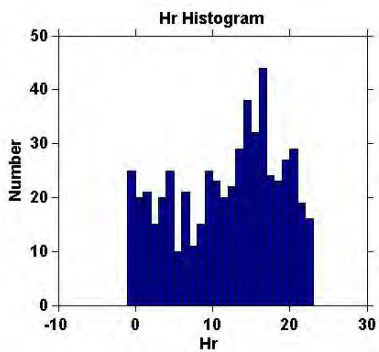
ผลการศึกษา

(Result)

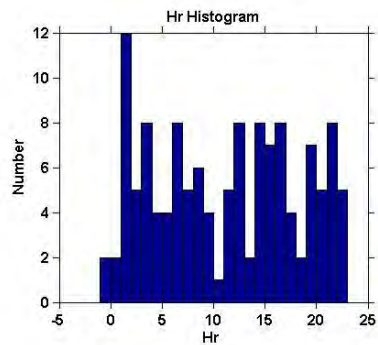
4.1 ผลการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติจากโปรแกรม Z map ในข้อมูลแผ่นดินไหวจริงและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน ในช่วงปี 2017-2019

Earthquake Data	Noise Data
<p>Magnitude Histogram</p>  <p>This histogram shows the distribution of earthquake magnitudes. The x-axis is labeled 'Magnitude' and ranges from 0 to 6. The y-axis is labeled 'Number' and ranges from 0 to 60. The distribution is roughly bell-shaped, peaking at a magnitude of approximately 2.5 with a count of about 55.</p>	<p>Magnitude Histogram</p>  <p>This histogram shows the distribution of noise data magnitudes. The x-axis is labeled 'Magnitude' and ranges from 0 to 10. The y-axis is labeled 'Number' and ranges from 0 to 20. The distribution is highly concentrated, with a sharp peak at a magnitude of approximately 5.5, reaching a count of about 18.</p>
<p>Depth Histogram</p>  <p>This histogram shows the distribution of earthquake depths. The x-axis is labeled 'Depth' and ranges from 0 to 25. The y-axis is labeled 'Number' and ranges from 0 to 150. The distribution is concentrated at shallow depths, with a peak at approximately 1 km depth, reaching a count of about 140.</p>	<p>Depth Histogram</p>  <p>This histogram shows the distribution of noise data depths. The x-axis is labeled 'Depth' and ranges from 0 to 800. The y-axis is labeled 'Number' and ranges from 0 to 100. The distribution is extremely concentrated at very shallow depths, with a peak at 0 km depth, reaching a count of about 80.</p>
<p>Time Histogram</p>  <p>This histogram shows the distribution of earthquake events over time from 2017 to 2020. The x-axis is labeled 'Time' and shows years from 2017 to 2020. The y-axis is labeled 'Number' and ranges from 0 to 60. There is a significant peak in early 2019, with a count of about 55.</p>	<p>Time Histogram</p>  <p>This histogram shows the distribution of noise data events over time from 2017 to 2020. The x-axis is labeled 'Time' and shows years from 2017 to 2020. The y-axis is labeled 'Number' and ranges from 0 to 30. There is a significant peak in early 2019, with a count of about 28.</p>

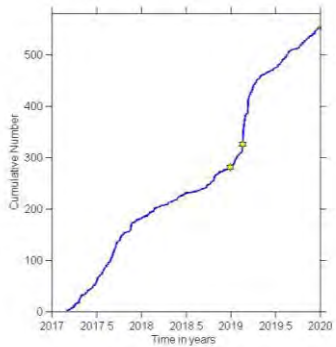
Hr Histogram



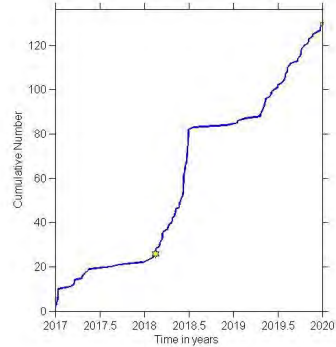
Hr Histogram



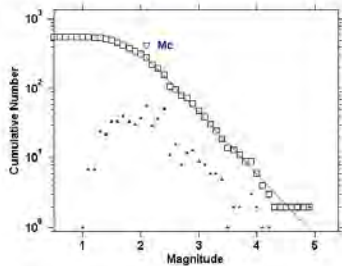
Time series



Time series

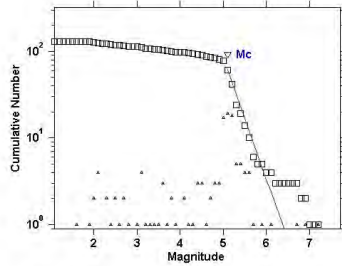


FMD



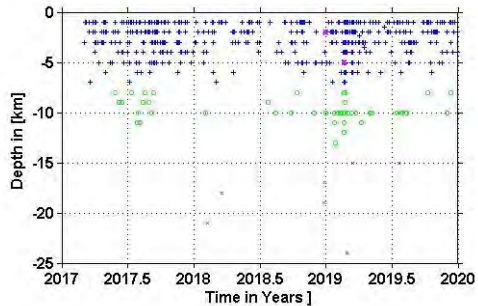
Maximum Likelihood Solution
 b -value = 0.831 ± 0.05, a -value = 4.3, a -value (annual) = 3.25
 Magnitude of Completeness = 2.1

FMD

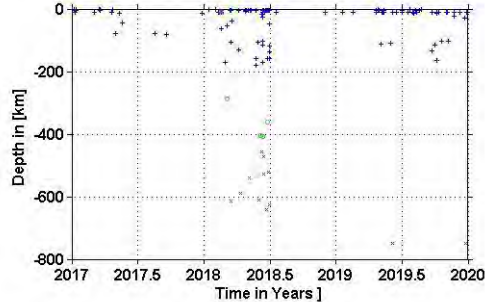


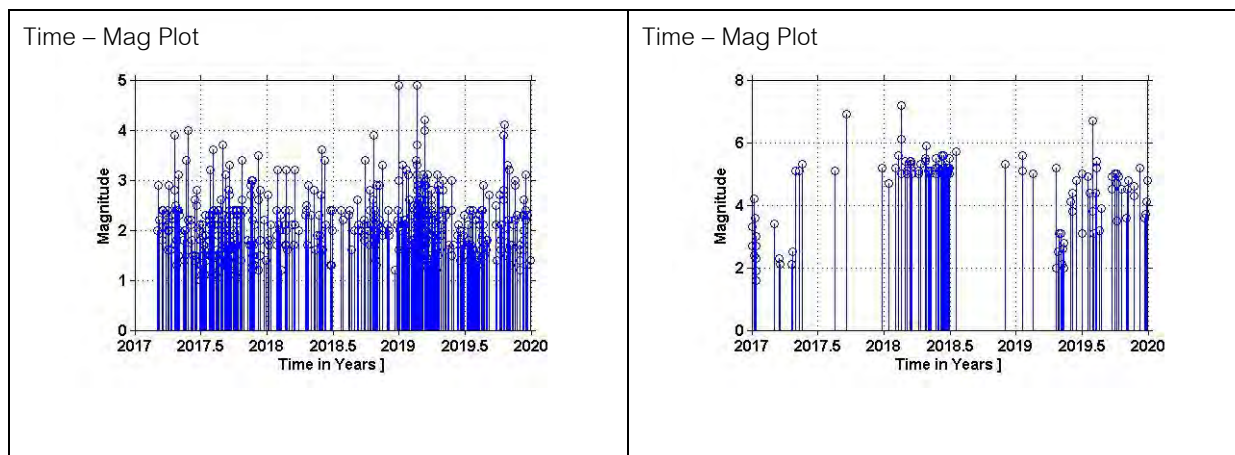
Maximum Likelihood Solution
 b -value = 1.41 ± 0.2, a -value = 8.95, a -value (annual) = 8.48
 Magnitude of Completeness = 5.1

