



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การศึกษาพฤติกรรมของลมในประเทศไทย

โดย

นางสาวมัญญา จงสุตทวีวงศ์
เลขประจำตัวนิต 5832733823

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อและฉบับเต็มของฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นไฟล์ข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การศึกษาพฤติกรรมของลมในประเทศไทย

นางสาวมัญญา จงสุดทวีวงศ์

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561

STUDY OF WIND BEHAVIOR IN THAILAND

MISS MANUNCHAYA CHONGSUTAKAWEWONG

A project submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้อโครงการ

การศึกษาพฤติกรรมของลมในประเทศไทย

โดย

นางสาวมนัญชยา จงสุตทวีวงศ์

สาขาวิชา

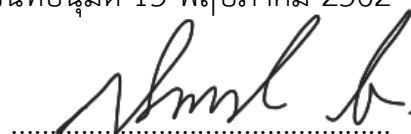
ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง 13 พฤษภาคม 2562

วันที่อนุมัติ 13 พฤษภาคม 2562



อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้)

Project Title STUDY OF WIND BEHAVIOR IN THAILAND
By Miss Manunchaya Chongsutakawewong
Field of Study Geology
Project Advisor Associate Profrrsor Dr. Santi Pailoplee

Submitted date 13 May 2019

Approval date 13 May 2019



.....

Project Advisor

(Associate Professor Dr. Santi Pailoplee)

มนัญชยา จงสุตกรวิวงศ์ : การศึกษาพฤติกรรมของลมในประเทศไทย. (STUDY OF WIND BEHAVIOR IN THAILAND) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี, 65 หน้า.

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมความเร็วและทิศทางของลมในประเทศไทย โดยรวบรวมข้อมูลลมสูงสุดรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่-ขนาด (Frequency-Magnitude distribution relationship) ในการศึกษาความเร็วลมทำให้สามารถแบ่งข้อมูลออกได้เป็น 4 ชุด ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ 0-3 โดยชุดข้อมูลที่สามารถนำไปประเมินต่อได้ คือ ชุดข้อมูลที่ 1 และ 2 ซึ่งสามารถจัดทำเป็นแผนที่ขนาดความเร็วลมมากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วง 5 10 30 และ 50 ปี แผนที่คาบอุบัติซ้ำของลมในช่วงโบฟอร์ตสเกล 0-9 และแผนที่โอกาสการเกิดลมระดับโบฟอร์ตสเกล 8 และ 9 พบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมมากมักเป็นที่ราบและอยู่ใกล้กับชายฝั่ง ได้แก่ บริเวณที่ราบตอนกลางรอบอ่าวรูป ก และบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก ในส่วนของทิศทางลมได้ใช้แผนภูมิทิศทางลม (wind rose) ในการศึกษา โดยได้จัดทำแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละเดือนเพื่อศึกษาฤดูกาลของลม พบว่าทิศทางลมในไทยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วงหลัก ได้แก่ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนลมจะพัดมาจากทิศใต้ ช่วงเดือนเมษายนถึงตุลาคมลมจะพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ลมจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นผลมาจากลมทะเลภาค ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ ในการศึกษาเชิงพื้นที่ ได้แบ่งประเทศไทยออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก พบว่าทิศทางของลมในไทย พบว่าลมในภาคเหนือและภาคกลางมีทิศทางจากทางใต้เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากลมพัดเข้าไทยทางตอนล่างของภาคกลางและการที่เทือกเขาในภาคเหนือวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เป็นตัวบังคับทิศทางลม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตกลมจะพัดอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุม และภาคใต้ฝั่งตะวันตกลมพัดมาจากทิศตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากอยู่ติดทะเลอันดามันและอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร

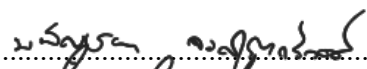

ภาควิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อนิสิต..... มนัญชยา จงสุตกรวิวงศ์
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก..... สันติ ภัยหลบลี
ปีการศึกษา	2561	

5732757823 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : VELOCITIES / DIRECTION / FREQUENCY-MAGNITUDE DISTRIBUTION

MANUNCHAYA CHONGSUTAKAWEWONG : THE STUDY OF WIND BEHAVIOR IN THAILAND. ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR DR. SANTI PAILOPLEE, Ph.D., 65 pp.

The objective of this project is to study wind velocity and wind direction in Thailand. The utilized database is based on Thai Meteorological Department (TMD). The data is analyzed based on frequency-velocity distribution and is divided into 4 datasets which are dataset 0 to dataset 3. The data used for further analysis are dataset 1 and 2 which can be evaluated in terms of 1) maximum size within, 2) return period, 3) probability of occurrence. The results show that areas of high velocity are mostly plain areas and small distances to the sea which include central plain and the west coast of southern Thailand. The wind direction is analyzed by wind rose. In terms of time variation, wind roses are created for each month and are divided into 3 main periods: 1) February to April, dominated by trade wind; 2) April to October, dominated by southwest monsoon; 3) October to February, dominated by northeast monsoon. In terms of spatial variation, wind roses are created for each region of Thailand: northern, central, northeastern, eastern, east coast of southern, and west coast of southern Thailand. The wind in the north and central has a main direction from the south because of sea breeze and the N-S trending mountain. The wind in the east, northeast, and east coast of the south has a main direction trending in NE-SW direction because of the monsoon. The wind in the west coast of the south has a main direction from the west since it is closer to the equator than other regions.

Department	Geology	Student's Signature..... 
Field of Study	Geology	Advisor's Signature..... 
Academic Year	2018	

กิตติกรรมประกาศ (ACKNOWLEDGEMENTS)

โครงการวิจัยนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงหากขาดบุคคลดังต่อไปนี้
ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และทำ
ให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทยที่เอื้อเฟื้อข้อมูลความเร็วและทิศทางของลมในประเทศไทย ทำให้โครงการวิจัยนี้เกิดขึ้นมาได้

ขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาคทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการโครงการวิจัย ทำให้โครงการวิจัยมีความสมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้น รวมไปถึงขอบคุณที่ได้ให้ความรู้ทางด้านธรณีวิทยา มีความเป็นนักวิทยาศาสตร์และนักธรณีวิทยาที่ดี

ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ผ่านมาและทำให้สามารถทำงานไปได้อย่างราบรื่น

นางสาวมนัญชยา จงสุตทวีวงศ์

ผู้จัดทำ

สารบัญ (CONTENT)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ABSTRACT)	ง
กิตติกรรมประกาศ (ACKNOWLEDGEMENT)	จ
สารบัญ (CONTENT)	ฉ
สารบัญรูปภาพ (FIGURE CONTENT)	ช
สารบัญตาราง (TABLE CONTENT)	ฎ
สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)	ฏ
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
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง (THEORY AND LITERTURE REVIEW)	3
2.1. ทฤษฎี (Theory)	3
2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)	6
2.3. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)	9
บทที่ 3 ผลการศึกษา (RESULT)	11
3.1. ข้อมูลลม (Wind database)	11
3.2. การจัดรูปแบบข้อมูล (Data Organizing)	12
3.3. รูปแบบการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลม (Frequency-velocity Distrivution Model)	14
3.4. การประเมินค่า b และค่า a โดยรวย (Analysis of a Value and b Value)	15
3.5. การประเมินค่า b ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b เปอร์เซนต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาด ละค่า a เซึ่งพื้นที่ (Analysis b Value, Standard Deviation of b Value, Goodness Fit of Frequency-velocity Distrbuton and a Value in Spaicail)	19
3.6. การประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุด (Maximum velocity)	32
3.7. การประเมินคาบอุบัติซ้ำ (Return Period)	40

3.8. การประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลม (Probability of Occurrence)	50
3.9. แผนภูมิทิศทางลม (Wind rose)	53
บทที่ 4 อภิปรายผล (DISSCUSSION)	57
4.1. การประเมินการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมโดยรวม (Analysis of a Value and b Value)	57
4.2. การประเมินการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมเชิงพื้นที่ (Analysis of a Value and b Value in Spatiial)	57
4.3. การประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุด (Maximum velocity)	58
4.4. การประเมินคาบอุบัติซ้ำ (Returnn Period)	59
4.5. การประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลม (Probability od Occurrence)	59
4.6. แผนภูมิทิศทางลม (Wind rose)	59
4.7. ความเร็วและทิศทางลม (Wind Velocity and Wind Direction)	60
บทที่ 5 สรุปผล (CONCLUSION)	62
5.1. การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมโดยรวม (a Value and b Value)	62
5.2. การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมเชิงพื้นที่ (a Value and b Value in Spatiial)	62
5.3. ขนาดความเร็วลมสูงสุด (Maximum velocity)	62
5.4. คาบอุบัติซ้ำ (Returnn Period)	62
5.5. โอกาสในการเกิดความเร็วลม (Probability od Occurrence)	62
5.6. แผนภูมิทิศทางลม (Wind rose)	63
5.7. ความเร็วและทิศทางลม (Wind Velocity and Wind Direction)	63
เอกสารอ้างอิง (REFERENCES)	64

สารบัญรูปลูกภาพ

(FIGURE CONTENT)

	หน้า
รูป 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์การกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหว วิเคราะห์จากข้อมูลแผ่นดินไหวในแหล่งกำเนิดสำคัญในภูมิภาคอาเซียน (Pailoplee and Choowong, 2013)	6
รูป 2.2 การกระจายตัวเชิงขนาดและความถี่ของเนินดินที่เกิดจากหิมะถล่มบริเวณเขาโยเตติ (Yotei) ประเทศญี่ปุ่น (Yoshida, 2015)	7
รูป 2.3 แผนที่ความเร็วลมพื้นฐานที่คาบการกลับ 50 ปี (อดีตวัน, 2546)	8
รูป 2.4 แผนที่แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	10
รูป 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดลมของกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย 129 สถานี	11
รูป 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม	14
รูป 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม ของชุดข้อมูลที่ 0	15
รูป 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม ของชุดข้อมูลที่ 1	16
รูป 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม ของชุดข้อมูลที่ 2	17
รูป 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม ของชุดข้อมูลที่ 3	18
รูป 3.7 แผนที่ประเทศไทยแสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดลมของข้อมูลชุดที่ 3	19
รูป 3.8 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า b และจำนวนค่า b ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1	20
รูป 3.9 แผนที่แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 1	21
รูป 3.10 กราฟฮิสโตแกรมแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1	22
รูป 3.11 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 1	22

- รูป 3.12 กราฟฮิสโตแกรมแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และ
ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ และจำนวน
เปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทาง
คณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์
เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1 23
- รูป 3.13 แผนที่ประเทศไทยแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และ
ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ ของข้อมูลชุดที่ 1 24
- รูป 3.14 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า a และจำนวนค่า a ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิง
ความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1 25
- รูป 3.15 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่า a ของข้อมูลชุดที่ 1 25
- รูป 3.16 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า b และจำนวนค่า b ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์
เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 2 26
- รูปที่ 3.17 แผนที่แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 2 27
- รูป 3.18 กราฟฮิสโตแกรมแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ได้
จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 2 28
- รูป 3.19 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b ของ
ข้อมูลชุดที่ 2 28
- รูป 3.20 กราฟฮิสโตแกรมแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และ
ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ และจำนวน
เปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทาง
คณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์
เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 2 29
- รูป 3.21 แผนที่ประเทศไทยแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และ
ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ ของข้อมูลชุดที่ 2 30
- รูป 3.22 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า a และจำนวนค่า a ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิง
ความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1 31
- รูป 3.23 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่า a ของข้อมูลชุดที่ 2 31
- รูป 3.24 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย
เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 5 ปี ของข้อมูลชุดที่ 1 32
- รูป 3.25 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย
เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 10 ปี ของข้อมูลชุดที่ 1 33

- รูป 3.42 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลม (หน่วย %) 50
 โบฟอร์ตสเกลระดับ 7 ในอีก 50 ปี
- รูป 3.43 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลม (หน่วย %) 51
 โบฟอร์ตสเกลระดับ 8 ในอีก 50 ปี
- รูป 3.44 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลม (หน่วย %) 52
 โบฟอร์ตสเกลระดับ 9 ในอีก 50 ปี
- รูป 3.45 แผนภูมิทิศทางลมในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน 54
 พฤษภาคม และมิถุนายน
- รูป 3.46 แผนภูมิทิศทางลมในประเทศไทยตั้งแต่เดือนกรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม 55
 พฤศจิกายน และธันวาคม
- รูป 3.47 แผนที่ประเทศไทยแสดงแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาค 56
 กลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่ง
 ตะวันตก
- รูป 4.1 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิด 61
 ได้ในรอบ 50 ปี ซ้อนทับกับลักษณะภูมิประเทศ และแสดงแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละ
 ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก
 ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก

สารบัญตาราง
(TABLE CONTENT)

	หน้า
ตาราง 2.1 มาตราโบฟอร์ต (ดัดแปลงมาจาก ศิริวรรณ, 2018)	5
ตาราง 3.1 แสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบข้อมูลความเร็วลมเพื่อนำไปวิเคราะห์	12
ตาราง 3.2 แสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบข้อมูลทิศทางลมเพื่อนำไปวิเคราะห์	13

สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)

	หน้า
สมการ 2.1. สมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (Frequency-magnitude distribution) (Ishimoto and Iida, 1939 and Gutenberg and Richter, 1944)	3
สมการ 2.2. สมการประเมินพฤติกรรมการเกิดความเร็วลมสูงสุด (Yadav et al., 2011)	3
สมการ 2.3. สมการประเมินคาบอุบัติซ้ำ (Yadav et al., 2011)	4
สมการ 2.4. สมการประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลม (Yadav et al., 2011)	4

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญ (Theme and Background)

ลมเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีทั้งประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ เช่นในทางวิศวกรรม ลมมีความสำคัญต่อการพิจารณาการออกแบบโครงสร้างของอาคารต่างๆ โดยเฉพาะอาคารสูง เพราะสามารถทำให้เกิดพบัติภัยและเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ ในประเทศไทยเองก็มีพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ที่มีข้อกำหนดให้คำนึงถึงแรงลมในการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่ความสูงต่างๆ โดยแรงลมทำให้เกิดน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลมหรือความดันเนื่องจากลม เป็นน้ำหนักที่ลมกระทำต่ออาคารในแนวราบ ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพและความปลอดภัยของอาคาร (อติวัฒน์, 2546) ตัวอย่างอาคารที่มีการออกแบบเพื่อป้องกันภัยพิบัติจากลมคืออาคารไทเป101 ที่มีการสร้างลูกตุ้มแดมเปอร์ เพื่อช่วงล่างน้ำหนักของอาคารที่ต้องปะทะกับลมแรง รวมไปถึงช่วยบรรเทาภัยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว (Poon et al., 2004)

ในส่วนของลมที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์คือการเป็นพลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน (มานพและเกียรติฟ้า, 2556) ซึ่งในปัจจุบันกำลังได้รับความสนใจจากหลายประเทศทั่วโลกโดยเฉพาะในสหภาพยุโรป ที่ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2005-2017 (WindEurope Business Intelligence, 2018) ประเทศไทยก็ได้ให้ความสำคัญกับพลังงานลมเช่นกัน โดยมีนโยบายการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนและพลังงานสะอาด และได้สนับสนุนพลังงานลมด้วยการปรับราคารับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลมขึ้นเป็น 6.06 บาทต่อหน่วย (บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ลิ่ง จำกัด, 2558) เพื่อให้สอดคล้องกับราคาต้นทุนที่สูงและเพื่อดึงดูดผู้ประกอบการให้เข้ามาพัฒนาพลังงานลมในประเทศไทย

เนื่องจากความเร็วและทิศทางของลมได้รับผลกระทบจากการลักษณะของพื้นผิวโลก (อติวัฒน์, 2546) เช่น ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศ โดยบริเวณชายฝั่งหรือทะเลสาบและภูเขาสลับซับซ้อน มักเป็นพื้นที่ที่มีลมแรงกว่าบริเวณทั่วไป และลักษณะสิ่งกีดขวางทางลม เช่น ต้นไม้หรือ อาคารต่างๆ ก็ส่งผลต่อความเร็วและทิศทางของลมเช่นกัน ความเร็วและทิศทางของลมจึงเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการใช้งานพื้นที่ โดยเฉพาะในบริเวณที่การพัฒนาของอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการขยายตัวของตัวเมือง จึงควรมีการศึกษาความเร็วและทิศทางของลมให้มีข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบโครงสร้างอาคารเนื่องจากความเร็วลมมีข้อมูลที่ทันสมัย ส่งผลต่อต้นทุนและความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารที่เหมาะสม รวมไปถึง

สามารถนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลเก่าเพื่อปรับปรุงประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2. วัตถุประสงค์ (Objective)

เพื่อศึกษาความเร็วและทิศทางของลมในประเทศไทย และจัดทำแผนที่ความเร็วลมและแผนภูมิทิศทางลม (Wind rose) ในประเทศไทย

1.3. พื้นที่ศึกษา (Study Area)

ประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ 513,120 ตารางกิโลเมตร มีตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออกถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก

1.4. ขอบเขตการศึกษา (Space of Study)

ศึกษาพฤติกรรมความเร็วและทิศทางของลมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมสูงสุดรายวัน ตั้งแต่ปี 2008-2017 จากกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย และศึกษาความเร็วลมด้วยวิธีหาความสัมพันธ์ของความถี่และขนาดความเร็วลม เพื่อประเมิน 1) ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ 2) คาบอุบัติซ้ำของความเร็วลม 3) โอกาสในการเกิดลมขนาดต่างๆในช่วงเวลาที่พิจารณา และศึกษาทิศทางลมด้วยแผนภูมิทิศทางลมในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

(THEORY AND LITERATURE REVIEW)

2.1. ทฤษฎี (Theory)

2.1.1. การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์ (Frequency-magnitude distribution or FMD)

ในการศึกษาความเร็วลมได้นำสมการความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์ ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ โดยมีหลักการคือเหตุการณ์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความถี่ในการเกิดน้อยกว่าเหตุการณ์ขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสมการที่นิยมนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหว และมีชื่อเรียกว่า สมการกูเตินเบิร์ก-ริกเตอร์ (Gutenberg-Richter relationship) โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบสมการเชิงเส้นตรงดังสมการ 2.1 ซึ่งถูกเสนอโดย Ishimoto and Iida (1939) และ Gutenberg and Richter (1944)

$$\text{Log}_{10}N_M = a - bM \quad (\text{สมการ 2.1})$$

กำหนดให้	N_M	คือ อัตราการเกิดเหตุการณ์สะสมขนาดใหญ่กว่า M
	a และ b	คือ ค่าคงที่
	M	คือ ขนาดของเหตุการณ์

โดยค่า a หรือจุดตัดแกน Y ของสมการ หมายถึงอัตราการเกิดเหตุการณ์โดยรวมจากทุกขนาด และค่า b หรือความชันของกราฟ คือสัดส่วนของเหตุการณ์ขนาดใหญ่กว่าต่อเหตุการณ์ขนาดเล็กกว่า ดังนั้นบริเวณที่มีค่า b ต่ำจะสามารถบอกได้เบื้องต้นว่ามีโอกาสเกิดเหตุการณ์ขนาดใหญ่มากกว่าบริเวณที่มีค่า b สูง

2.1.2. ขนาดเหตุการณ์ที่ใหญ่ที่สุด (Maximum Magnitude)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ด้วยสมการความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์จะได้ค่า a และ b ออกมา โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสมการของ Yadav et al. (2011) เพื่อประเมินขนาดเหตุการณ์ที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลาที่พิจารณาดังสมการ 2.2

$$U_t = (\ln \alpha t) / \beta \quad (\text{สมการ 2.2})$$

กำหนดให้	U_t	คือ ขนาดของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา t
	t	คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา
	α	$= e^{aln^{10}}$
	β	$= b^{ln^{10}}$

2.1.3. คาบอุบัติซ้ำของเหตุการณ์ (Return Period)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ด้วยสมการความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์จะได้ค่า a และ b ออกมา โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสมการของ Yadav et al. (2011) เพื่อประเมินคาบอุบัติซ้ำของเหตุการณ์แต่ละขนาดดังสมการ 2.3

$$T_M = e^{\beta M} / \alpha \quad (\text{สมการ 2.3})$$

กำหนดให้	T_M	คือ คาบอุบัติซ้ำของเหตุการณ์ขนาด M
	M	คือ ขนาดของเหตุการณ์
	α	$= e^{aln^{10}}$
	β	$= b^{ln^{10}}$

2.1.4 โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability of occurrence)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์ด้วยสมการความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์จะได้ค่า a และ b ออกมา โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสมการของ Yadav et al. (2011) เพื่อประเมินโอกาสในการเกิดเหตุการณ์แต่ละขนาด (%) ในช่วงเวลาที่พิจารณาดังสมการ 2.4

$$P_T = 1 - e^{-\alpha T e^{\beta M}} \quad (\text{สมการ 2.4})$$

กำหนดให้	P_T	คือ โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ขนาด M ในช่วงเวลา T
	M	คือ ขนาดของเหตุการณ์
	T	คือ เวลาที่พิจารณา
	α	$= e^{aln^{10}}$
	β	$= b^{ln^{10}}$

2.1.5. มาตราโบฟอร์ต (Beaufort Scale)

เป็นมาตราที่ใช้ในการแบ่งระดับความเร็วลม โดยพลเรือเอก เซอร์ ฟรานซิส โบฟอร์ต (Admiral Sir Francis Beaufort) แห่งราชนาวิกอังกฤษได้พัฒนาขึ้นเพื่อคาดคะเนความเร็วลม ใช้สำหรับเดินเรือใบ ซึ่งปัจจุบันมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งลมเหนือผิวน้ำและลมเหนือผิวดิน ซึ่งการแบ่งระดับความเร็วลมตามมาตราโบฟอร์ตสเกลเป็นดังตาราง 2.1

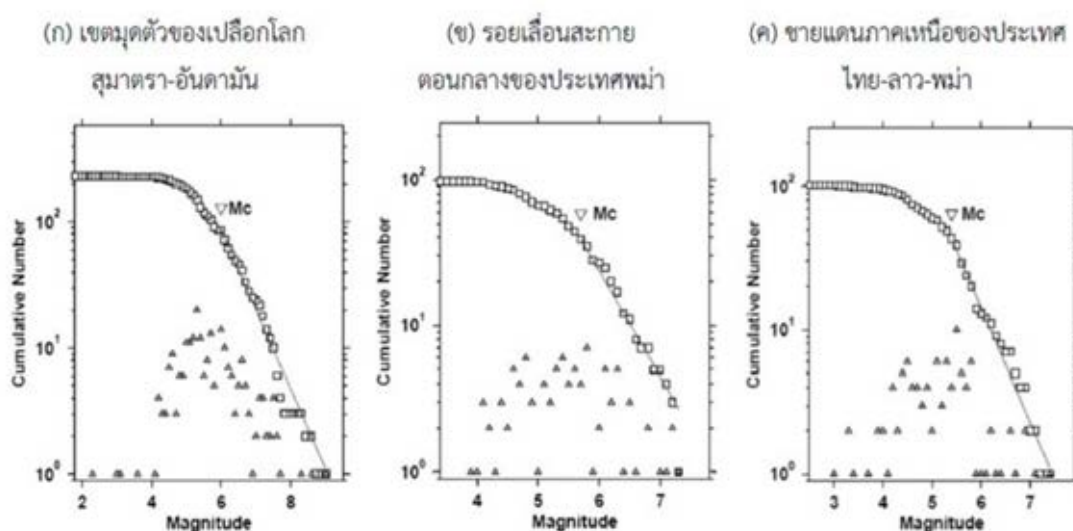
ตาราง 2.1 มาตราโบฟอร์ต (ดัดแปลงจาก ศิริวรรณ, 2018)

มาตราโบฟอร์ต และ คำอธิบาย		อัตราความเร็วลม เทียบเท่ามาตรฐานที่ ความสูง 10 เมตรเหนือ พื้นดิน (เมตรต่อวินาที)	คุณสมบัติสำหรับการประมาณการ ความเร็วลมเหนือพื้นดิน
0	ลมสงบ	0-0.2	ลมสงบคลื่นลอยตั้งขึ้นตรง
1	ลมเบา	0.3-1.5	ทิศทางลมมองเห็นได้โดยคลื่นที่ลอยขึ้น
2	ลมอ่อน	1.6-3.3	รู้สึกมีลมปะทะใบหน้าตยคลื่นที่ลอยขึ้น
3	ลมเฉื่อย	3.4-5.4	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา
4	ลมปานกลาง	5.5-7.9	ฝุ่นฟุ้ง กระจดาขปลิว กิ่งไม้เล็ก ๆ โยก
5	ลมกระโชก	8.0-10.7	ต้นไม้อเล็ก ๆ เริ่มโยก ผิวน้ำเกิดระลอกคลื่นเล็กๆ
6	ลมแรง	10.8-13.8	กิ่งไม้ใหญ่โยก ไม่ควรกางร่มจะทำให้ต้านลม
7	พายุปานกลาง	13.9-17.1	ต้นไม้อโยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8	พายุกระโชก	17.2-20.7	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก
9	พายุแรง	20.8-24.4	เป็ยงโครงสร้าง เกิดความเสียหาย
10	พายุจัด	24.5-28.4	ต้นไม้หักโค่น สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11	พายุรุนแรง	28.4-32.6	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12-17	พายุเฮอริเคน	32.6-60.7	สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก

2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

2.2.1. Pailoplee and Choowong (2013)

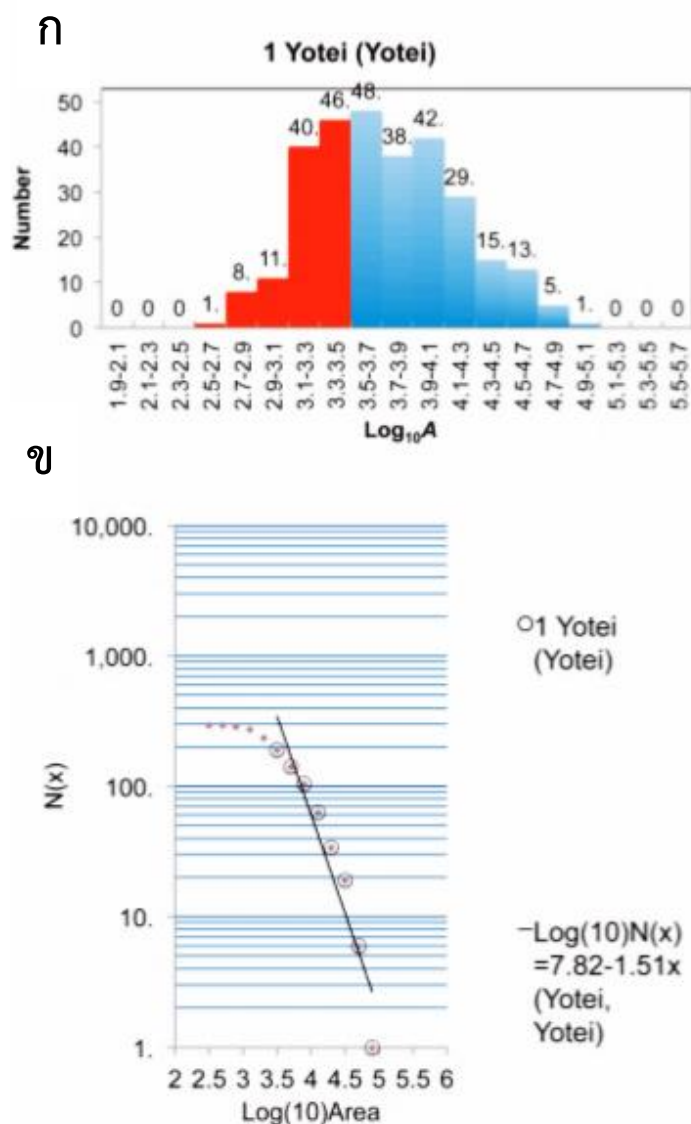
ได้ทำการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวในแหล่งกำเนิดที่สำคัญในภูมิภาคอาเซียน โดยได้จำแนกข้อมูลแผ่นดินไหวในเชิงพื้นที่ตามเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ และสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดแผ่นดินไหว ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 2.1 ซึ่งบ่งชี้ว่าข้อมูลแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ สอดคล้องกับความสัมพันธ์ FMD และสามารถวิเคราะห์ค่า a และค่า b จากส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟแสดงการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดของแผ่นดินไหว (รูป 2.1) โดยในทางแผ่นดินไหววิทยา ค่า a ซึ่งเป็นจุดตัดแกน Y ของสมการความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดแผ่นดินไหว คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมจากทุกขนาดแผ่นดินไหว ส่วนค่า b ซึ่งเป็นความชันของสมการความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดแผ่นดินไหว คือ สัดส่วนของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่าต่อแผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า



รูป 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์การกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหว วิเคราะห์จากข้อมูลแผ่นดินไหวในแหล่งกำเนิดสำคัญในภูมิภาคอาเซียน สามเหลี่ยม คือ จำนวนแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด M สี่เหลี่ยม คือ จำนวนแผ่นดินไหวสะสมของแผ่นดินไหวขนาด $\geq M$ เส้นตรง คือ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ประเมินจากจำนวนแผ่นดินไหวสะสม

2.2.2. Yoshida (2015)

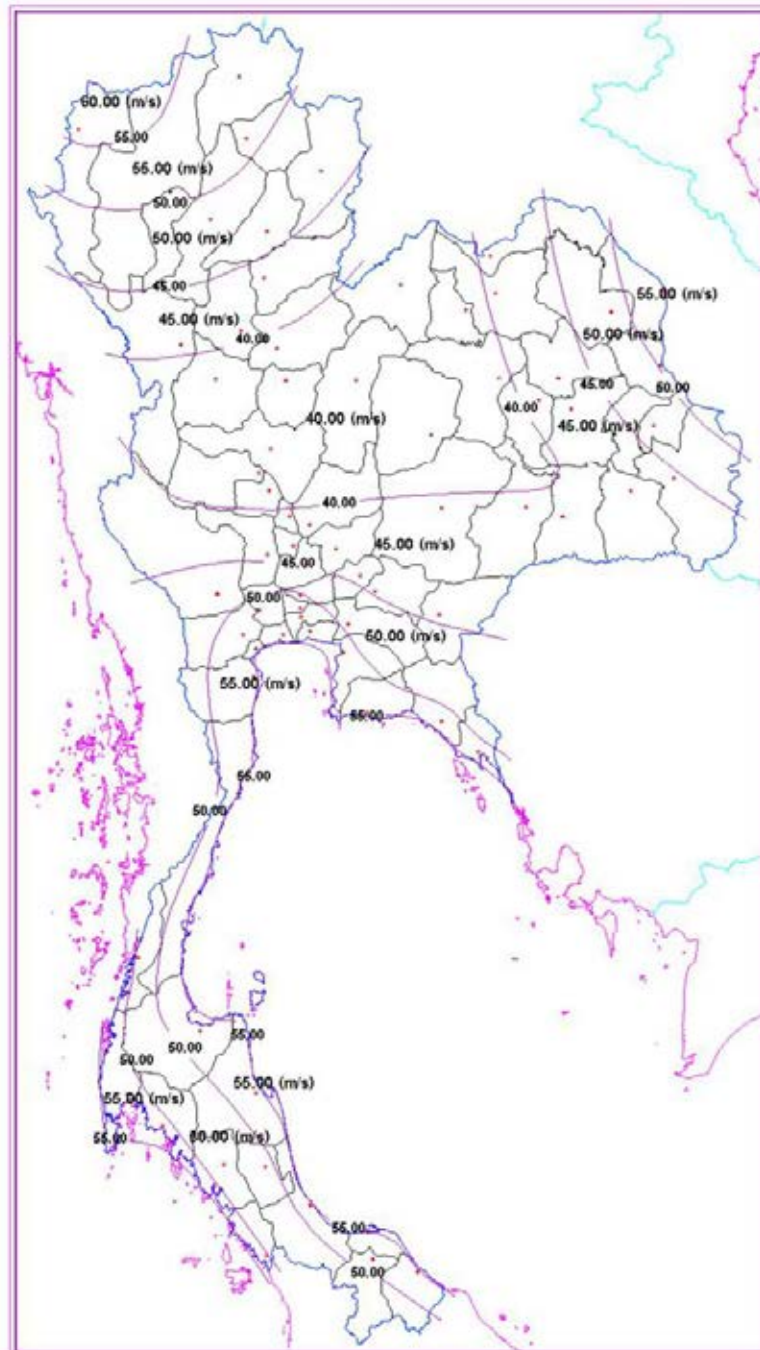
ได้ทำการศึกษาเนินดินรูปโคน (Hummock) ซึ่งเป็นเศษหินที่เกิดจากหิมะถล่ม (avalanche) ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อภัยพิบัติสูงซึ่งมักเป็นบริเวณเชิงเขา โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและความถี่ (Magnitude-frequency Distribution) ของการเกิดเนินดินดังรูป 2.2 จากการศึกษาเนินดิน 17 เนินในประเทศญี่ปุ่นและฟิลิปปินส์พบว่าโดยทั่วไปแล้วเมื่อขนาดของเนินใหญ่ขึ้นจะมีความถี่หรือจำนวนน้อยลงซึ่งเป็นไปตามสมการกูดแมนเบิร์ก-ริกเตอร์ที่มีการใช้ในทางแผ่นดินไหว ซึ่งสมการนี้มักถูกนำมาใช้ในการศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานทั่วไป



รูป 2.2 การกระจายตัวเชิงขนาดและความถี่ของเนินดินที่เกิดจากหิมะถล่มบริเวณเขาโยเตติ (Yotei) ประเทศญี่ปุ่น (ก) กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) แสดงขนาดและความถี่ของการเกิดเนินดิน (ข) การวิเคราะห์สมการเส้นตรงของสมการ (Yoshida, 2015)

2.2.3. อติวัฒน์ (2546)

ได้ศึกษาความเร็วลมในประเทศไทยเพื่อพัฒนาแผนที่ความเร็วลมที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคารสำหรับประเทศไทย โดยหาค่าความเร็วลมสูงสุดที่คาบการกลับต่างๆด้วยแบบจำลองทางสถิติ Extreme Value Distribution ซึ่งได้ผลเป็นความเร็วลมพื้นฐานสำหรับประเทศไทยระหว่าง 40-55 เมตรต่อวินาที ดังรูป 2.3 และได้นำไปเปรียบเทียบกับพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522



รูป 2.3 แผนที่ความเร็วลมพื้นฐานที่คาบการกลับ 50 ปี (อติวัฒน์, 2546)

2.3. ระเบียบการวิจัย (Methodology)

2.3.1. รวบรวมข้อมูล (Collection data)

ทำการรวบรวมข้อมูลความเร็วและทิศทางลมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย ซึ่งมีสถานีวัดลมอยู่ทั้งหมด 129 สถานี

2.3.2. เตรียมข้อมูล (Preparing data)

นำข้อมูลที่ได้มาจัดรูปแบบให้เหมาะสมและง่ายต่อการศึกษาในขั้นต่อไป และปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความต่อเนื่อง

2.3.3. วิเคราะห์ความเร็วลม (Velocity analysis)

นำข้อมูลความเร็วลมมาวิเคราะห์โดยใช้สมการความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์ และทำการแบ่งชุดข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความใกล้เคียงกับทฤษฎีมากที่สุดเพื่อหาค่า a และค่า b จากความสัมพันธ์ของแต่ละชุดข้อมูล

2.3.4. การประยุกต์ใช้ (Application)

นำค่า a และค่า b จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์ มาวิเคราะห์หา

- 1) ขนาดความเร็วลมมากที่สุดที่มีโอกาสเกิดในช่วงเวลาที่พิจารณา
- 2) คาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมขนาดต่างๆ
- 3) โอกาสในการเกิดความเร็วลมในช่วงเวลาที่เรากำลังพิจารณา

2.3.5. จัดทำแผนที่ (Mapping)