Time – Depth Plot



Time – Depth Plot

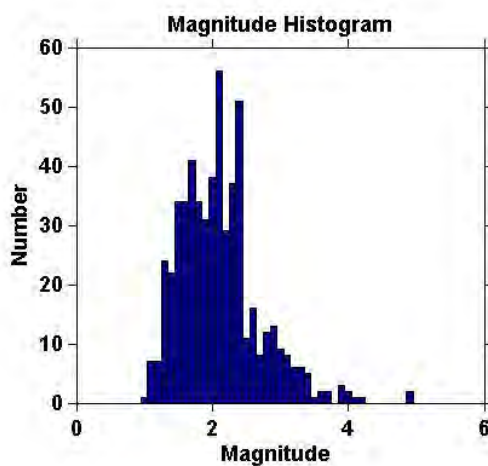




ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากการวิเคราะห์เชิงสถิติข้อมูลแผ่นดินไหวจริงและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนในตัวแปรต่าง ๆ

4.1.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวจริงในช่วงปี 2017-2019

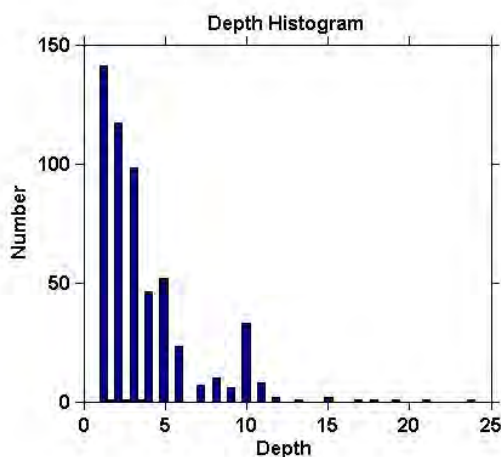
- แผนภูมิกราฟแท่งของขนาดเหตุการณ์ (Magnitude Histogram)



รูปที่ 4.1 รูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งและขนาดของแผ่นดินไหวในแกนนอน พบว่าช่วงขนาดตั้งแต่ 2.0–2.5 เป็นช่วงที่เกิดเหตุการณ์มากที่สุด และค่อย ๆ ลดลงตามขนาดของแผ่นดินไหวที่สูงขึ้น ขนาดของแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดที่ระบบสามารถตรวจวัดได้มีขนาดประมาณ 1.0 และขนาดของแผ่นดินไหวที่ระบบสามารถตรวจวัดได้มากที่สุดมีขนาดประมาณ 4.9

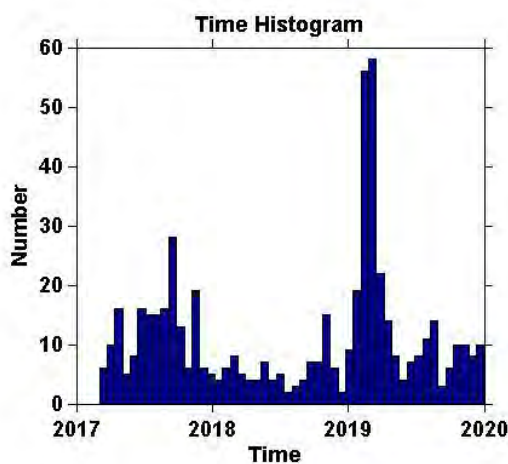
- แผนภูมิกราฟแท่งของความลึกเหตุการณ์ (Depth Histogram)



รูปที่ 4.2 รูปแสดง Depth Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งและความลึกของศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวในแกนนอนในหน่วยเมตร พบว่าเหตุการณ์มักเกิดในช่วงความลึกตั้งแต่ 0-10 เมตร และความลึกที่ตรวจวัดได้มากที่สุดอยู่ที่ 24 เมตร อย่างไรก็ตามก็ยังคงจัดว่าเป็นแผ่นดินไหวระดับตื้น

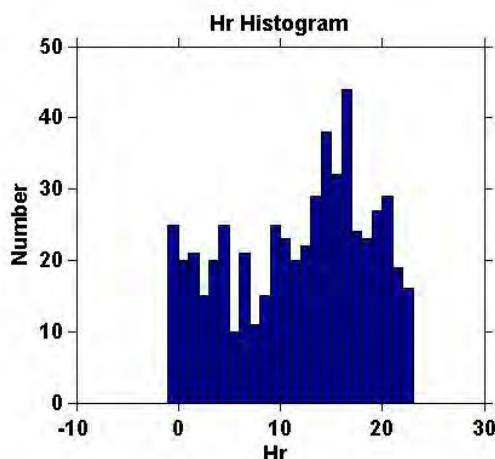
- แผนภูมิกราฟแท่งของช่วงเวลาเหตุการณ์ (Time Histogram)



รูปที่ 4.3 รูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งกับการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2017-2019 ในแกนนอน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเหตุการณ์ไปตามช่วงเวลาในอัตราที่คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยเกินไป ยกเว้นในช่วงต้นปี 2019 มีความถี่ของเหตุการณ์ที่สูงโดดเด่นกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ

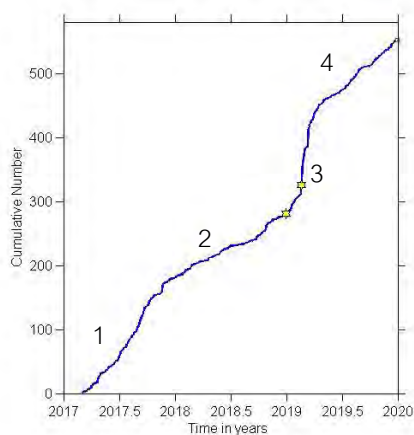
- แผนภูมิกราฟแท่งรายชั่วโมงของเหตุการณ์ (Hour Histogram)



รูปที่ 4.4 รูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งในรายชั่วโมงของแต่ละวันในแกนนอน พบว่าการกระจายตัวของจำนวนเหตุการณ์ใกล้เคียงกัน มีความน่าจะเป็นในการเกิดได้ในทุกช่วงเวลาของวัน จากแผนภูมิกราฟแท่งนี้แสดงให้เห็นว่า เหตุการณ์มักเกิดในช่วงเวลา 17:00 นาฬิกา และเกิดน้อยที่สุดในช่วงเวลา 06:00 นาฬิกา

- แผนภูมิแสดงลำดับของเหตุการณ์ (Time Series)

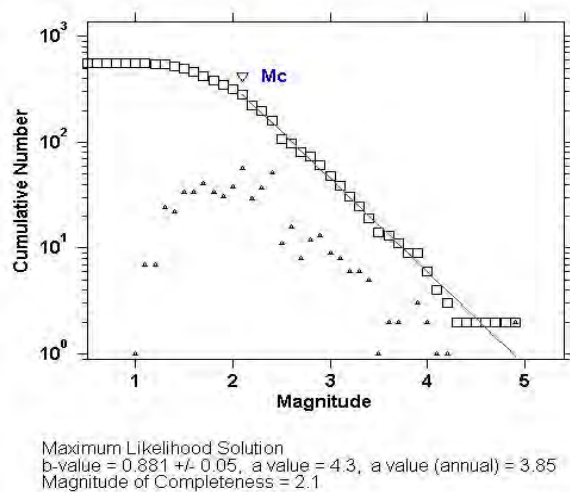


รูปที่ 4.5 รูปแสดง Time Series ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมในแกนตั้งและการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2017-2019 ในแกนนอน ในช่วงที่ 1 นั้น มีอัตราการเกิดเหตุการณ์สะสมที่คงที่ และเริ่มมีอัตราการเกิดที่ลดลงจากความชันที่ลดน้อยลงไปในช่วงที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเกิดเหตุการณ์น้อยที่สุด อ้างอิงจาก Time Histogram ที่กล่าวในข้างต้น ต่อมาช่วงที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงความชันโดยมีมากที่สุดในการพลาตีนี้ หมายความว่าช่วงเวลาต้นปี 2019 มีการเกิด

เหตุการณ์แผ่นดินไหวมากที่สุด ตามด้วยช่วงที่ 4 ซึ่งมีความชันใกล้เคียงกับช่วงที่ 1 หรือกล่าวได้ว่า อัตราการเกิดเหตุการณ์กลับไปคงที่เหมือนช่วงแรก

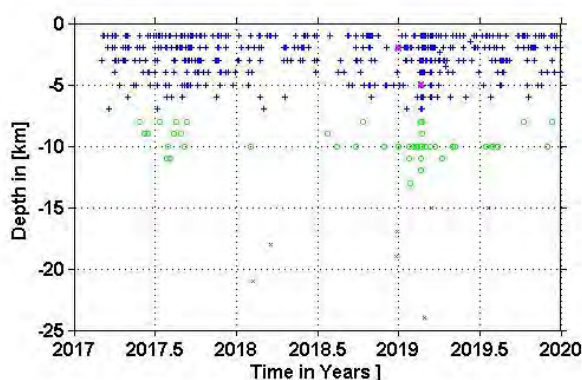
- แผนภูมิการกระจายตัวของขนาดและความถี่ (Frequency Magnitude Distribution)



รูปที่ 4.6 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมในแกนตั้งและขนาดของเหตุการณ์ในแกนนอน ซึ่งอธิบายถึงการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว ด้วยความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter พบว่าการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหวมีความสอดคล้องกันกับเส้นสีแดงซึ่งเป็นเส้นตัวแทนความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter เป็นอย่างดี มีค่า a เท่ากับ 4.3, ค่า b เท่ากับ 0.881 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b เท่ากับ 0.05 และมีค่า M_c เท่ากับ 2.1

- กราฟแสดงการกระจายตัวของความลึกในแต่ละช่วงเวลา (Time – Depth Plot)

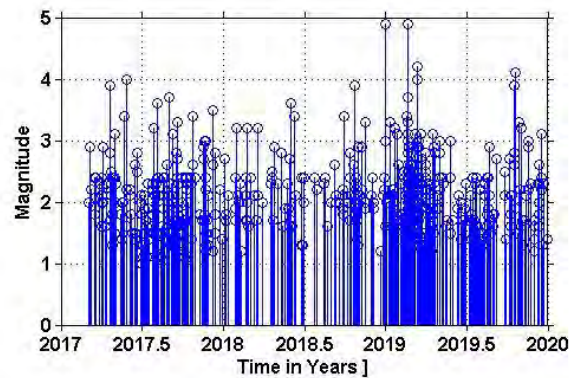


รูปที่ 4.7 รูปแสดง Time – Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของเหตุการณ์ในแกนตั้งและช่วงเวลาตั้งแต่ปี 2017-2019 ในแกนนอน การกระจายตัวของความลึกส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0-6 เมตร (สีน้ำเงิน) เฉลี่ยเท่า ๆ กันตลอดช่วงเวลา การกระจายตัวของความลึกช่วง 7-14 เมตร (สีเขียว) มีในบางช่วงเวลา

ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงกลางปี 2017 และ ต้นปี 2019 สุดท้ายคือการกระจายตัวของความลึกในช่วง 15-25 มีอยู่น้อยมาก โดยเหตุการณ์ที่ลึกที่สุดอยู่ในช่วงต้นปี 2019 มีความลึกอยู่ที่ 24 เมตร

- กราฟแสดงการกระจายตัวของขนาดในแต่ละช่วงเวลา (Time – Magnitude Plot)

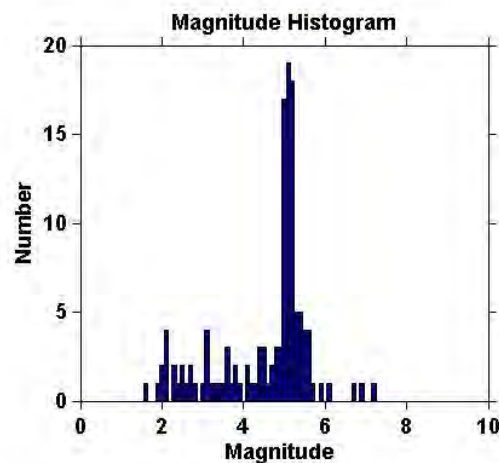


รูปที่ 4.8 รูปแสดง Time – Magnitude Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเหตุการณ์ในแกนตั้งและช่วงเวลาตั้งแต่ปี 2017-2019 ในแกนนอน ขนาดของเหตุการณ์มีการกระจายตัวที่เท่า ๆ กัน ตลอดช่วงเวลา โดยขนาดของเหตุการณ์ที่มากที่สุดอยู่ในช่วงต้นปี 2019

4.1.2 ข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนในช่วงปี 2017-2019

- แผนภูมิกราฟแท่งของขนาดเหตุการณ์ (Magnitude Histogram)

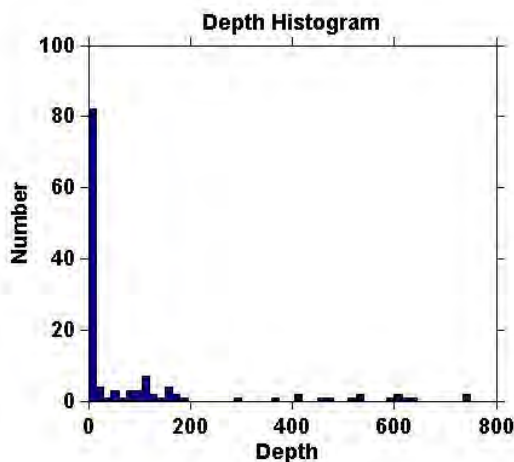


รูปที่ 4.9 รูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งและขนาดของแผ่นดินไหวในแกนนอน พบว่าช่วงขนาดตั้งแต่ 5.0-5.6 มีความถี่การเกิดเหตุการณ์มากที่สุด จุดสูงสุดของกราฟสูงโดดขึ้นมาแตกต่างจากขนาดของแผ่นดินไหวอื่น ๆ ขนาดของ

แผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดที่ระบบสามารถตรวจวัดได้มีขนาดประมาณ 1.8 และขนาดของแผ่นดินไหวที่ระบบสามารถตรวจวัดได้มากที่สุดมีขนาดประมาณ 7.3

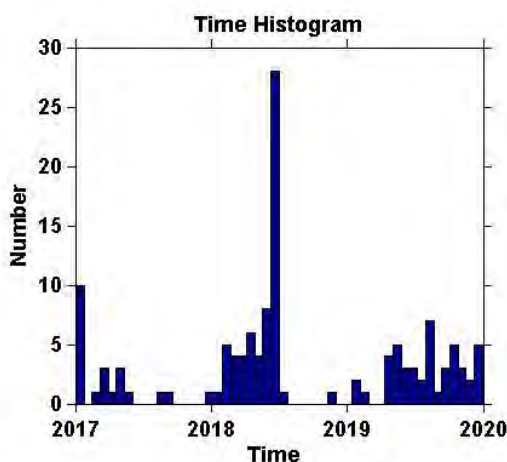
- แผนภูมิกราฟแท่งของความลึกเหตุการณ์ (Depth Histogram)



รูปที่ 4.10 รูปแสดง Depth Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งและความลึกของศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวในแกนนอนในหน่วยเมตร พบว่าเหตุการณ์ส่วนใหญ่จะเกิดในช่วงความลึกตั้งแต่ 0-10 เมตร พบการกระจายตัวของจำนวนเหตุการณ์ที่ระดับความลึกมากกว่า 10 เมตร เป็นส่วนน้อย อีกทั้งข้อมูลไม่มีความต่อเนื่องกัน ความลึกที่ตรวจวัดได้มากที่สุดมีค่าประมาณ 760 เมตร

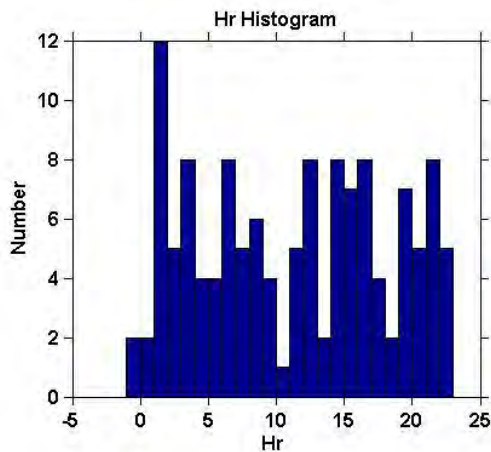
- แผนภูมิกราฟแท่งของช่วงเวลาเหตุการณ์ (Time Histogram)



รูปที่ 4.11 รูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งกับการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2017-2019 ในแกนนอน มีการขาดหายไปของเหตุการณ์ในบางช่วงเวลา จุดสูงสุดของกราฟแท่งที่เด่นชัดอยู่ในช่วงกลางปี 2018 ซึ่งมีอยู่ 28 เหตุการณ์

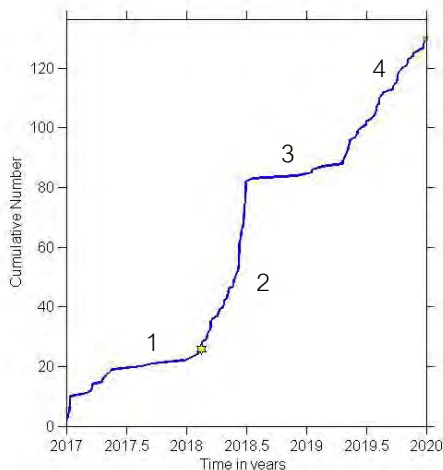
- แผนภูมิกราฟแท่งรายชั่วโมงของเหตุการณ์ (Hour Histogram)



รูปที่ 4.12 รูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง

จากแผนภูมิกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแกนตั้งในรายชั่วโมงของแต่ละวันในแกนนอน พบว่าอัตราการเกิดเหตุการณ์มีการกระจายตัวเฉลี่ยใกล้เคียงกัน มีความน่าจะเป็นในการเกิดได้ในทุกช่วงเวลาของวัน จากแผนภูมิกราฟแท่งนี้แสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์มักเกิดในช่วงเวลา 03:00 นาฬิกา และเกิดน้อยที่สุดในช่วงเวลา 10:00 นาฬิกา

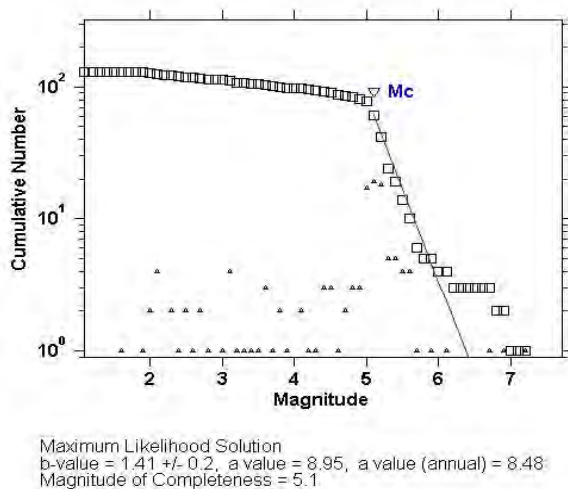
- แผนภูมิแสดงลำดับของเหตุการณ์ (Time Series)



รูปที่ 4.13 รูปแสดง Time Series ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมในแกนตั้งและการเกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2017-2019 ในแกนนอน ในช่วงที่ 1 นั้น มีอัตราการเกิดเหตุการณ์สะสมที่ค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มในจำนวนที่น้อย ต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงความชันโดยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากและชัดเจนในช่วงที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงต้นปี 2018 บ่งบอกว่าการเกิดเหตุการณ์บ่อยครั้งในช่วงเวลานี้ และในช่วงเวลากลางปีเดียวกัน มีการเปลี่ยนแปลงความชันอย่างชัดเจน แต่แตกต่างจากการเข้าสู่ช่วงที่ 2 คือความชันลดลงมาจนใกล้เคียงกับช่วงที่ 1 และเข้าสู่ช่วงที่ 4 ที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันอีกครั้งโดยมีความชันเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นไม่เยอะเท่าช่วงที่ 2