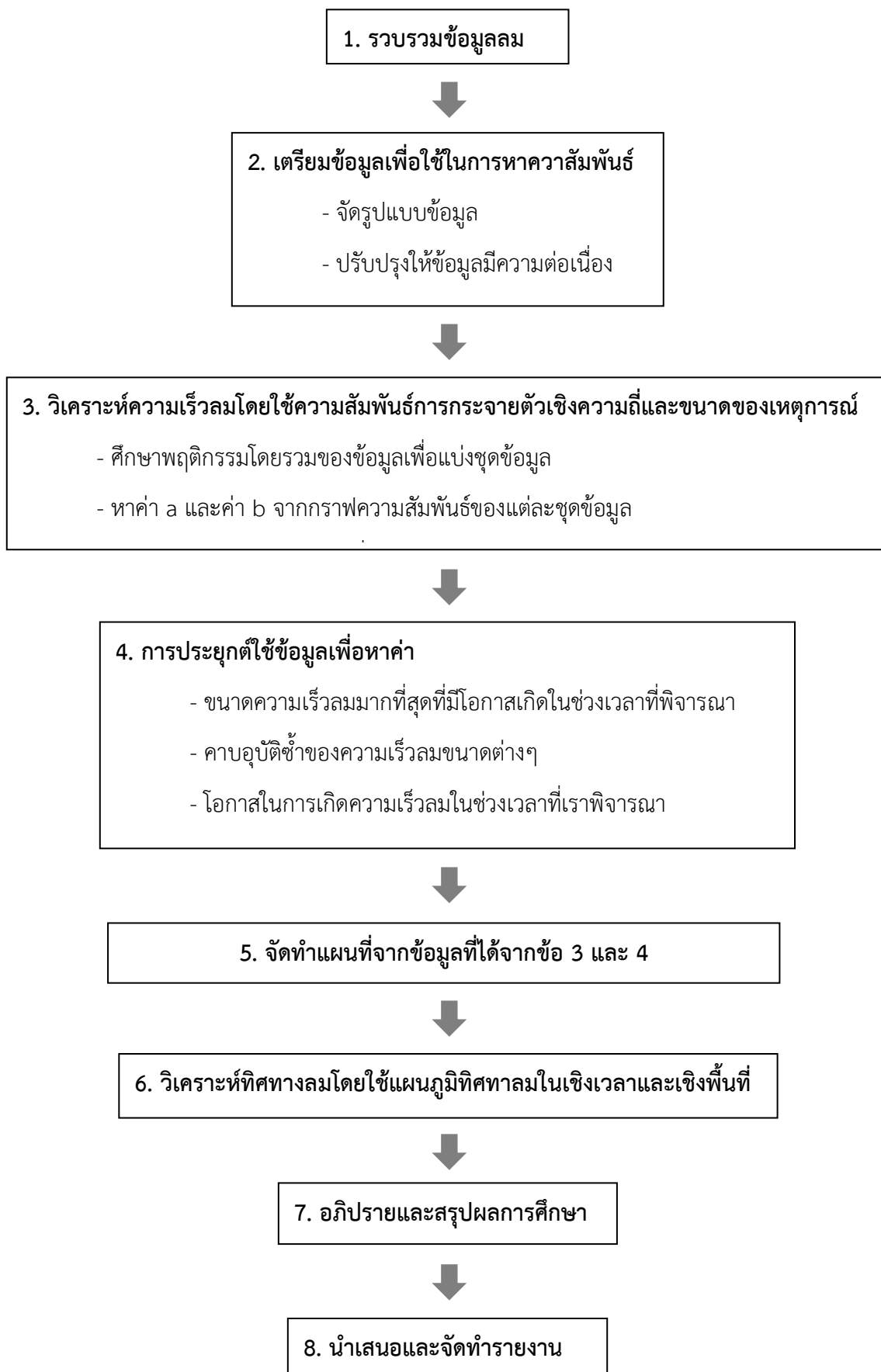
นำค่าที่วิเคราะห์ได้จากข้อ 2.3.3. และ 2.3.4. มาจัดทำแผนที่ เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของข้อมูลที่ได้

2.3.6. วิเคราะห์ทิศทางลม (Direction analysis)

นำข้อมูลทิศทางลมมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิทิศทางลม โดยศึกษาในเชิงเวลาด้วยการสร้างแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละเดือน และในเชิงพื้นที่ด้วยการสร้างแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

2.3.7. อภิปรายผลและสรุป (Discussion and conclusion)

ทำการสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 2.3.5. และ 2.3.6 จากนั้นทำการอภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา



รูป 2.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

บทที่ 3

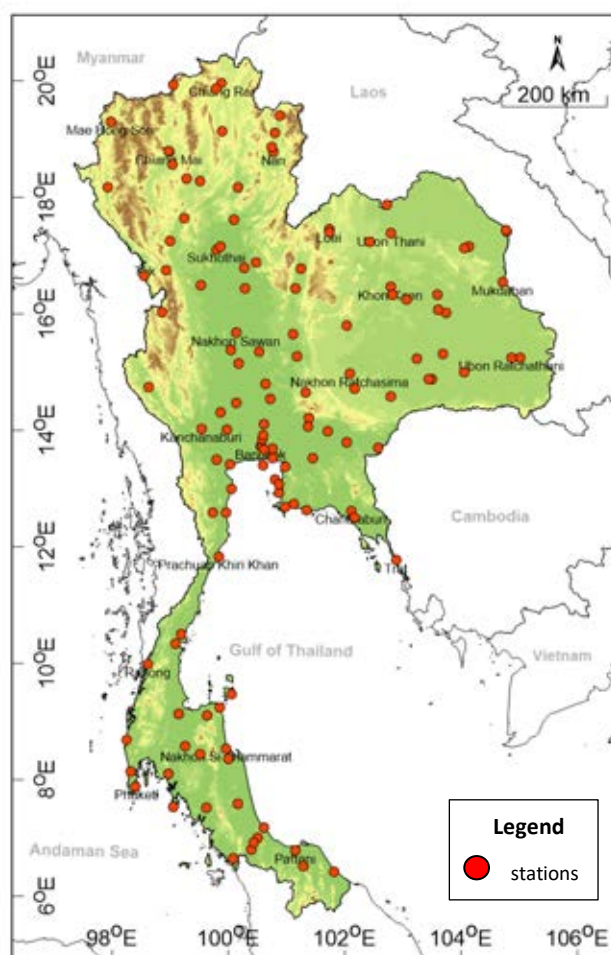
ผลการศึกษา

(RESULT)

3.1. ข้อมูลลม (Wind Database)

ในการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลลมจากกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทยซึ่งมีสถานีวันลมกระจายอยู่ทั่วประเทศ 129 สถานี (รูป 3.1) และใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2008-2017 โดยข้อมูลที่ใช้ได้แก่

- 1) ข้อมูลความเร็วลมสูงสุดรายวัน โดยข้อมูลประกอบด้วย รหัสและชื่อสถานี เดือน ปี วัน ความเร็วลมสูงสุดของลมในแต่วัน (น็อต) และความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละเดือน
- 2) ข้อมูลทิศทางลมสูงสุดรายวัน โดยข้อมูลประกอบด้วย รหัสและชื่อสถานี เดือน ปี วัน ทิศทางลมสูงสุดของลมในแต่วัน (องศา) และทิศทางลมเฉลี่ยในแต่ละเดือน
- 3) ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดลมของกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย โดยข้อมูลประกอบด้วย รหัสสถานี ชื่อสถานี ตำบล อำเภอ ละติจูด และลองจิจูด



รูป 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดลมของกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทย 129 สถานี

3.2. การจัดรูปแบบข้อมูล (Data Organizing)

ข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาต้องมีการนำมาจัดรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ โดยเลือกเฉพาะข้อมูลที่มีความจำเป็นและแบ่งเป็น

1) ข้อมูลที่ใช้สำหรับศึกษาความเร็วลม ประกอบด้วยตำแหน่งสถานี (ละติจูด ลองจิจูด) ปี เดือน วัน และขนาดความเร็วลมสูงสุดรายวันซึ่งจะถูกปรับให้เป็นลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 และจัดข้อมูลดังตัวอย่างในตาราง 3.2.1.

ตาราง 3.1 แสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบข้อมูลความเร็วลมเพื่อนำไปวิเคราะห์

ลองจิจูด (องศา)	ละติจูด (องศา)	ปี	เดือน	วัน	ลอการิทึมของขนาด ความเร็วลมฐาน 10 (log Knot)
97.9756	19.2989	2008	2	1	9
97.9756	19.2989	2008	2	2	9
97.9756	19.2989	2008	2	3	11
97.9756	19.2989	2008	2	4	8
97.9756	19.2989	2008	2	5	9
97.9756	19.2989	2008	2	6	9
97.9756	19.2989	2008	2	7	8
97.9756	19.2989	2008	2	8	9
97.9756	19.2989	2008	2	9	10
97.9756	19.2989	2008	2	10	12
97.9756	19.2989	2008	2	11	10
97.9756	19.2989	2008	2	12	10
97.9756	19.2989	2008	2	13	13
97.9756	19.2989	2008	2	14	12
97.9756	19.2989	2008	2	15	14
97.9756	19.2989	2008	2	16	12
97.9756	19.2989	2008	2	17	13
97.9756	19.2989	2008	2	18	7
97.9756	19.2989	2008	2	19	9
97.9756	19.2989	2008	2	20	13
97.9756	19.2989	2008	2	21	12

2) ข้อมูลที่ใช้สำหรับศึกษาทิศทางลม ประกอบด้วยทิศทางลมสูงสุดรายวัน และความเร็วลมสูงสุดรายวัน และจัดข้อมูลดังตัวอย่างในตาราง 3.2.2.

ตาราง 3.2 แสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบข้อมูลทิศทางลมเพื่อนำไปวิเคราะห์

ทิศทางลม (องศา)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
310	5.1444
300	4.6300
120	4.6300
110	5.6589
170	4.1156
150	3.6011
130	4.6300
120	4.6300
110	4.1156
120	5.1444
120	5.1444
290	2.5722
130	6.1733
270	3.0867
280	5.1444
100	4.1156
260	3.0867
140	4.6300
210	5.1444
250	5.1444
120	5.6589
210	4.6300
140	5.1444
120	5.1444
170	4.1156
250	4.6300
190	7.7167
220	2.5722

3.3. รูปแบบการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลม (Frequency-velocity Distribution Model)

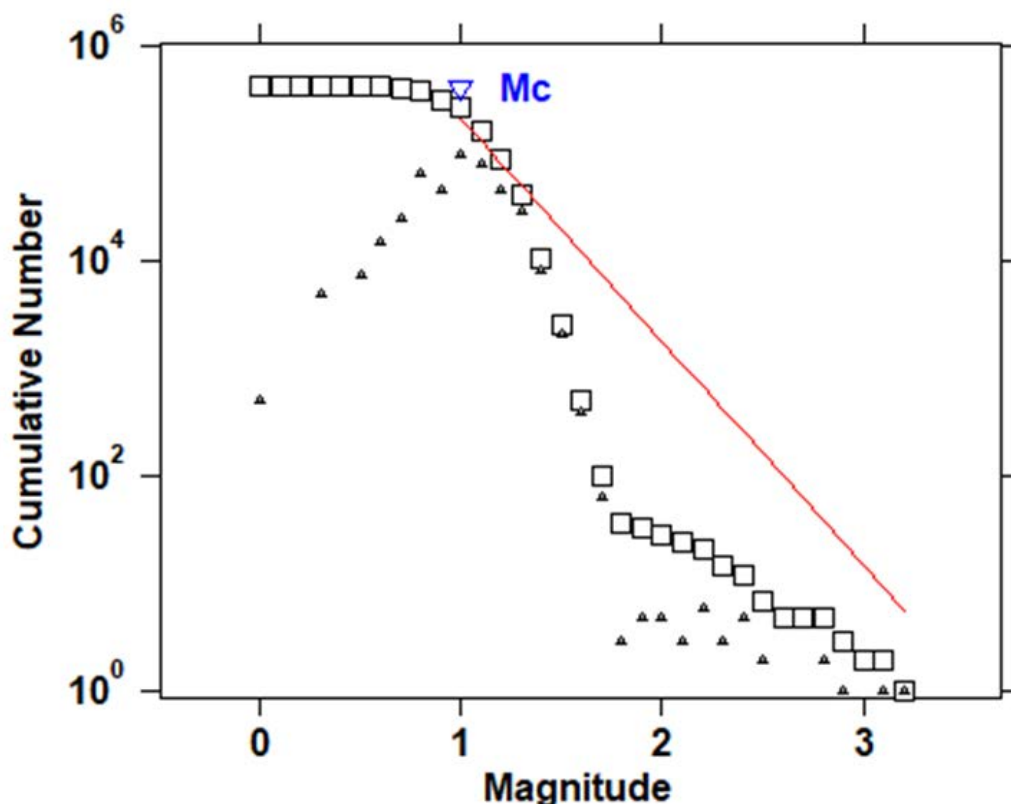
ในการศึกษาพฤติกรรมของลมได้นำทฤษฎีความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดเหตุการณ์มาประยุกต์ใช้ โดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (Magnitude) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (Cumulative Number) พบว่าแนวโน้มความสัมพันธ์ไม่ได้เป็นเส้นตรงเดียวกันทั้งหมด ดังรูป 3.2 โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วงหลักๆ ตามลักษณะความเป็นเส้นตรงของกราฟ จึงต้องมีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ชุดข้อมูล ได้แก่

ชุดข้อมูลที่ 0 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดไม่เกิน 1

ชุดข้อมูลที่ 1 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1 แต่ไม่เกิน 1.3

ชุดข้อมูลที่ 2 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1.3 แต่ไม่เกิน 1.8

ชุดข้อมูลที่ 3 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1.8



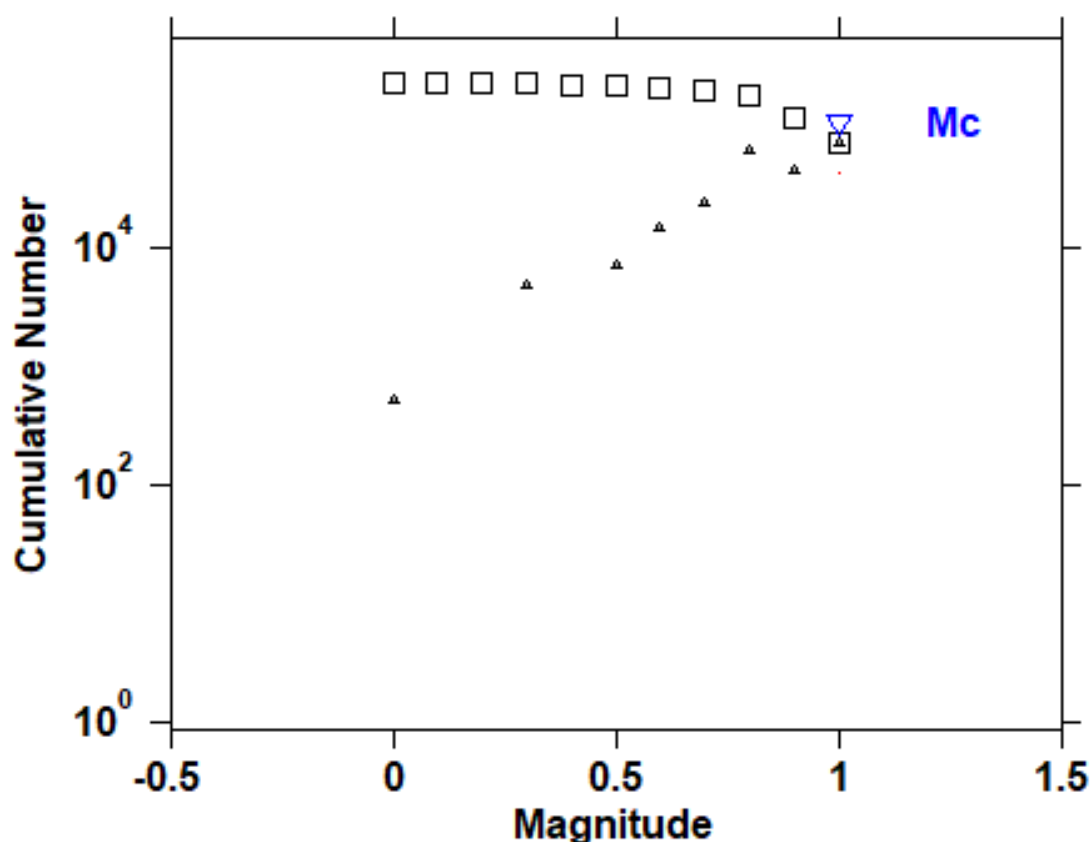
รูป 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) สามเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมในแต่ละขนาด M สี่เหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม เส้นตรง คือ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ประเมินจากข้อมูลขนาดความเร็วลมในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2008-2017 ทั้งหมด

3.4. การประเมินค่า a และค่า b ของข้อมูลความเร็วลม (Analysis of a Value and b Value)

จากกราฟความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมที่ได้และสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดของเหตุการณ์ (สมการ 2.1) ซึ่งเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดเหตุการณ์สะสมขนาด $\geq M$ และขนาดแผ่นดินไหว (M) ที่ถูกเสนอโดย Ishimoto and Iida (1939) และ Gutenberg and Richter (1944) สามารถวิเคราะห์หาค่า a และค่า b ของแต่ละชุดข้อมูลได้

3.4.1. ชุดข้อมูลที่ 0 (Dataset 0)

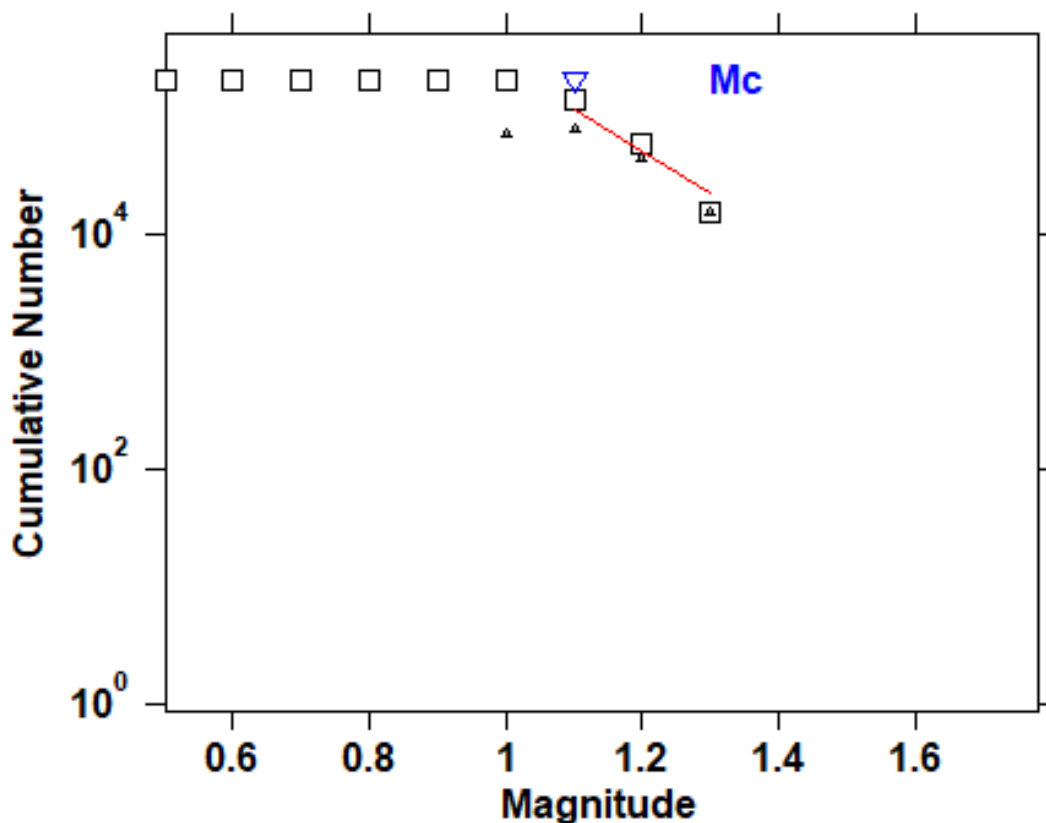
ชุดข้อมูลของลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดไม่เกิน 1 เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ดังรูป 3.3 พบว่าความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตามทฤษฎีความสัมพันธ์เชิงความถี่ของขนาดเหตุการณ์ ไม่สามารถหาค่า a และค่า b ได้ เนื่องจากขนาดความเร็วลมน้อยและไม่แสดงถึงพฤติกรรมที่แท้จริงของลม ข้อมูลชุดนี้จึงจะไม่ถูกนำไปศึกษาต่อ



รูป 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ของชุดข้อมูลที่ 0 สามเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมในแต่ละขนาด M สีเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม ซึ่งความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตามทฤษฎีความสัมพันธ์เชิงความถี่ของขนาดเหตุการณ์