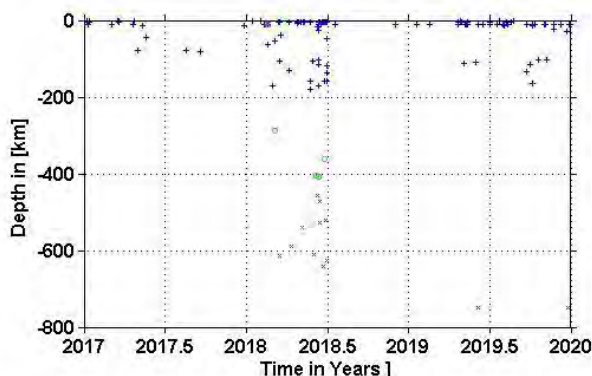
- แผนภูมิการกระจายตัวของขนาดและความถี่ (Frequency Magnitude Distribution)



รูปที่ 4.14 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมในแกนตั้งและขนาดของเหตุการณ์ในแกนนอน ซึ่งอธิบายถึงการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว ด้วยความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter พบว่าการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหวมีความสอดคล้องกันกับเส้นสีแดงซึ่งเป็นเส้นตัวแทนความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter แต่ในช่วงขนาดของเหตุการณ์ที่สูงเท่านั้น พอดีกันตั้งแต่ขนาด 5.0-6.5 และในช่วงต้นหรือช่วงที่มีขนาดของเหตุการณ์ต่ำนั้น ไม่มีส่วนใดที่เข้ากันกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter แม้แต่นิดเดียว มีค่า a เท่ากับ 8.95, ค่า b เท่ากับ 1.41 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b เท่ากับ 0.2 และมีค่า M_c เท่ากับ 5.1

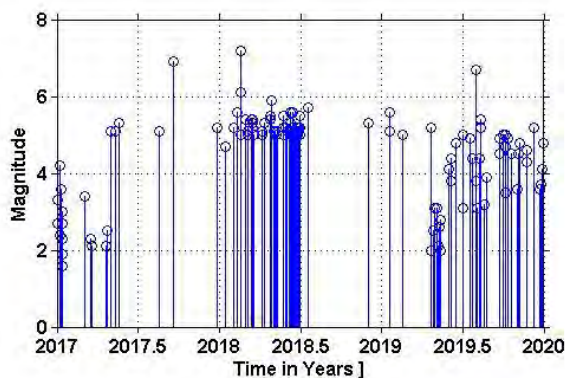
- กราฟแสดงการกระจายตัวของความลึกในแต่ละช่วงเวลา (Time – Depth Plot)



รูปที่ 4.15 รูปแสดง Time – Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของเหตุการณ์ในแกนตั้งและช่วงเวลาตั้งแต่ปี 2017-2019 ในแกนนอน การกระจายตัวของความลึกส่วนใหญ่อยู่ในช่วงไม่เกิน 200 เมตร (สีน้ำเงิน) มีการกระจายตัวของความลึกช่วงประมาณ 350 เมตร (สีเขียว) ไปจนถึงประมาณ 600 เมตร (สีแดง) ซึ่งอยู่ในช่วงต้นปีถึงกลางปี 2018 และมีเหตุการณ์ที่มีความลึกถึงประมาณ 760 เมตร เท่ากันสองเหตุการณ์ในช่วงกลางปี 2019 และปลายปี 2019

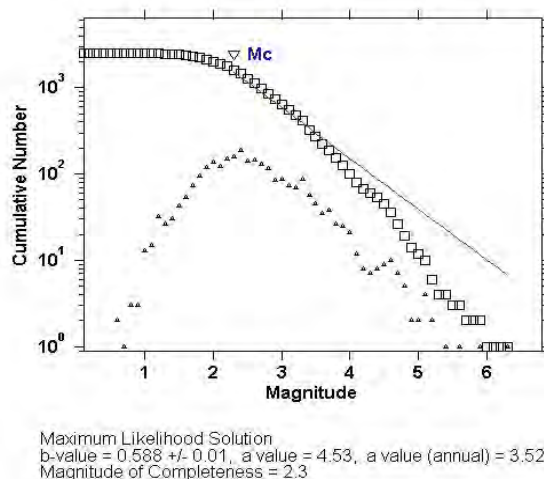
- กราฟแสดงการกระจายตัวของขนาดในแต่ละช่วงเวลา (Time – Magnitude Plot)



รูปที่ 4.16 รูปแสดง Depth Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเหตุการณ์ในแกนตั้งและช่วงเวลาตั้งแต่ปี 2017-2019 ในแกนนอน ขนาดของเหตุการณ์มีการกระจายตัวที่หนาแน่นแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ช่วงต้นปีถึงกลางปี 2018 มีการตรวจวัดขนาดของเหตุการณ์ได้ต่อเนื่องที่สุดและเป็นช่วงเวลาที่ตรวจวัดขนาดของเหตุการณ์ได้มากที่สุด โดยมีขนาดประมาณ 7.0

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี 2014-2017



รูปที่ 4.17 รูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวช่วงปี 2014-2017

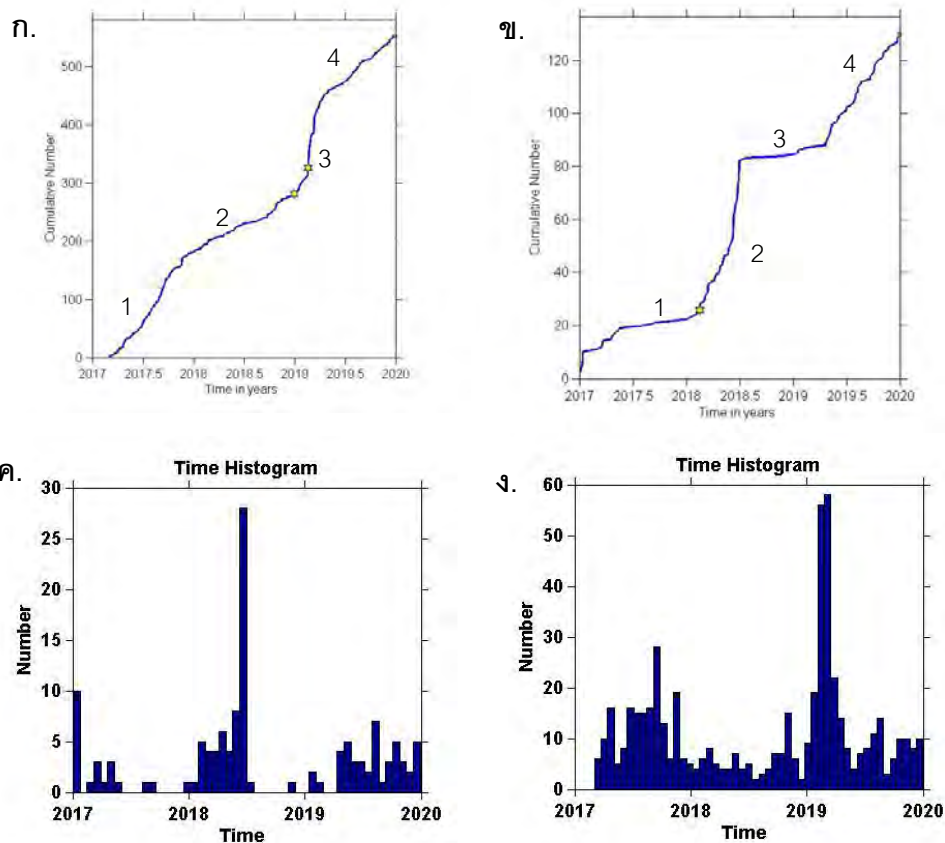
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมในแกนตั้งและขนาดของเหตุการณ์ในแกนนอน ซึ่งอธิบายถึงการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว ด้วยความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter พบว่าการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหวมีความสอดคล้องกันกับเส้นสีแดงซึ่งเป็นเส้นตัวแทนความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter แต่ในช่วงเหตุการณ์ที่มีขนาด 2.0-4.0 มีค่า a เท่ากับ 4.53, ค่า b เท่ากับ 0.588 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b เท่ากับ 0.01 และมีค่า M_c เท่ากับ 2.3