3.4.2. ชุดข้อมูลที่ 1 (Dataset 1)

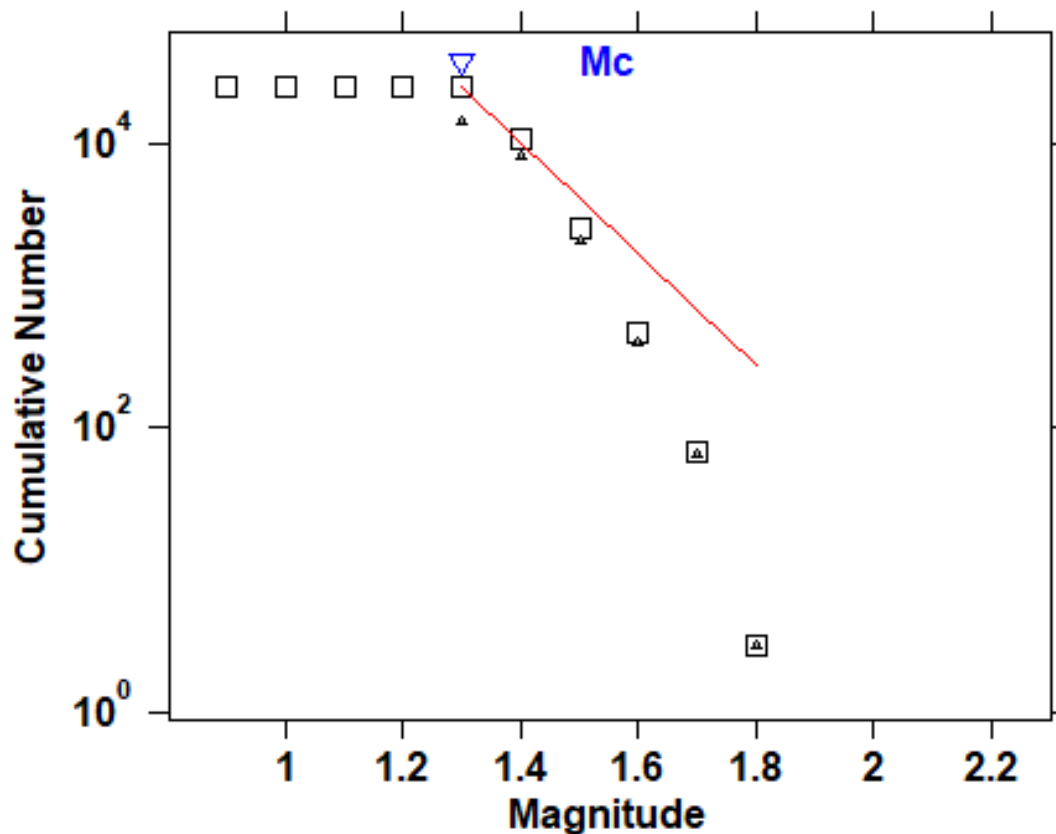
ชุดข้อมูลของลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1 แต่ไม่เกิน 1.3 เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ดังรูป 3.4 พบว่ามีค่า a หรืออัตราการศึกษาความเร็วลมโดยรวม เท่ากับ **8.95** และค่า b หรือความชันของสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 3.53 ± 0.005



รูป 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ของชุดข้อมูลที่ 1 สามเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมในแต่ละขนาด M สีเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม เส้นตรง คือ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่า a (จุดตัดแกน Y) เท่ากับ **8.95** และค่า b (ความชัน) เท่ากับ 3.53 ± 0.005

3.4.3. ชุดข้อมูลที่ 2 (Dataset 2)

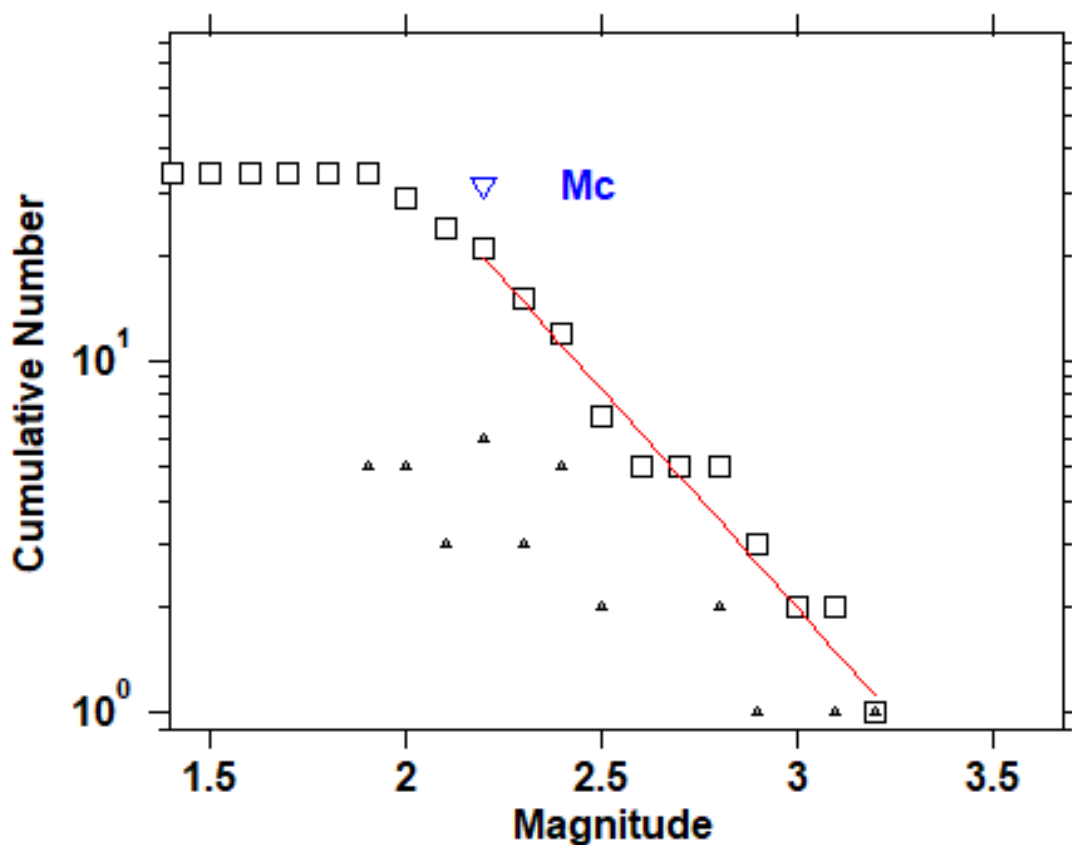
ชุดข้อมูลของลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1.3 แต่ไม่เกิน 1.8 เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ดังรูป 3.5 พบว่ามีค่า a หรืออัตราการเกิดความเร็วลมโดยรวม เท่ากับ **9.48** และค่า b หรือความชันของสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เท่ากับ **3.91 ± 0.02**



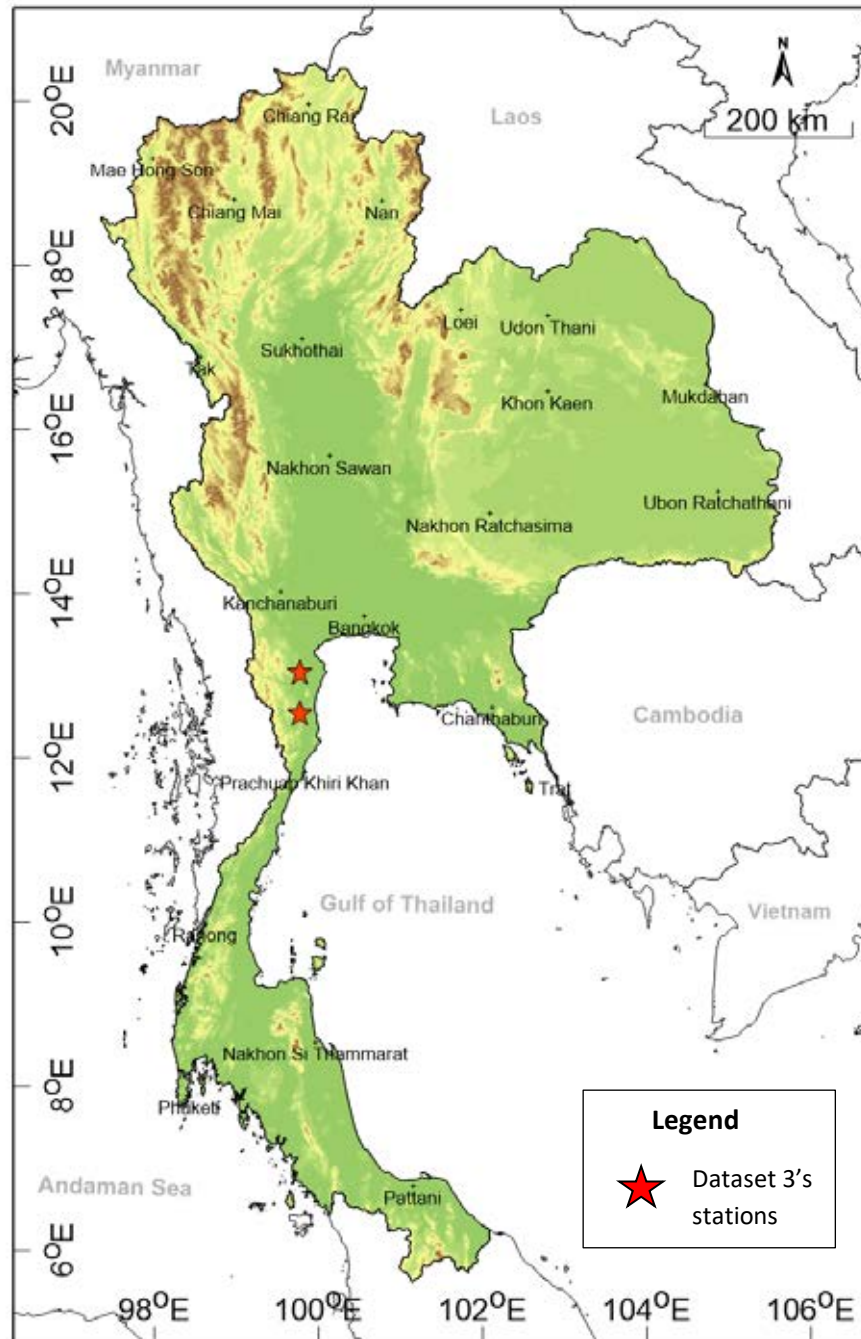
รูป 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ของชุดข้อมูลที่ 2 สามเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมในแต่ละขนาด M สีเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ขนาดมากกว่า M สะสม เส้นตรง คือ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่า a (จุดตัดแกน Y) เท่ากับ **9.48** และค่า b (ความชัน) เท่ากับ **3.91 ± 0.02**

3.4.4. ชุดข้อมูลที่ 3 (Dataset 3)

ชุดข้อมูลของลอกาทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1.8 เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอกาทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ดังรูป 3.6 พบว่ามีค่า a หรืออัตราการเกิดความเร็วลมโดยรวม เท่ากับ **4.03** และค่า b หรือความชันของสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 1.24 ± 0.2 แต่เนื่องจากมีเพียง 2 สถานีที่สามารถวัดชุดข้อมูลที่ 3 (รูป 3.7) ได้ดังนั้นจึงไม่ถูกประเมินในเชิงพื้นที่



รูป 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลอกาทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 (แกน X) กับจำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม (แกน Y) ของชุดข้อมูลที่ 3 สามเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมในแต่ละขนาด M สีเหลี่ยม คือ จำนวนเหตุการณ์ลมขนาดมากกว่า M สะสม เส้นตรง คือ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่า a (จุดตัดแกน Y) เท่ากับ **4.03** และค่า b (ความชัน) เท่ากับ 1.24 ± 0.2



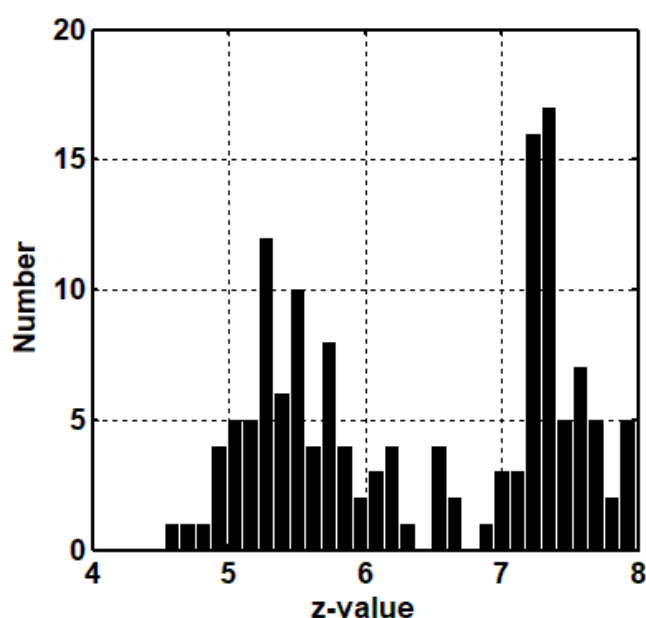
รูป 3.7 แผนที่ประเทศไทยแสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดลมของข้อมูลชุดที่ 3

3.5. การประเมินค่า b ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b เปอร์เซนต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม และค่า a เชิงพื้นที่ (Analysis b Value, Standard Deviation of b Value, Goodness Fit of Frequency-velocity Distribution and a Value in Spatial)

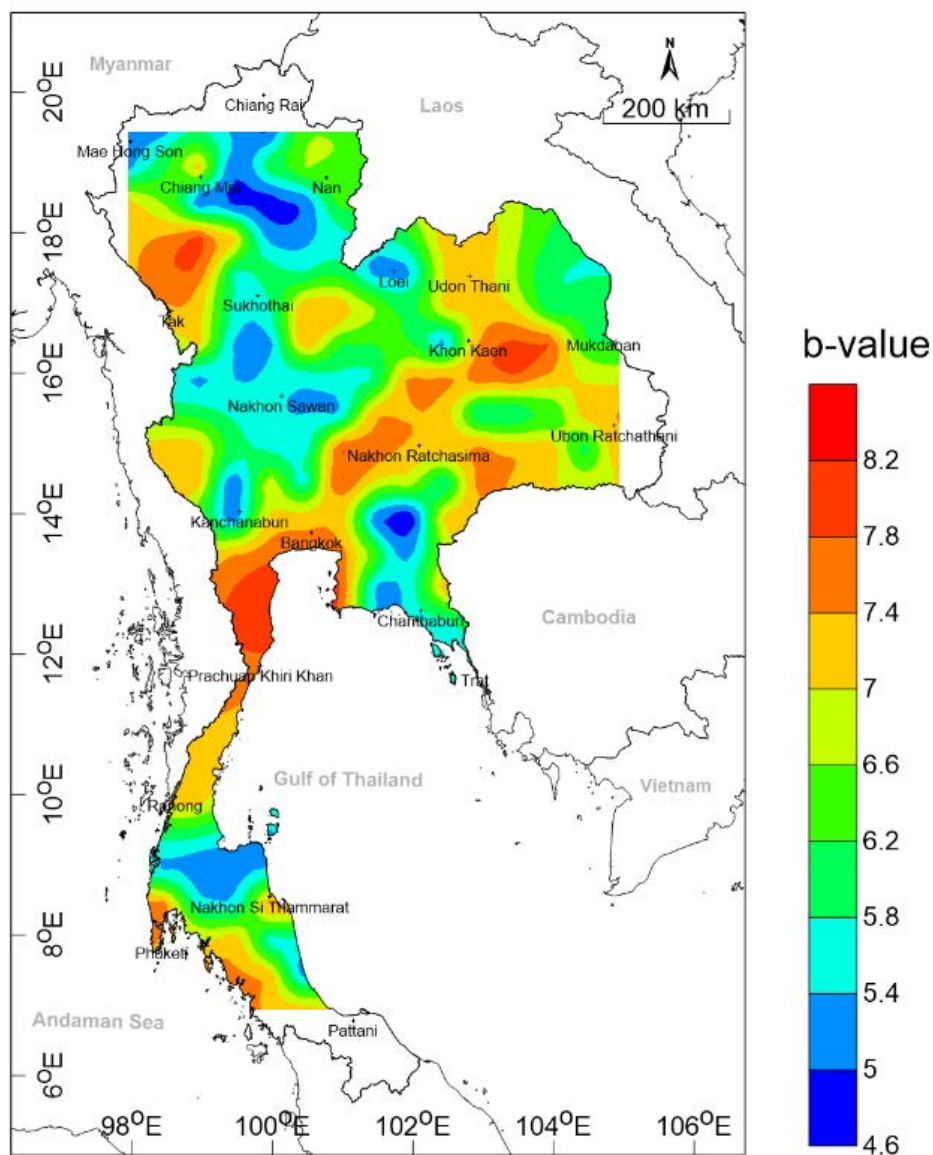
จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมในประเทศไทย โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อย 55x55 ตารางกิโลเมตร (ประมาณ $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$) โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงความถี่ เพื่อหา 1) ค่า b 2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b 3) เปอร์เซนต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม 4) ค่า a โดยจะแสดงผลในลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่

3.5.1. ข้อมูลชุดที่ 1 (Dataset 1)

1) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าค่า b มีค่าตั้งแต่ 4.6-8.0 โดยจากฮิสโตแกรม (histogram) แสดงค่า b (แกน x) และจำนวนค่า b (แกน Y) พบว่าค่า b มีการกระจายตัวอยู่ในสองช่วงดังรูป 3.8 คือ ช่วง 5.0-6.0 และ 7.0-8.0 และจากรูป 3.9 พบว่าบริเวณที่มีค่าสูงได้แก่ ตอนบนของจังหวัดตาก จังหวัดนครราชสีมา ฝั่งตะวันออกของจังหวัดขอนแก่น บริเวณรอบอ่าวรูป ก และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.0-8.0 และบริเวณที่มีค่าต่ำได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเลย ภาคกลางตอนบน ภาคตะวันออก และตอนบนของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.6-5.8

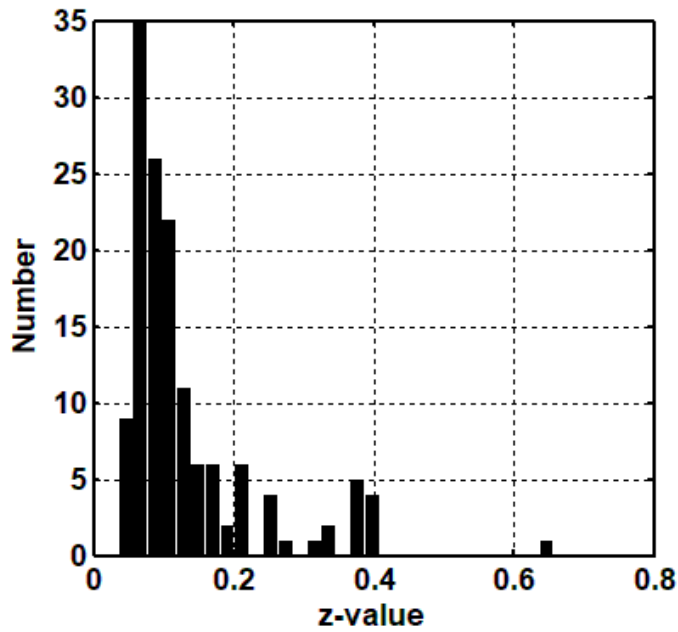


รูป 3.8 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า b (แกน x) และจำนวนค่า b (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1

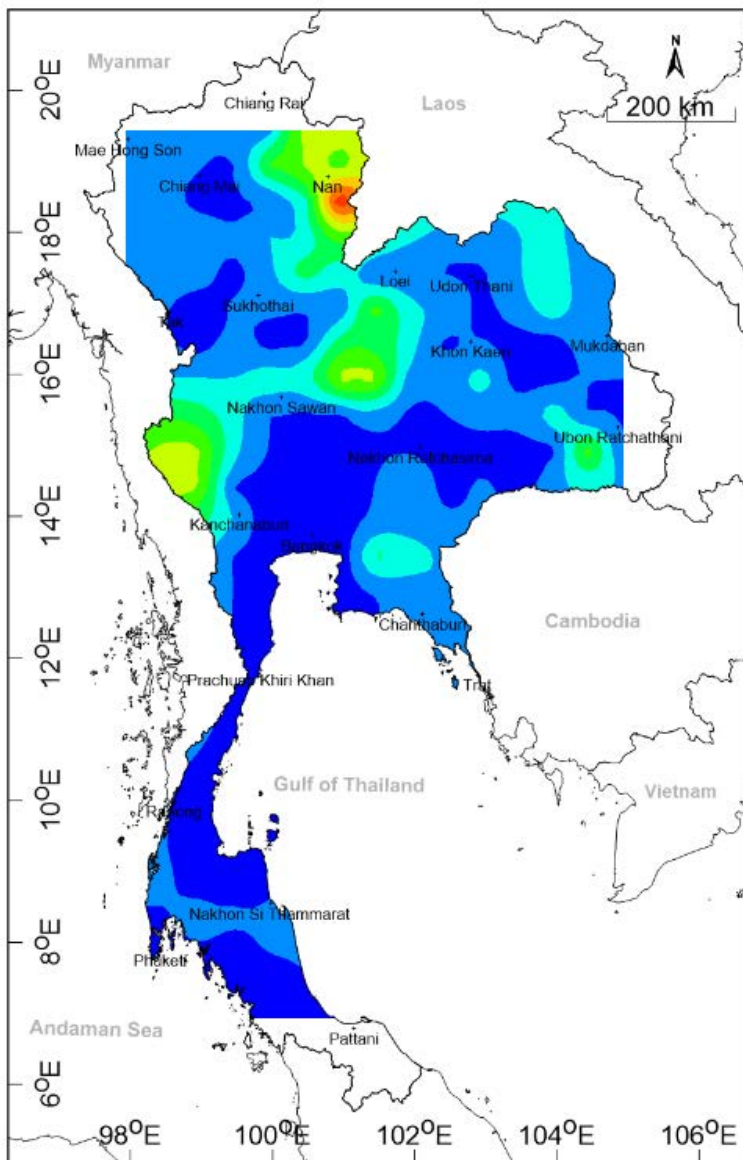


รูป 3.9 แผนที่แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 1

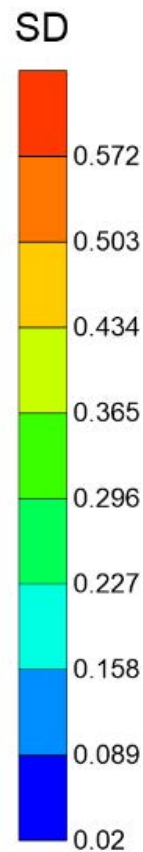
2) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0.02-0.64 โดยจากฮิสโตแกรมแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน x) และจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน y) พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.04-0.10 ดังรูป 3.10 และจากรูป 3.11 พบว่าช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กระจายอยู่ทั่วไปคือช่วง 0.02-0.16 และบริเวณที่มีค่าสูงคือบริเวณจังหวัดน่าน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.43-0.57



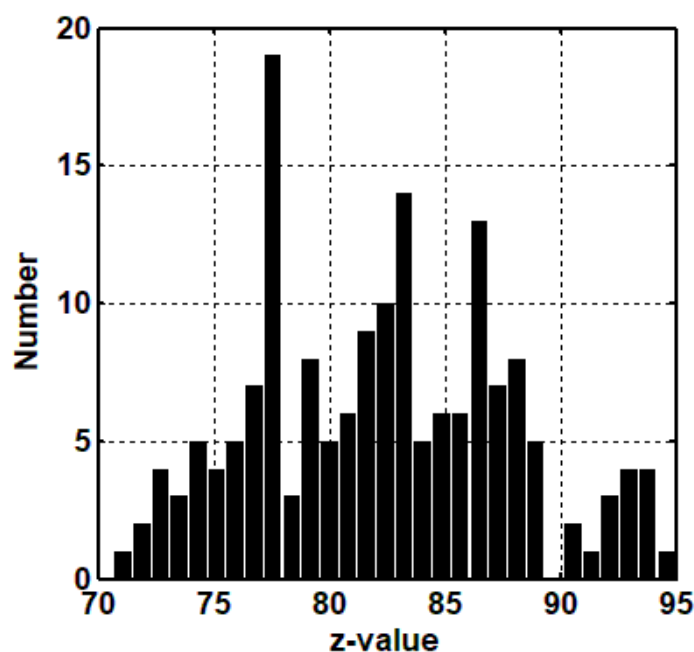
รูป 3.10 กราฟฮิสโตแกรมแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน x) และจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1



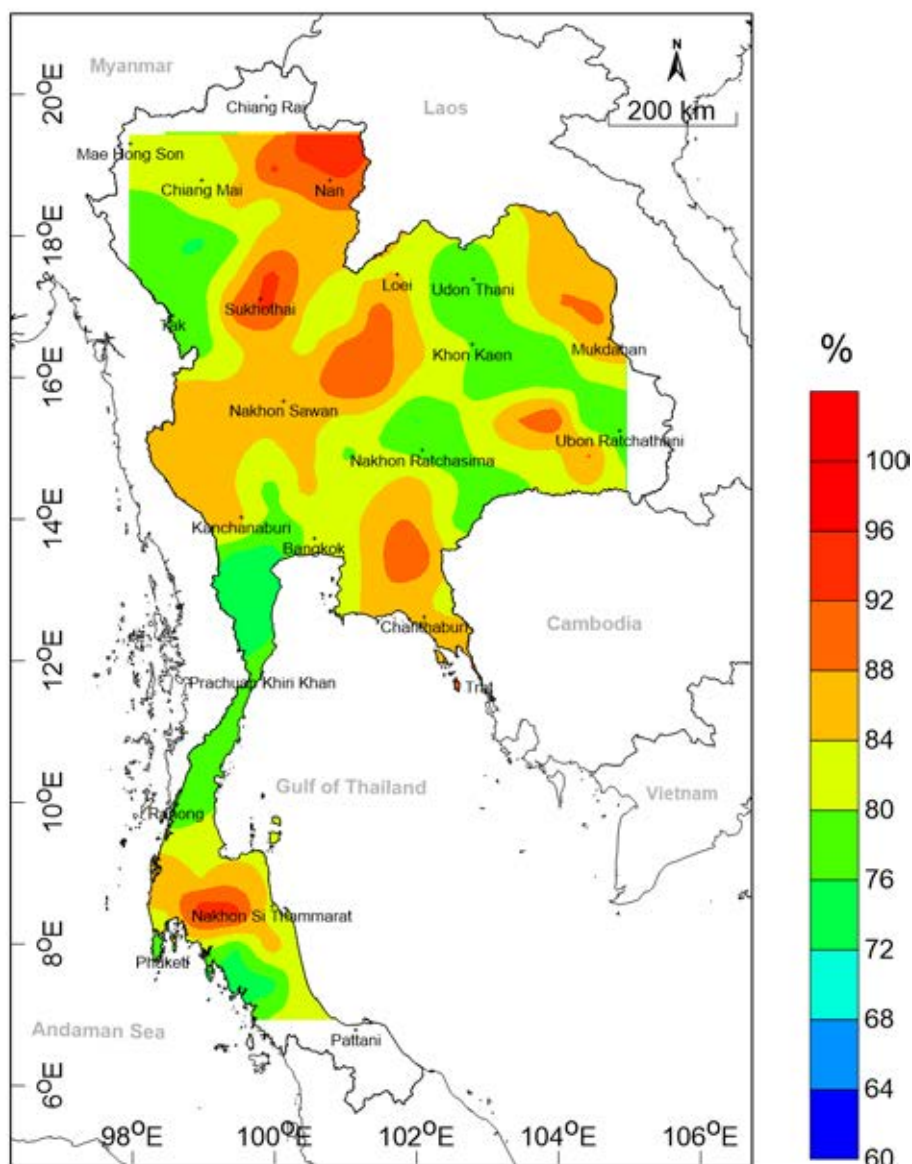
รูป 3.11 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 1



3) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ มีค่าอยู่ตั้งแต่ 72-95% โดยจากฮิสโตแกรมแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน x) และจำนวนเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน Y) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องส่วนใหญ่มีค่าเท่ากับ 77% ดังรูป 3.12 และจากรูป 3.13 พบว่าช่วงที่มีเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่สูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดสุโขทัย บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ บริเวณขอบตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ภาคตะวันออก และบริเวณฝั่งตะวันตกของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่อยู่ในช่วง 88-95%

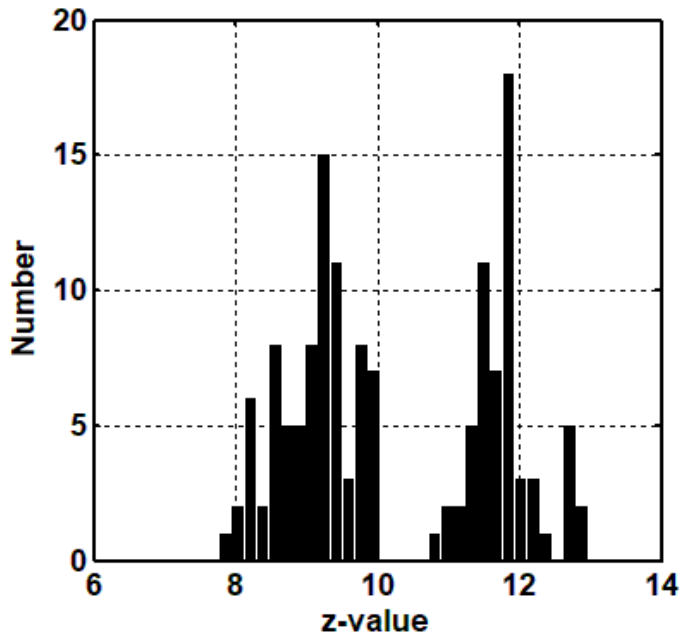


รูป 3.12 กราฟฮิสโตแกรมแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน x) และจำนวนเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1

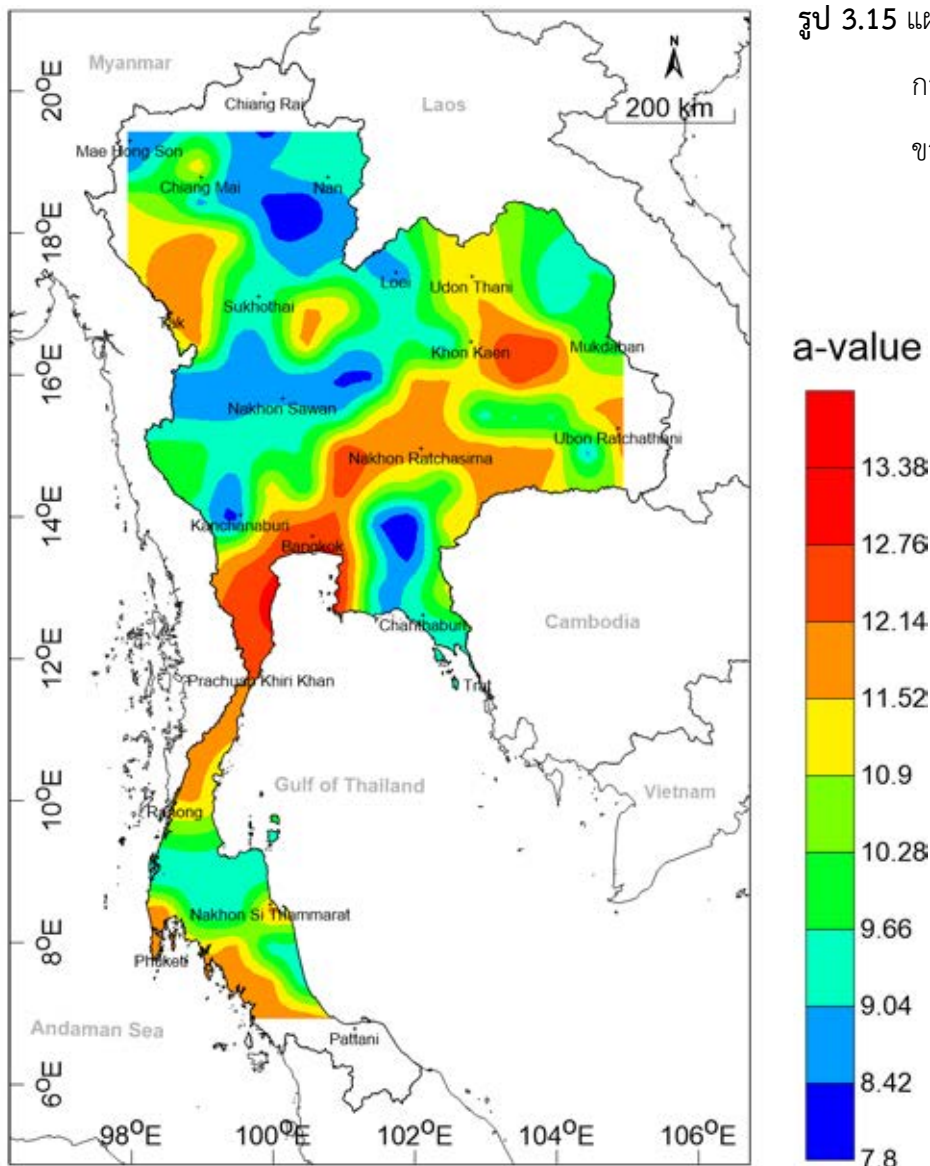


รูป 3.13 แผนที่ประเทศไทยแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ ของข้อมูลชุดที่ 1

4) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าค่า a มีค่าตั้งแต่ 7.8-13.4 โดยจากฮิสโตแกรมแสดงค่า a (แกน x) และจำนวนค่า a (แกน Y) พบว่าค่า a มีการกระจายตัวอยู่ในสองช่วง ดังรูป 3.14 คือ ช่วง 7.8-10.0 และ 11.0-12.6 และจากรูป 3.15 พบว่าบริเวณที่มีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ตอนบนของจังหวัดตาก จังหวัดนครราชสีมา ฝั่งตะวันออกของจังหวัดขอนแก่น บริเวณรอบอ่าวรูป ก และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 11.5-13.4 และบริเวณที่มีค่าต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเลย ภาคกลางตอนบน และภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.8-9.04 สอดคล้องกับการกระจายตัวของค่า b



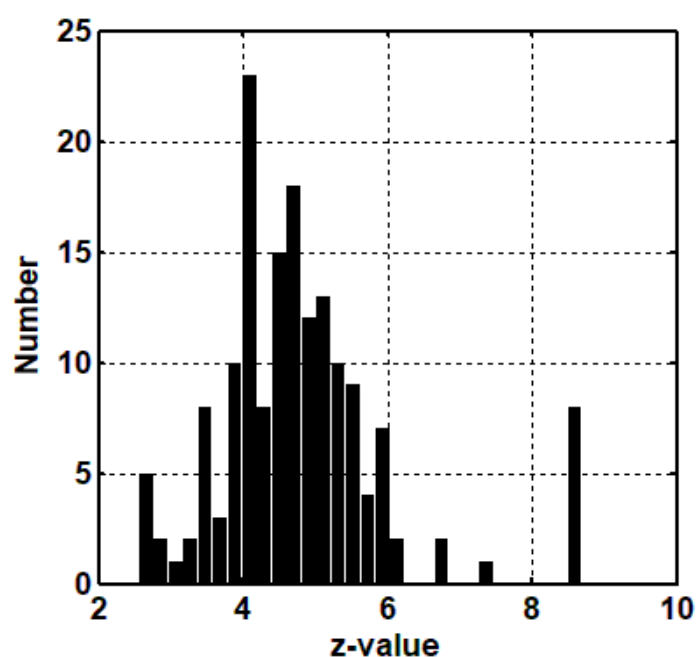
รูป 3.14 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า a (แกน x) และจำนวนค่า a (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 1



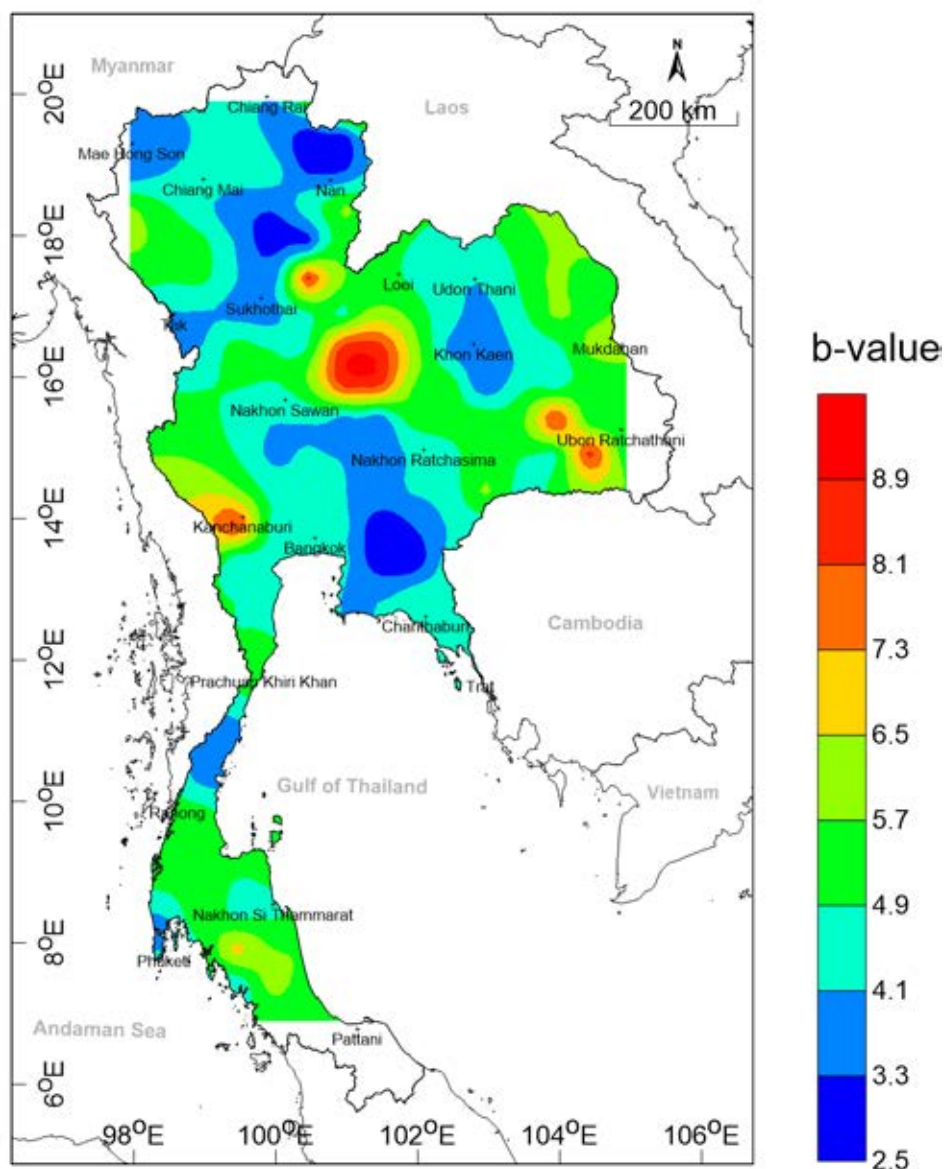
รูป 3.15 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่า a ของข้อมูลชุดที่ 1