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

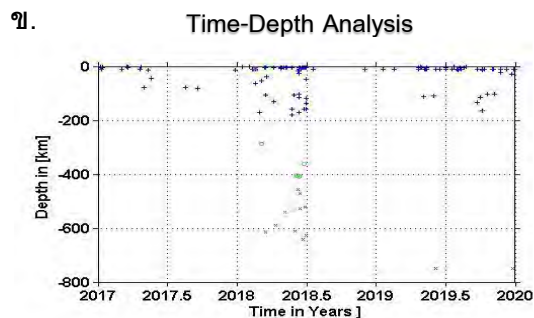
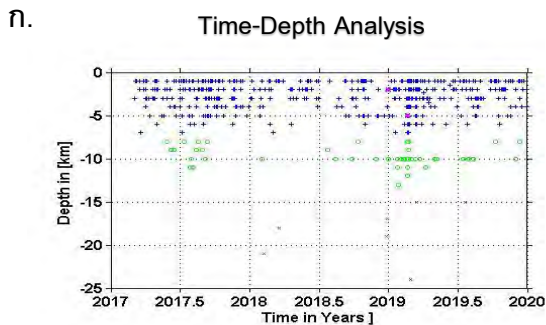
(Discussion and conclusion)

5.1 การเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน



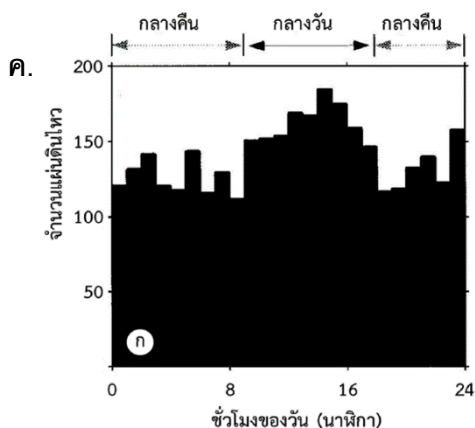
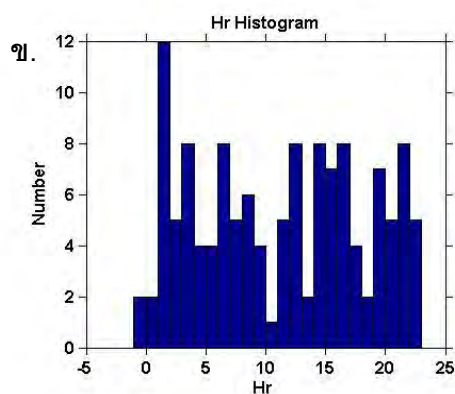
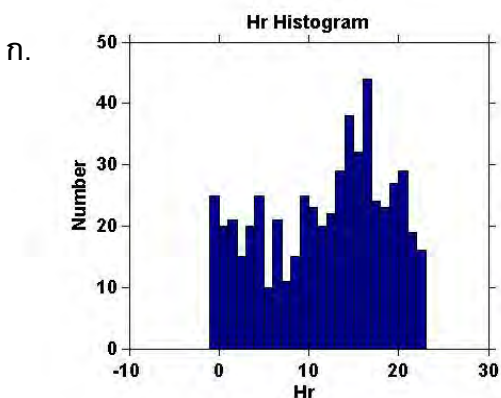
รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบข้อมูลเวลาของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Time series ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง ข. คือรูปแสดง Time series ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน ค. คือรูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ง. คือรูปแสดง Time Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของเหตุการณ์นั้นแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะมีช่วงเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน เห็นได้ชัดจากการแผนภูมิแสดงลำดับการเกิดเหตุการณ์ (Time series) และ แผนภูมิกราฟแท่งของช่วงเวลาของเหตุการณ์ที่มีการเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างไม่มี ความสอดคล้องกัน เช่น ช่วงที่ 1 และ ช่วงที่ 3 ของแผนภูมิแสดงลำดับการเกิดเหตุการณ์ของชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริงมีการเพิ่มจำนวนเหตุการณ์ที่สูง แต่ในชุดข้อมูลของแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนกลับมีอัตราการเพิ่มจำนวนเหตุการณ์ที่น้อยมากหรือไม่เพิ่มขึ้นเลย



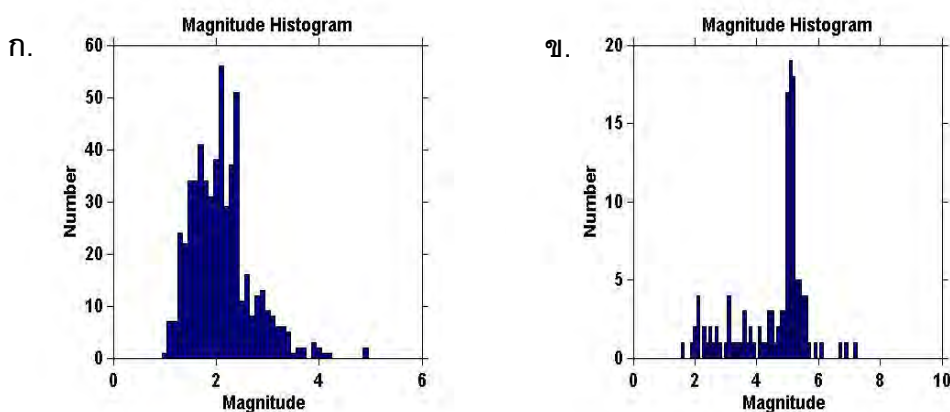
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบข้อมูลความลึกของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Time-Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. คือรูปแสดง Time-Depth Plot ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

ถึงแม้ว่าการกระจายตัวส่วนใหญ่ของเหตุการณ์จะอยู่ในช่วง 0-10 เมตร แต่ความลึกที่มากที่สุดที่สุดของชุดข้อมูลแผ่นดินไหวอยู่ที่ 24 เมตร เท่านั้น แต่ในชุดข้อมูลของชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนนั้น มีการกระจายตัวของความลึกมากกว่า 100 เมตร และมีความลึกถึง 600 เมตร ในหลายเหตุการณ์ และมีความลึกมากที่สุดถึง 760 เมตร