3.5.2. ข้อมูลชุดที่ 2 (Dataset 2)

1) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าค่า b มีค่าตั้งแต่ 2.5-8.9 โดยจากฮิสโตแกรมแสดงค่า b (แกน x) และจำนวนค่า b (แกน Y) พบว่าค่า b ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4.0-4.2 ดังรูป 3.16 และจากรูป 3.17 พบว่าบริเวณที่มีค่าสูงได้แก่ บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ จังหวัดกาญจนบุรี ฝั่งตะวันออกของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 7.3-8.9 และบริเวณที่มีค่าต่ำได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตอนบนของจังหวัดน่าน จังหวัดตาก จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออก จังหวัดชุมพร และจังหวัดภูเก็ต ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 2.5-4.1

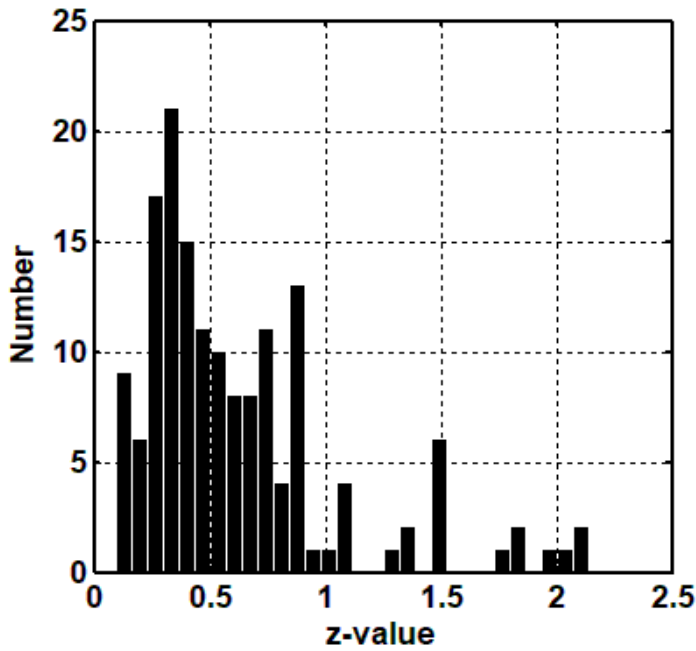


รูป 3.16 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า b (แกน x) และจำนวนค่า b (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 2

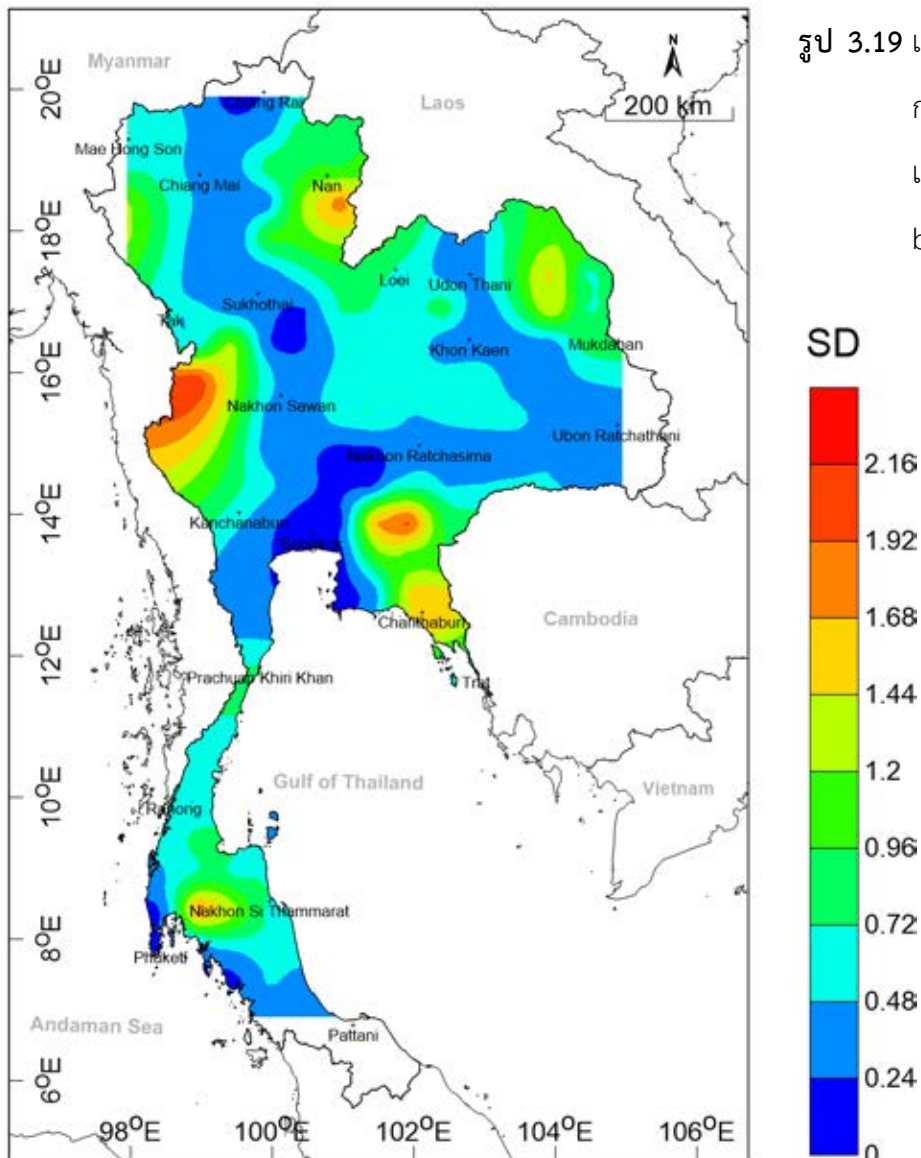


รูปที่ 3.17 แผนที่แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 2

2) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0.20-2.16 โดยจากฮิสโตแกรมแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน x) และจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน y) พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.25-0.27 ดังรูป 3.18 และจากรูป 3.19 พบว่าช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กระจายอยู่ทั่วไปคือช่วง 0.00-0.72 และบริเวณที่มีค่าสูงได้แก่บริเวณจังหวัดน่าน บริเวณเทือกเขาถนนธงชัย จังหวัดสระแก้ว และฝั่งตะวันตกของนครศรีธรรมราช ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.68-2.16

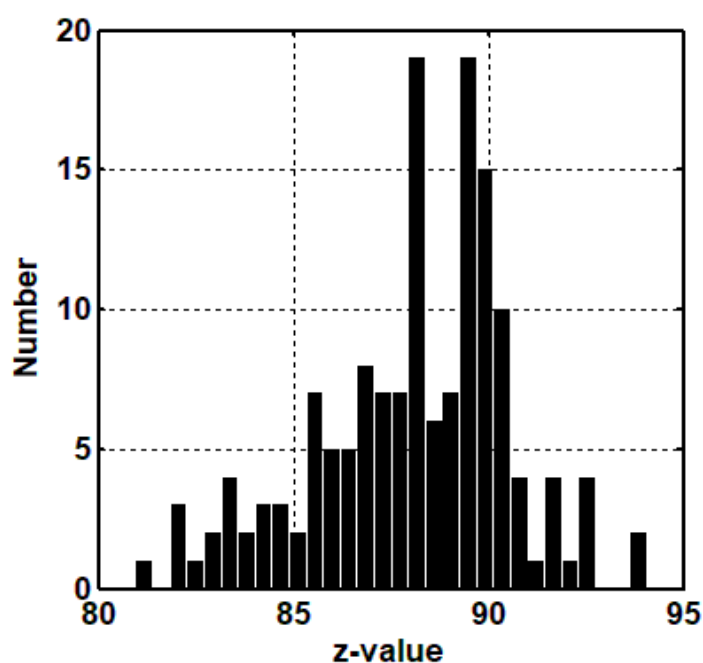


รูป 3.18 กราฟฮิสโตแกรมแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน x) และจำนวนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 2

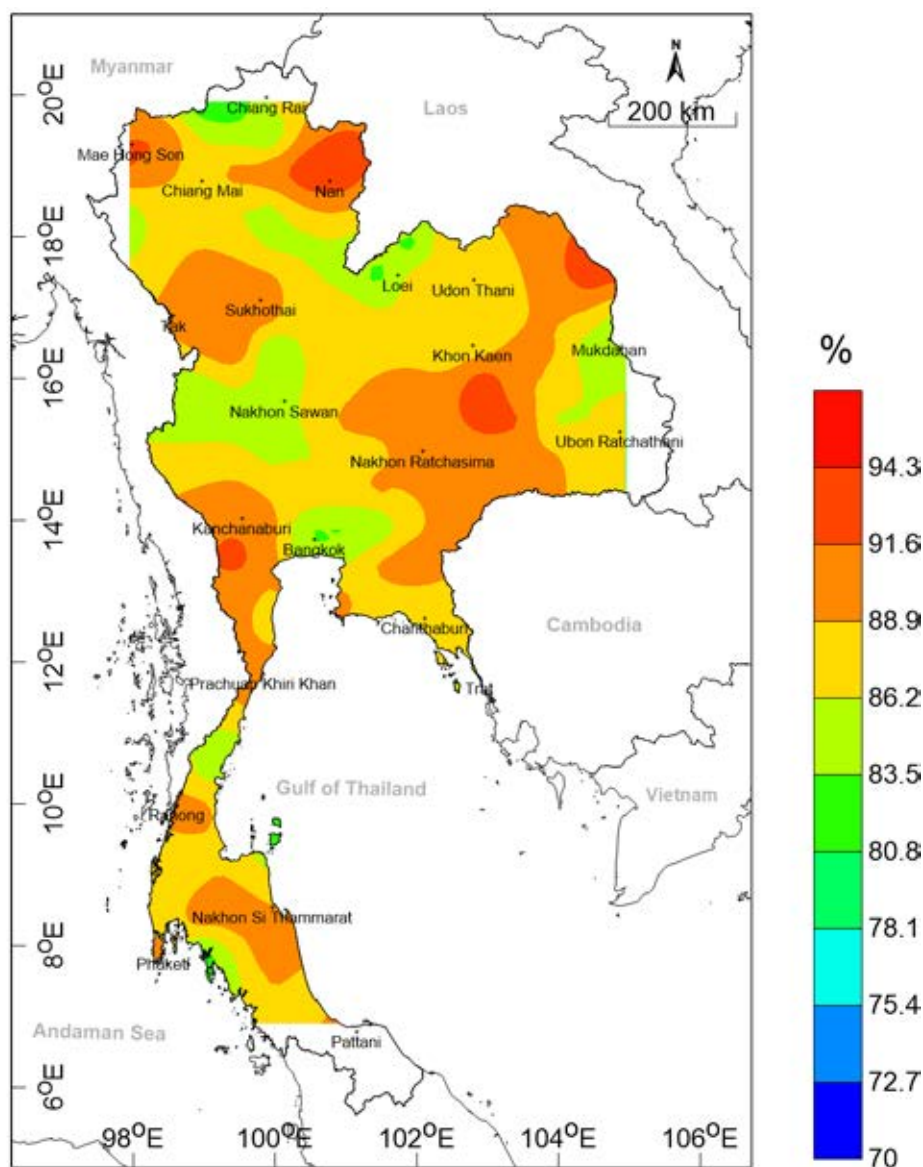


รูป 3.19 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b ของข้อมูลชุดที่ 2

3) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ มีค่าอยู่ตั้งแต่ 81-95% โดยจากฮิสโตแกรมแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน x) และจำนวนเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน Y) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องส่วนใหญ่มีค่าเท่ากับ 88% และ 89% ดังรูป 3.20 และจากรูป 3.21 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ที่พบทั่วไปอยู่ในช่วง 86.2-91.6% และบริเวณที่มีเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ต่ำกว่าบริเวณอื่น ได้แก่ ฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงราย จังหวัดเลย จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดกรุงเทพฯ ตอนใต้ของจังหวัดกระบี่ และตอนเหนือของจังหวัดนครศรีธรรมราช

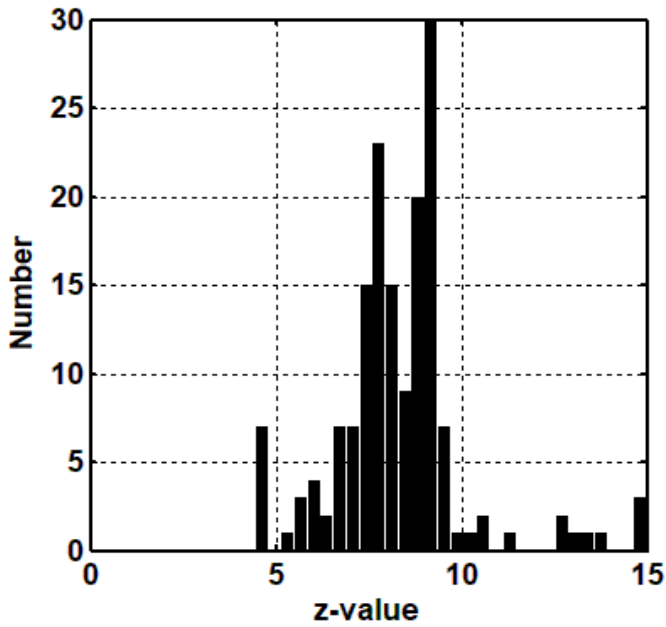


รูป 3.20 กราฟฮิสโตแกรมแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน x) และจำนวนเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลมของข้อมูลชุดที่ 2

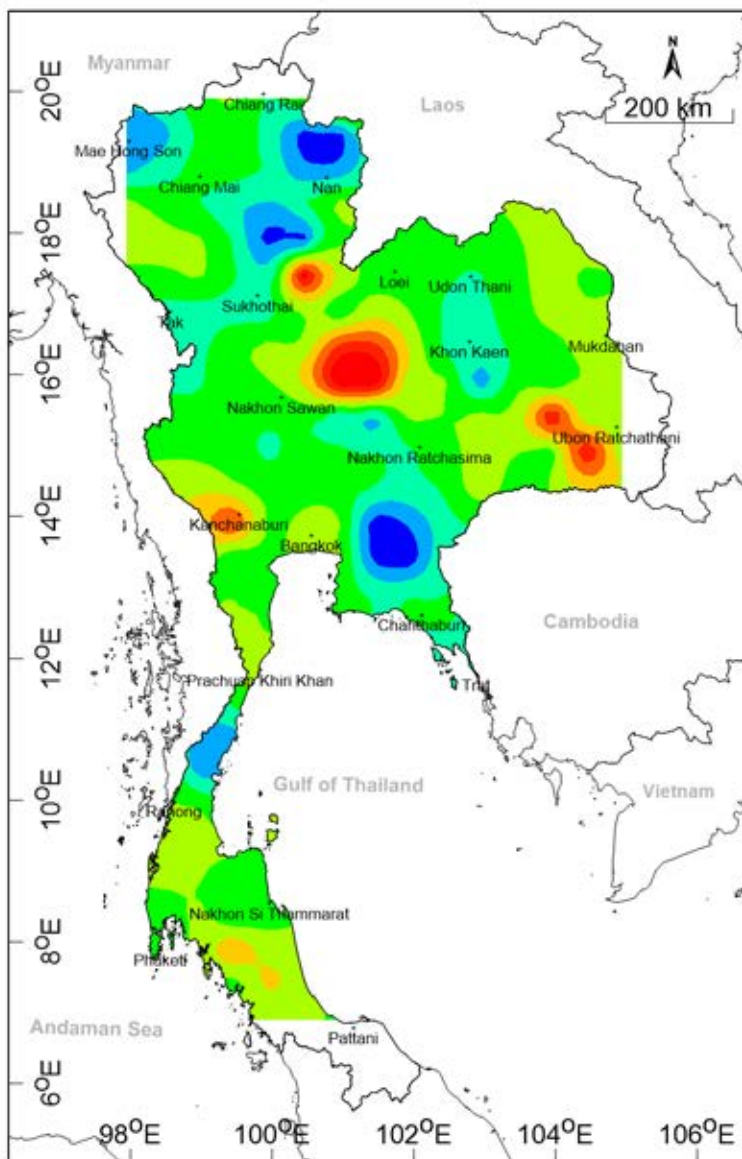


รูป 3.21 แผนที่ประเทศไทยแสดงเปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ ของข้อมูลชุดที่ 2

4) สำหรับการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่าค่า a มีค่าตั้งแต่ 4.0-14.8 โดยจากฮิสโตแกรมแสดงค่า a (แกน x) และจำนวนค่า a (แกน Y) พบว่าค่า a ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 8.8-9.0 ดังรูป 3.22 และจากรูป 3.23 พบว่าบริเวณที่มีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ จังหวัดอุดรดิตต์ จังหวัดกาญจนบุรี ฝั่งตะวันออกของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 11.2-14.8 และบริเวณที่มีค่าต่ำได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตอนบนของจังหวัดน่าน จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออก และจังหวัดชุมพร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.0-6.4 สอดคล้องกับค่า b ของข้อมูล



รูป 3.22 กราฟฮิสโตแกรม แสดงค่า a (แกน x) และจำนวนค่า a (แกน Y) ที่ได้จากการประเมินความสัมพันธ์เชิงความถี่และขนาดความเร็วมของข้อมูลชุดที่ 1



รูป 3.23 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของค่า a ของข้อมูลชุดที่ 2

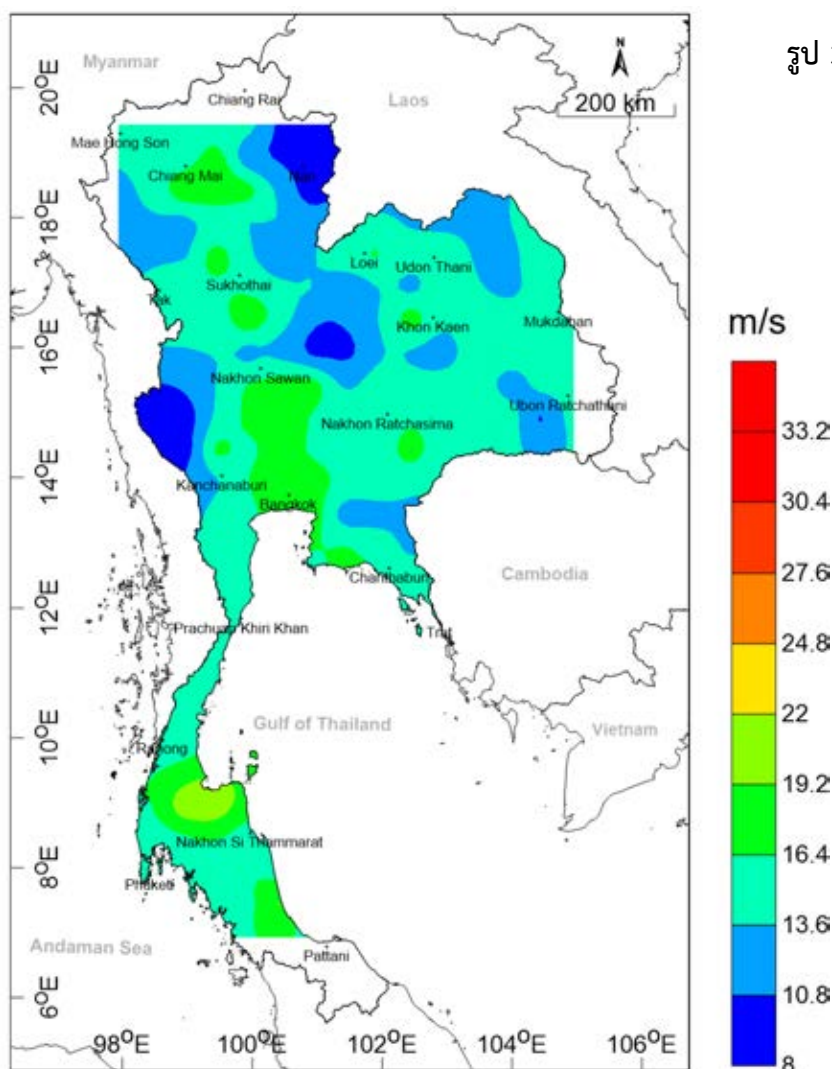


3.6 การประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุด (Maximum Velocity)

จากสมการที่ถูกเสนอโดย Yadav *et al.* (2011) สามารถนำมาประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในเวลาที่พิจารณาในเชิงพื้นที่

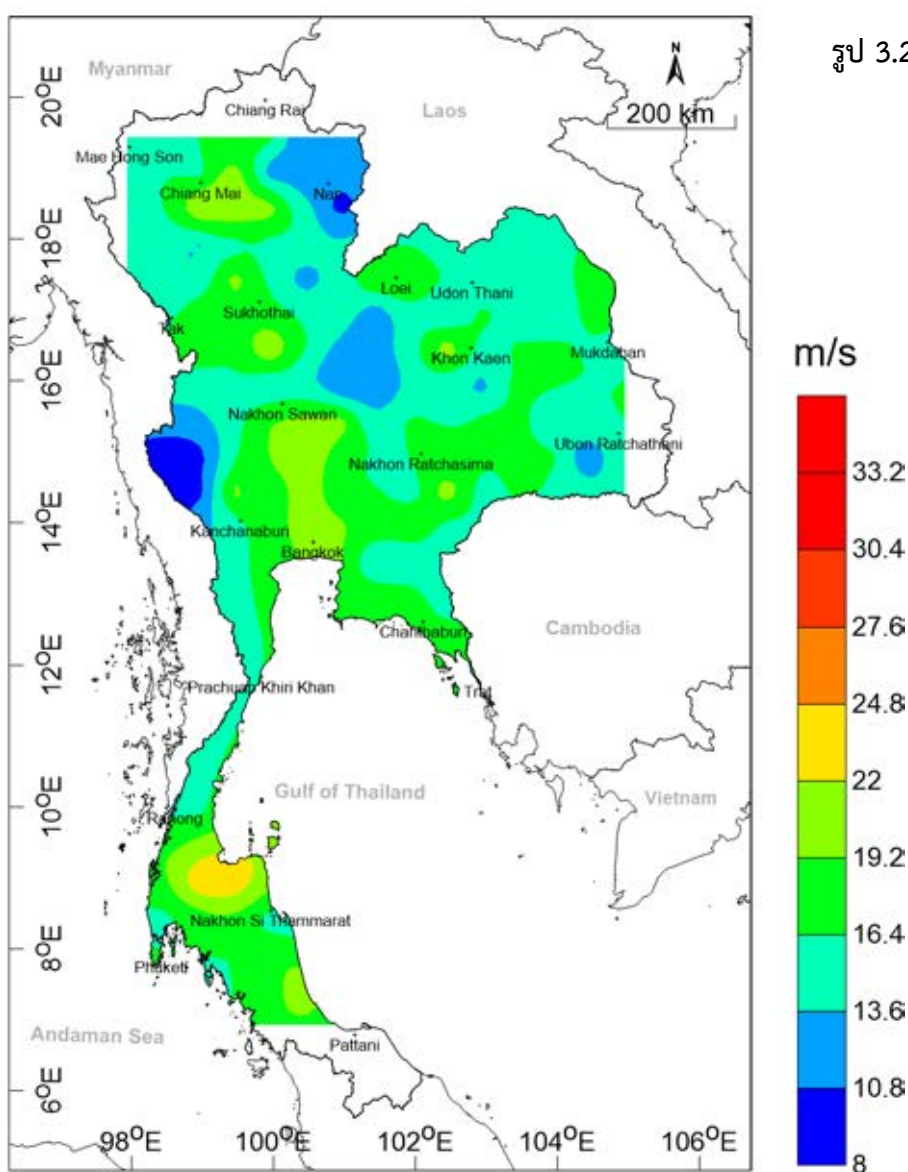
3.6.1. ข้อมูลชุดที่ 1 (Dataset 1)

1) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 5 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.24 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 8.0-22.0 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัด เชียงใหม่ จังหวัดเลย จังหวัดขอนแก่นตอนบน ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดนครราชสีมา และตอนเหนือของ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 5 ปี อยู่ในช่วง 16.4-22.0 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดน่าน เพื่อกเขาถนนธงชัย เพื่อกเขาเพชรบูรณ์ และฝั่งตะวันออกของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 5 ปี อยู่ในช่วง 8.0-10.8 เมตรต่อวินาที



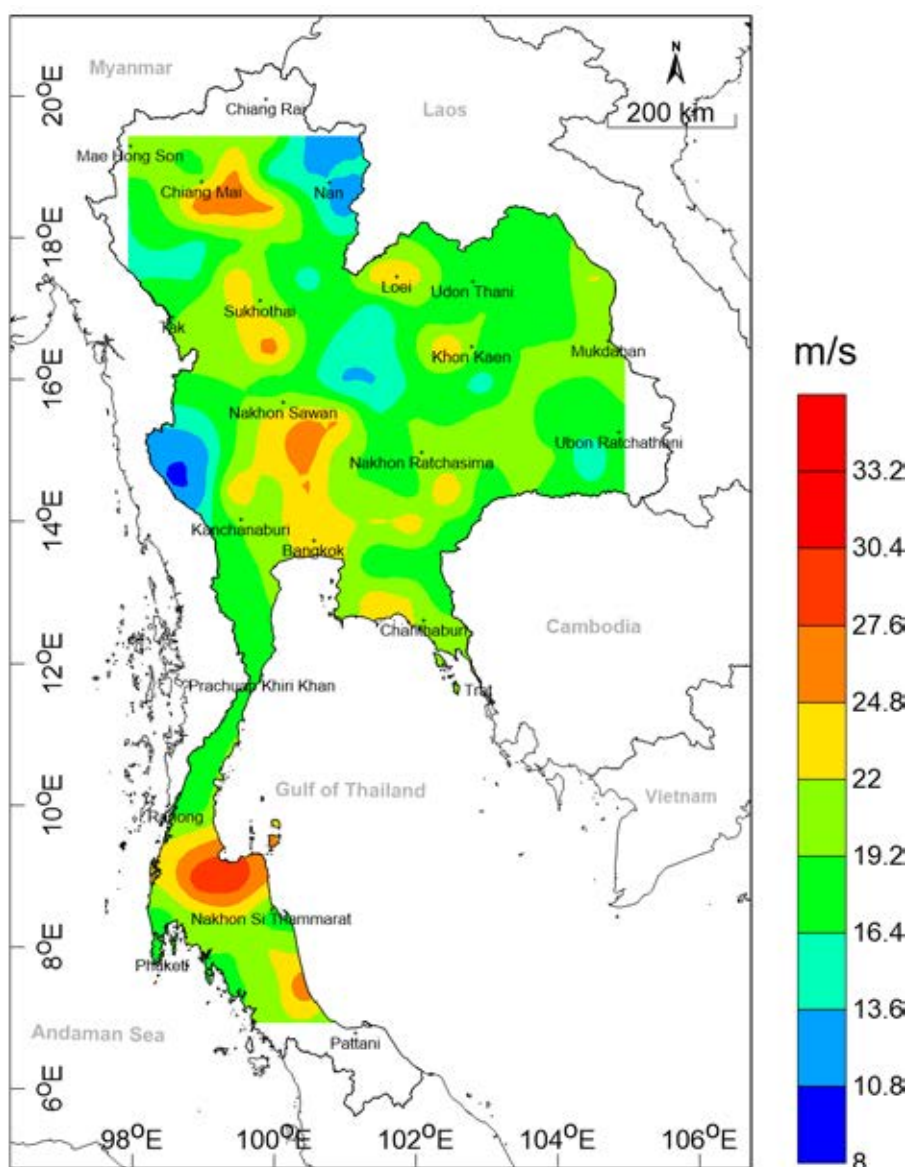
รูป 3.24 แผนที่ประเทศไทยแสดง การกระจายตัวเชิงพื้นที่ ของขนาดความเร็วลม สูงสุด (หน่วย เมตรต่อ วินาที) ที่สามารถเกิดได้ ในรอบ 5 ปี ของข้อมูล ชุดที่ 1

2) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.25 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 8.0-24.8 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเลย จังหวัดสุโขทัย จังหวัดขอนแก่นตอนบน ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดนครราชสีมา ตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราช และตอนเหนือของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปี อยู่ในช่วง 19.2-24.8 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดน่าน เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาเพชรบูรณ์ และฝั่งตะวันออกของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปี อยู่ในช่วง 8.0-13.6 เมตรต่อวินาที



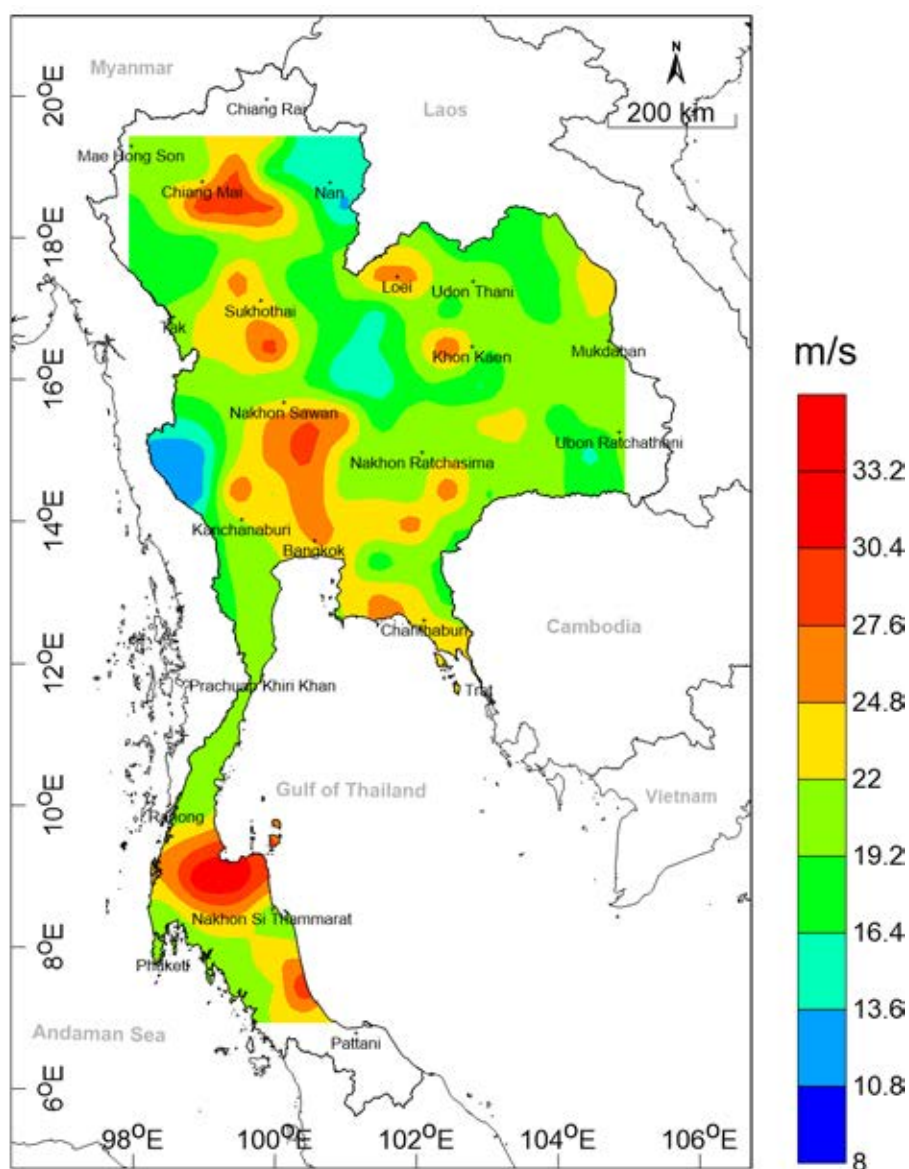
รูป 3.25 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 10 ปี ของข้อมูลชุดที่ 1

3) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 30 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.26 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 8.0-30.4 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัด เชียงใหม่ จังหวัดสุโขทัย ตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราช และตอนเหนือของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 30 ปี อยู่ในช่วง 24.8-30.4 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดน่าน เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 30 ปี อยู่ในช่วง 8.0-13.6 เมตรต่อวินาที



รูป 3.26 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 30 ปี ของข้อมูลชุดที่ 1

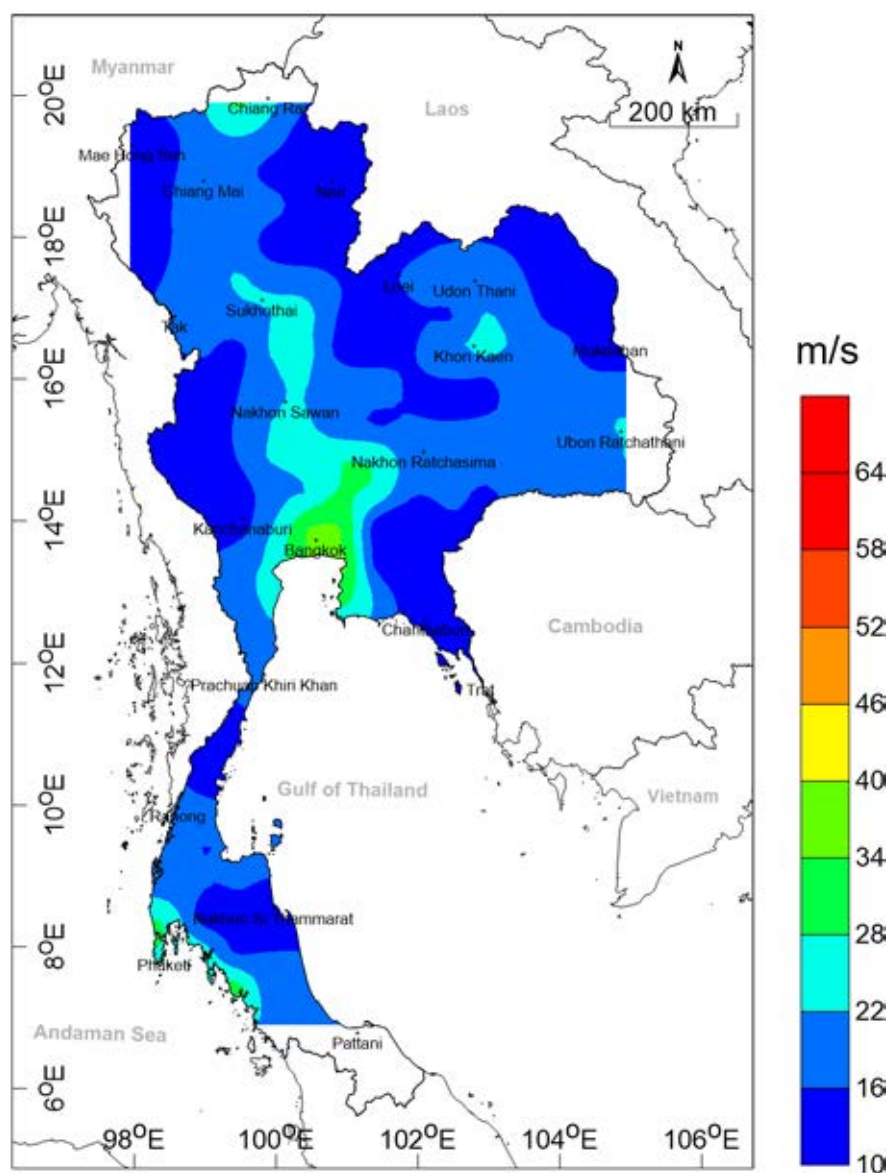
4) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 50 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.27 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 8.0-33.2 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัด เชียงใหม่ จังหวัดสุโขทัย ตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราช และตอนเหนือของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 50 ปี อยู่ในช่วง 27.6-33.2 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดน่าน และเทือกเขาถนนธงชัย ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 50 ปี อยู่ในช่วง 10.8-13.6 เมตรต่อวินาที



รูป 3.27 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 50 ปี ของข้อมูลชุดที่ 1