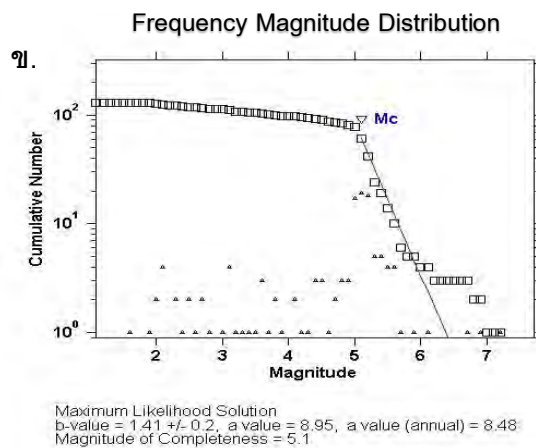
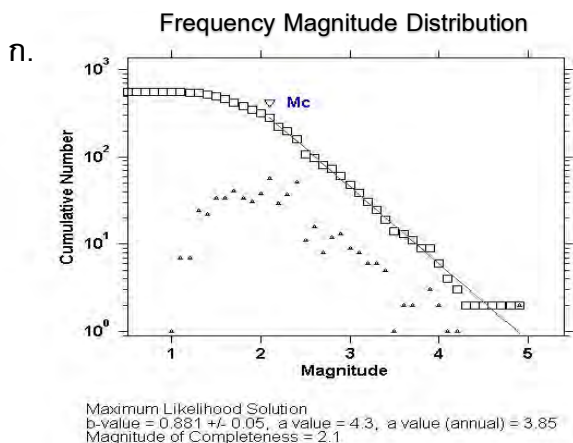
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบข้อมูลชั่วโมงของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล กับข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลประเทศสวีเดนแลนด์ ก. คือรูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง ข. คือรูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน และ ค. คือรูปแสดง Hour Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์จากฐานข้อมูลประเทศสวีเดนแลนด์ (Pailoplee, 2018)

เมื่อเราเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลแผ่นดินไหวจริงและข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนจากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาแล้ว พบว่าลักษณะของข้อมูลไม่ได้มีความสอดคล้องกัน และเมื่อเรานำแต่ละชุดข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาไปเปรียบเทียบกับข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์จากฐานข้อมูลของประเทศสวีเดนแลนด์ ที่จุดยอดของแท่งกราฟในช่วงเวลากลางวันเชื่อมกันโดยมีลักษณะนูนขึ้นเป็นเส้นโค้งในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเกิดจากการกระจายตัวจำนวนแผ่นดินไหวมีมากกว่าเวลากลางคืนอย่างชัดเจน พบว่าลักษณะของกราฟแท่งในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนสามารถเชื่อมต่อกันได้เป็นเส้นตรงในช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนนั้น ไม่ได้มีการปนเปื้อนของแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ แต่ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริงจากกรมอุตุนิยมวิทยา แท่งกราฟสามารถเชื่อมกันเป็นเส้นโค้งนูนขึ้นมาในลักษณะเดียวกันกับชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลประเทศสวีเดนแลนด์ ดังนั้น ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริงจากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาก็มีการปนเปื้อนของข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์



รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบข้อมูลขนาดของเหตุการณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. คือรูปแสดง Magnitude Histogram ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

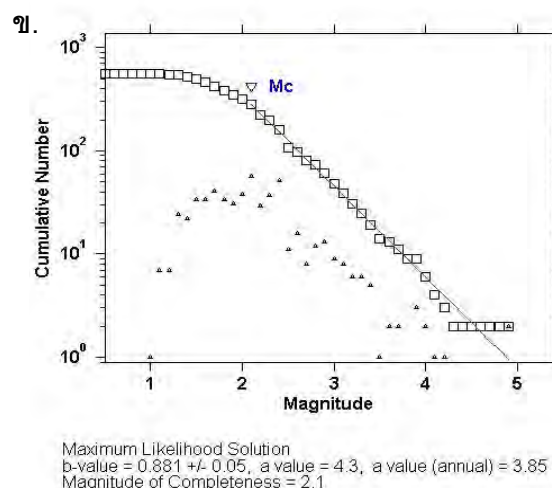
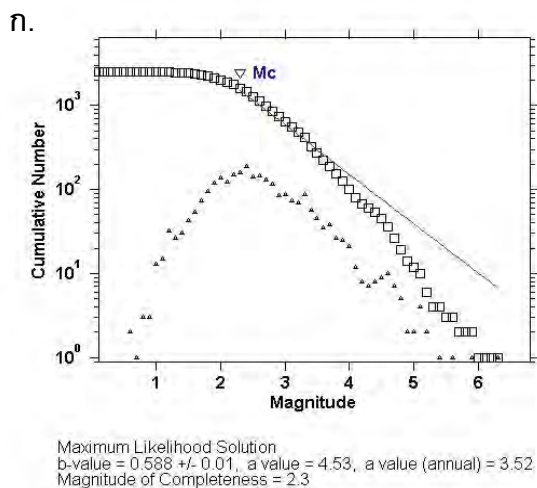
ขนาดของเหตุการณ์ในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริงมีการกระจายตัวอยู่ที่ขนาด 2.0 ถึง 2.5 ในขณะที่ขนาดของเหตุการณ์ในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนนั้นส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 5.0 ถึง 6.5 ซึ่งไม่สอดคล้องกันกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวจริงซึ่งเป็นชุดข้อมูลอ้างอิง



รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้แผนภูมิการกระจายตัวของขนาดและความถี่ของแผ่นดินไหวทั้งสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

จากรูป แผนภูมิการกระจายตัวของเหตุการณ์สะสมในช่วงขนาดต่าง ๆ แสดงด้วยรูปสี่เหลี่ยม และเส้นสีตรงแดงซึ่งเป็นเส้นตัวแทนจากความสัมพันธ์ของ Gutenberg-Richter มีความสอดคล้องแตกต่างกันไป โดยในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดี ตั้งแต่ช่วงขนาด 2.0 ไปจนถึง 5.0 แต่ในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนไม่มีความสอดคล้องกัน สอดคล้องแค่ช่วงขนาดของเหตุการณ์ที่ใหญ่เท่านั้น อีกทั้งค่า a ค่า b และ ค่า M_c ยังมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

5.2 การเปรียบเทียบข้อจำกัดการตรวจวัดแผ่นดินไหว (Magnitude of Completeness Comparison)

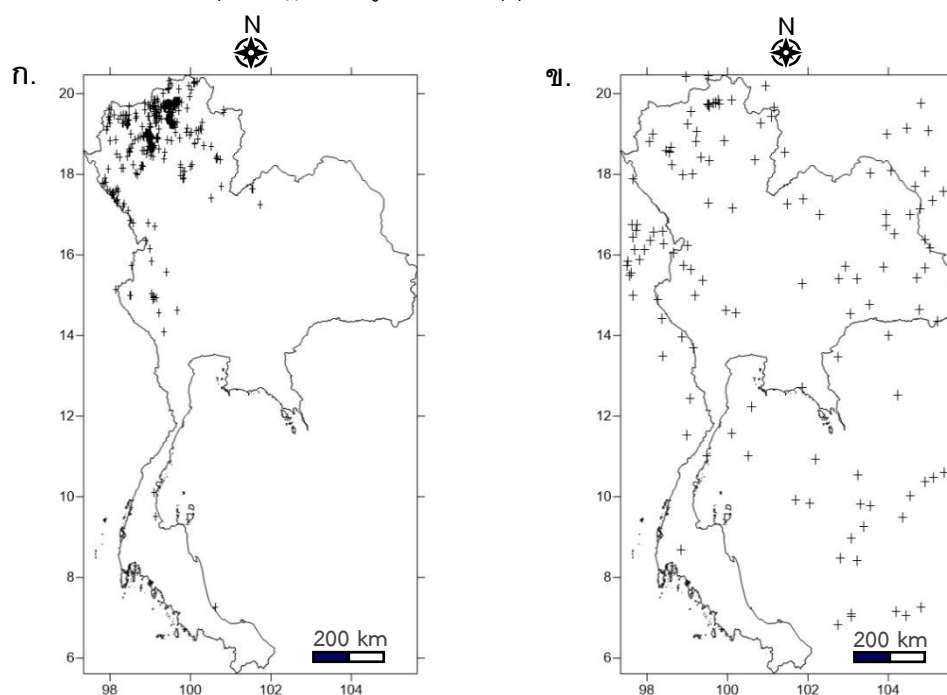


รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้แผนภูมิการกระจายตัวของขนาดและความถี่ของแผ่นดินไหวทั้งสองชุดข้อมูล ก. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution ของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนติดตั้งและพัฒนาระบบ และ ข. คือรูปแสดง Frequency Magnitude Distribution หลังจากการติดตั้งและพัฒนาระบบ

ก่อนติดตั้งและพัฒนาระบบใหม่ แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของขนาดและความถี่ (Frequency Magnitude Distribution) มีความสอดคล้องกันกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter ในแผ่นดินไหวขนาดเล็ก ตรงที่ไม่สอดคล้องกับเส้นตัวแทนสีแดงอาจเกิดจากการสะสมของข้อมูลสัญญาณรบกวนเล็กน้อยทำให้ความชันของเส้นตรงสีแดงเพิ่มขึ้น ตามความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter ค่า M_c ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 2.3 ต่อมาในปี 2017 ที่มีการติดตั้งและพัฒนาระบบใหม่ พบว่าแผนภูมิแสดงการกระจายตัวของขนาดและความถี่ (Frequency Magnitude Distribution) มีความสอดคล้องกันกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter เป็นอย่างดี และมีค่า M_c ที่วิเคราะห์ได้ลดลงจากเดิม 2.3 เหลือ 2.1

5.3 สรุปผลการศึกษา (Conclusion)

จากผลของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้และการเปรียบเทียบลักษณะของข้อมูลทั้งหมดในแต่ละตัวแปรต่าง ๆ พบว่า ในส่วนของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนนั้น ไม่ได้มีลักษณะของข้อมูลที่สอดคล้องกันกับข้อมูลแผ่นดินไหวจริงซึ่งเป็นข้อมูลอ้างอิง อีกทั้งยังไม่ได้มีความสอดคล้องกันกับความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter และไม่มีลักษณะที่สอดคล้องกับข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการปนเปื้อนด้วยกิจกรรมของมนุษย์เช่นเดียวกับข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ดังนั้น การกระจายตัวของแผ่นดินไหวในชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวนจึงเป็นข้อมูลสัญญาณรบกวนและไม่มีการปนเปื้อนของแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจพบการปนเปื้อนของแผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ในฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาได้



รูปที่ 5.7 การกระจายตัวของเหตุการณ์ในประเทศไทย โดย ก. ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวจริง และ ข. ชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความคล้ายสัญญาณรบกวน

นอกจากนี้ การติดตั้งระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวใหม่นั้นทำให้ผลการวิเคราะห์ด้วยความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter มีความสอดคล้องกันมากขึ้น และยังทำให้ค่า M_c ลดลงอีกด้วย ซึ่งค่า M_c ที่ลดลงส่งผลให้ระบบตรวจวัดได้ข้อมูลของแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กที่มากขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในอนาคต จึงสรุปได้ว่า การติดตั้งระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวใหม่ในปี 2017 ทำให้การตรวจวัดแผ่นดินไหวมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่คาดว่าน่าจะเป็นสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการทางสถิติ หลังจากการวิเคราะห์ ทำให้เกิดความมั่นใจในผลของข้อมูลได้ในระดับหนึ่ง แต่หากต้องการความมั่นใจที่มากกว่านี้อาจมีการวิเคราะห์เชิงกายภาพโดยศึกษารูปแบบของคลื่น อาจสุ่มคลื่นในช่วงเวลาที่มีอยู่ในข้อมูล เพื่อนำไปพิจารณาลักษณะของแอมพลิจูด ความถี่ และเฟสของคลื่น จะสร้างความมั่นใจให้กับผลการวิจัยได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์ข้อจำกัดของระบบจากการติดตั้งระบบใหม่ในปี 2017 อาจต้องใช้ข้อมูลที่เยอะกว่าในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากว่าประเทศไทยไม่ได้มีเหตุการณ์แผ่นดินไหวบ่อยครั้ง ทำให้จำนวนข้อมูลสะสมมีไม่มากและทำให้การวิเคราะห์ระบบคลาดเคลื่อนไปได้

เอกสารอ้างอิง

(Reference)

- Habermann, R. E. [1987] "Man-made changes of seismicity rates," Bull. Seismol. Soc. Am. 77, 141–159.
- Mignan, A. and J. Woessner (2012). "Estimating the magnitude of completeness for earthquake catalogs." Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis.
- Pailoplee, S. 2014c. Earthquake Catalogue of the Thailand Meteorological Department-A Commentary. Journal of Earthquake and Tsunami, 8(5): 1471001-1-14.
- Pailoplee, S. (2018). STATISTICAL SEISMOLOGY.
- Rydelek, P. and I. Sacks (1992). "Comment on "Seismicity and Detection/Location Threshold in the Southern Great Basin Seismic Network" by Joan Gomberg." Journal of Geophysical Research 97: 15361-15362.
- Wiemer, S. and K. Katsumata (1999). "Spatial variability of seismicity parameters in aftershock zones." Journal of Geophysical Research 1041: 13135-13152.
- Wiemer, S., and M. Wyss (2000), Minimum magnitude of complete reporting in earthquake catalogs: examples from alaska, the western united states, and japan, Bull. Seismol. Soc. Am., 90, 859{869. 6, 7, 14, 15, 16, 17, 24, 28, 29, 30, 32
- Wyss, M. and S. Wiemer (1997). "Two current seismic quiescences within 40 km of Tokyo." Geophysical Journal International 128(2): 459-473.
- Žalohar, J. (2018). Gutenberg-Richter's Law. The Omega-Theory - A New Physics of Earthquakes: 173-178.
- Zuniga, F.R. and Wiemer, S. 1999. Seismicity Patterns: Are They Always Related to Natural Causes? Pure and applied geophysics, 155: 713-726.