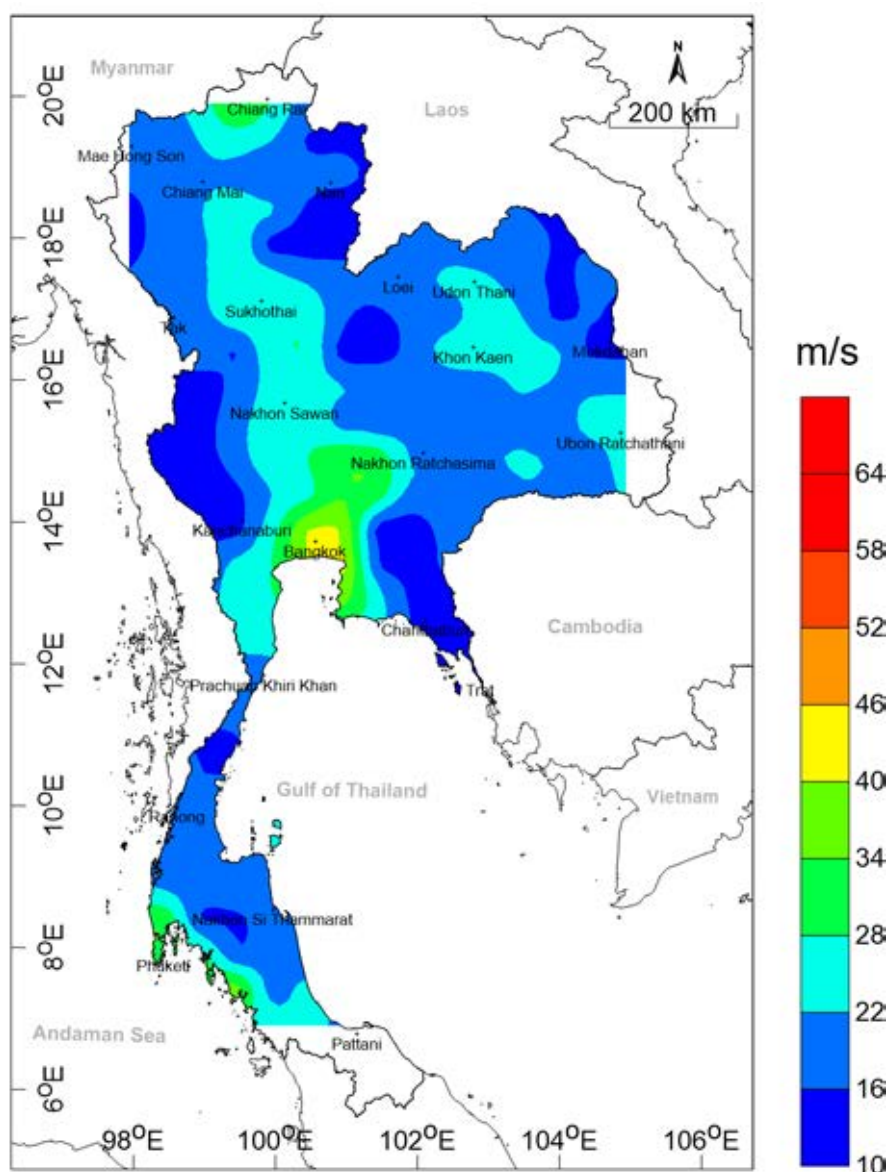
3.6.2. ข้อมูลชุดที่ 2 (Dataset 2)

1) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 5 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.28 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 10.0-40.0 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางรอบอ่าว จังหวัดเชียงรายและภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 5 ปี อยู่ในช่วง 28.0-40.0 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณส่วนใหญ่มีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 5 ปี อยู่ในช่วง 10.0-22.0 เมตรต่อวินาที



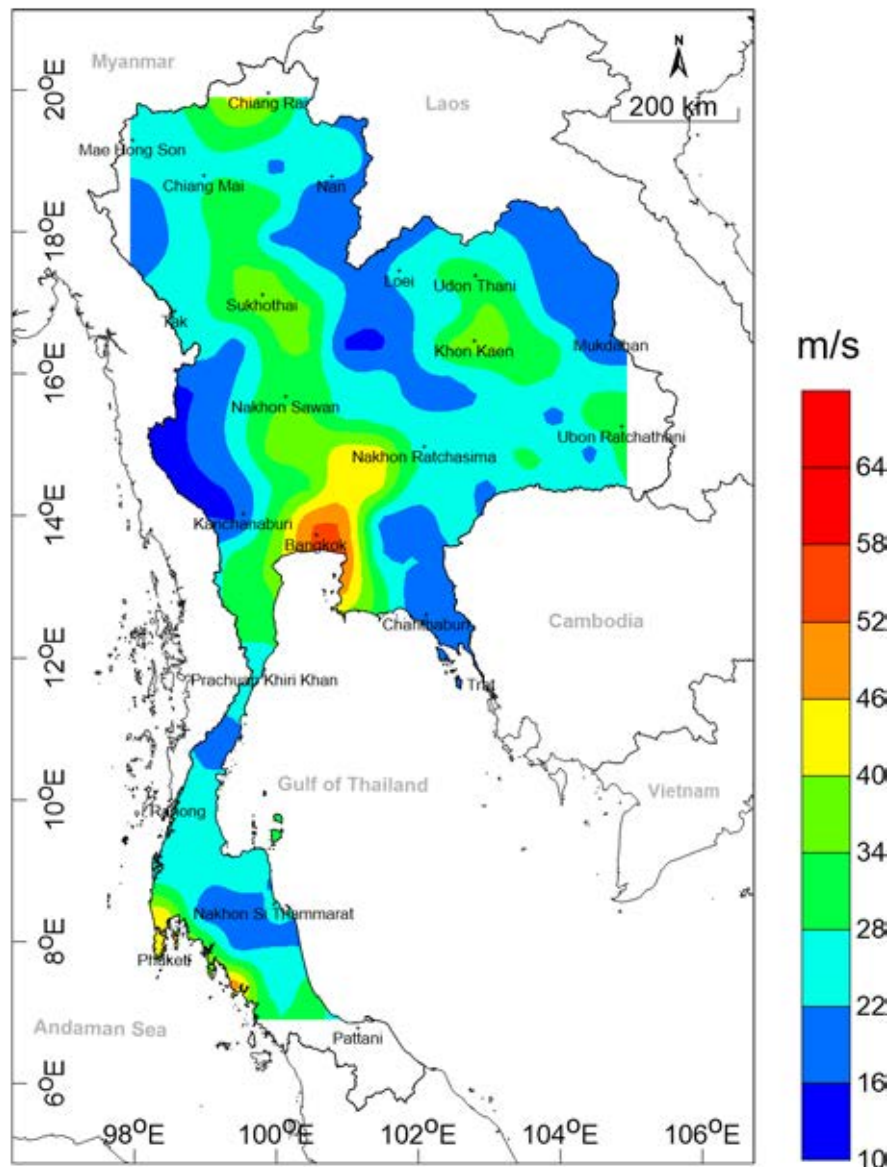
รูป 3.28 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 5 ปี ของข้อมูลชุดที่ 2

2) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.29 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 8.0-46.0 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัด เชียงราย และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปี อยู่ในช่วง 28.0-46.0 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณส่วนใหญ่มีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปี อยู่ในช่วง 10.0-22.8 เมตรต่อวินาที



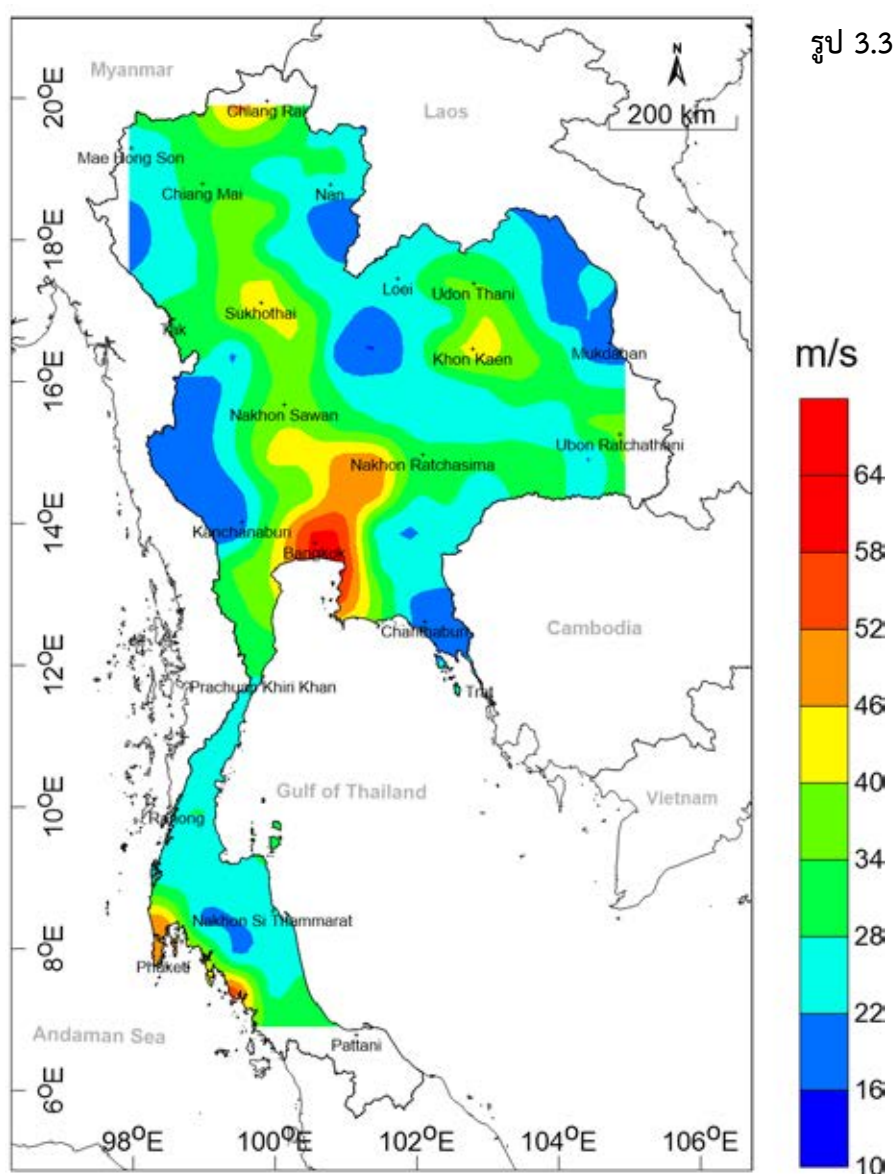
รูป 3.29 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 10 ปี ของข้อมูลชุดที่ 2

3) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 30 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.30 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 10.0-58.0 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัดเชียงราย และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 30 ปี อยู่ในช่วง 40.0-58.0 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณส่วนใหญ่มีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 10 ปี อยู่ในช่วง 10.0-38.0 เมตรต่อวินาที



รูป 3.30 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดความเร็วลมสูงสุด (หน่วย เมตรต่อวินาที) ที่สามารถเกิดได้ในรอบ 30 ปี ของข้อมูลชุดที่ 2

4) จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 50 ปีในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.31 และพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว ขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้มีขนาดตั้งแต่ 10.0-64.0 เมตรต่อวินาที โดยบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัด เชียงราย จังหวัดสุโขทัย จังหวัดขอนแก่น และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 50 ปี อยู่ในช่วง 40.0-64.0 เมตรต่อวินาที ในขณะที่บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดจันทบุรี จังหวัดมุกดาหาร เทือกเขาเพชรบูรณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช และเทือกเขาถนนธงชัย ซึ่งมีความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 50 ปี อยู่ในช่วง 10.0-22.0 เมตรต่อวินาที

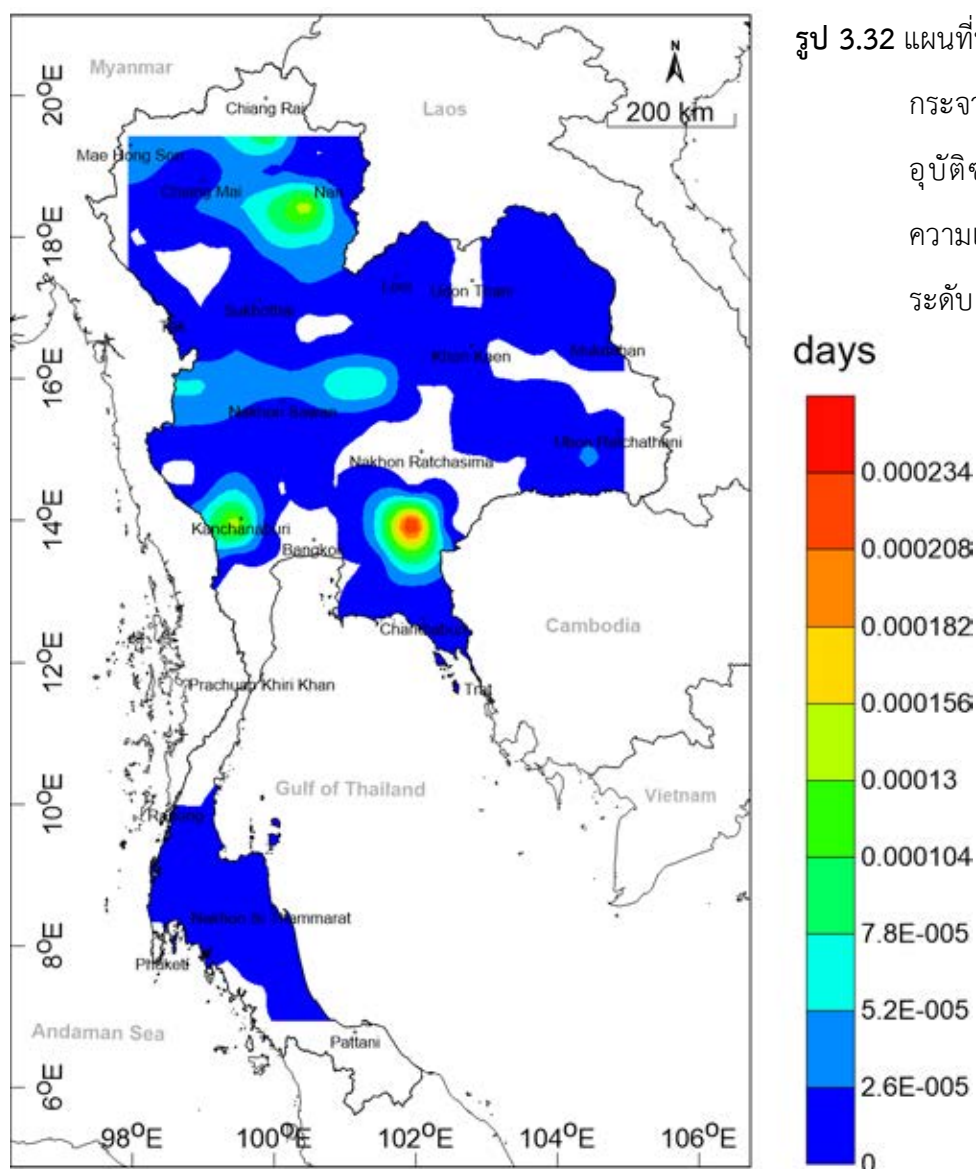


3.7. การประเมินคาบอุบัติซ้ำ (Return Period)

จากสมการที่ถูกเสนอโดย Yadav *et al.* (2011) สามารถนำมาประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วมแต่ละขนาดในเชิงพื้นที่ โดยได้แบ่งความเร็วมออกเป็นระดับตามมาตราโบฟอร์ต พบว่าลมในประเทศไทยอยู่ในมาตราโบฟอร์ตระดับ 0-9 โดยชุดข้อมูลที่ 1 เป็นลมในมาตราโบฟอร์ตระดับ 0-5 และชุดข้อมูลที่ 2 เป็นลมในมาตราโบฟอร์ตระดับ 6-9

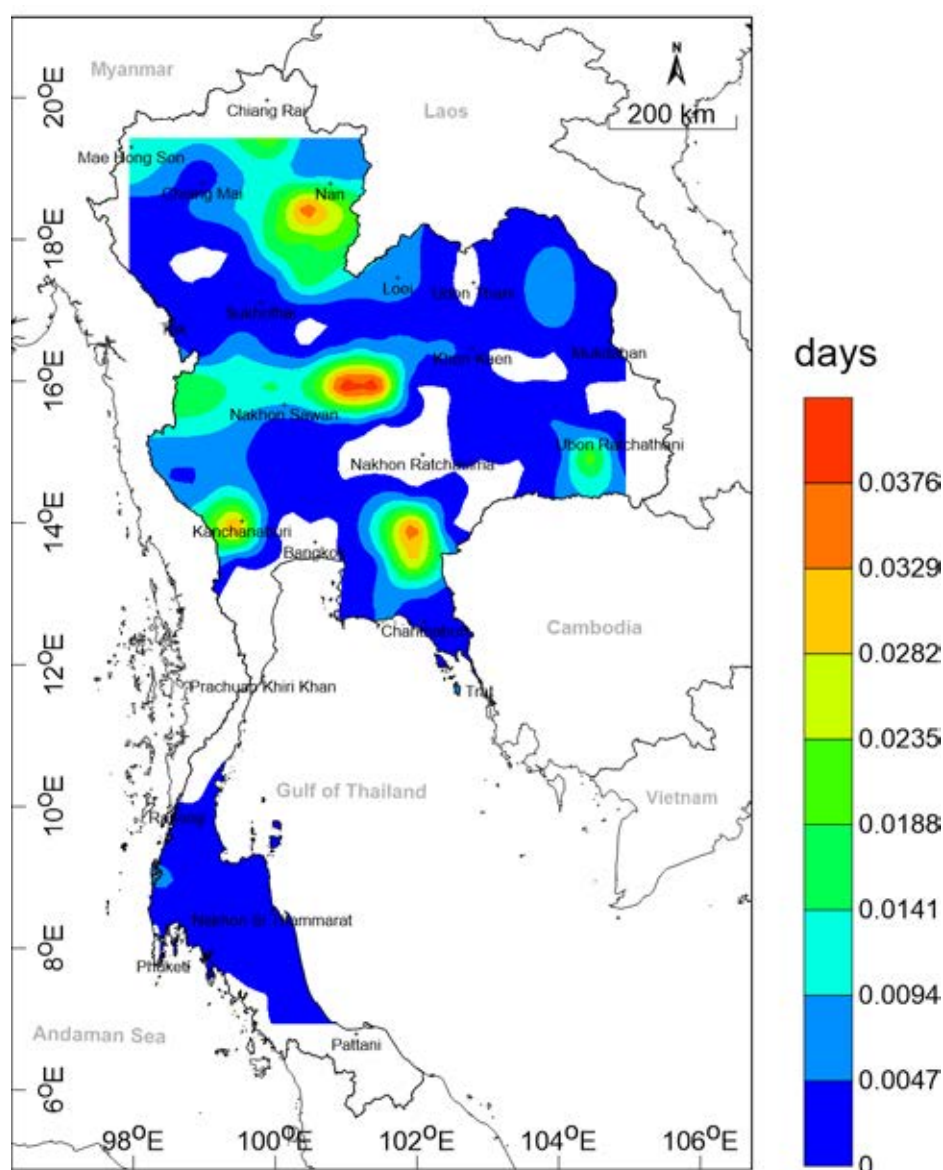
3.7.1. มาตราโบฟอร์ตระดับ 0 (Beaufort Scale 0)

จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วมมาตราโบฟอร์ตระดับ 0 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.32 และพบว่าที่ความเร็วมมาตราโบฟอร์ตระดับ 0 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-0.000234 วัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-0.000026 วัน โดยบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี เทือกเขาสันกำแพง และตอนใต้ของจังหวัดน่าน ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0.00013-0.000234 วัน



3.7.2. มาตราโบฟอร์ตระดับ 1 (Beaufort Scale 1)

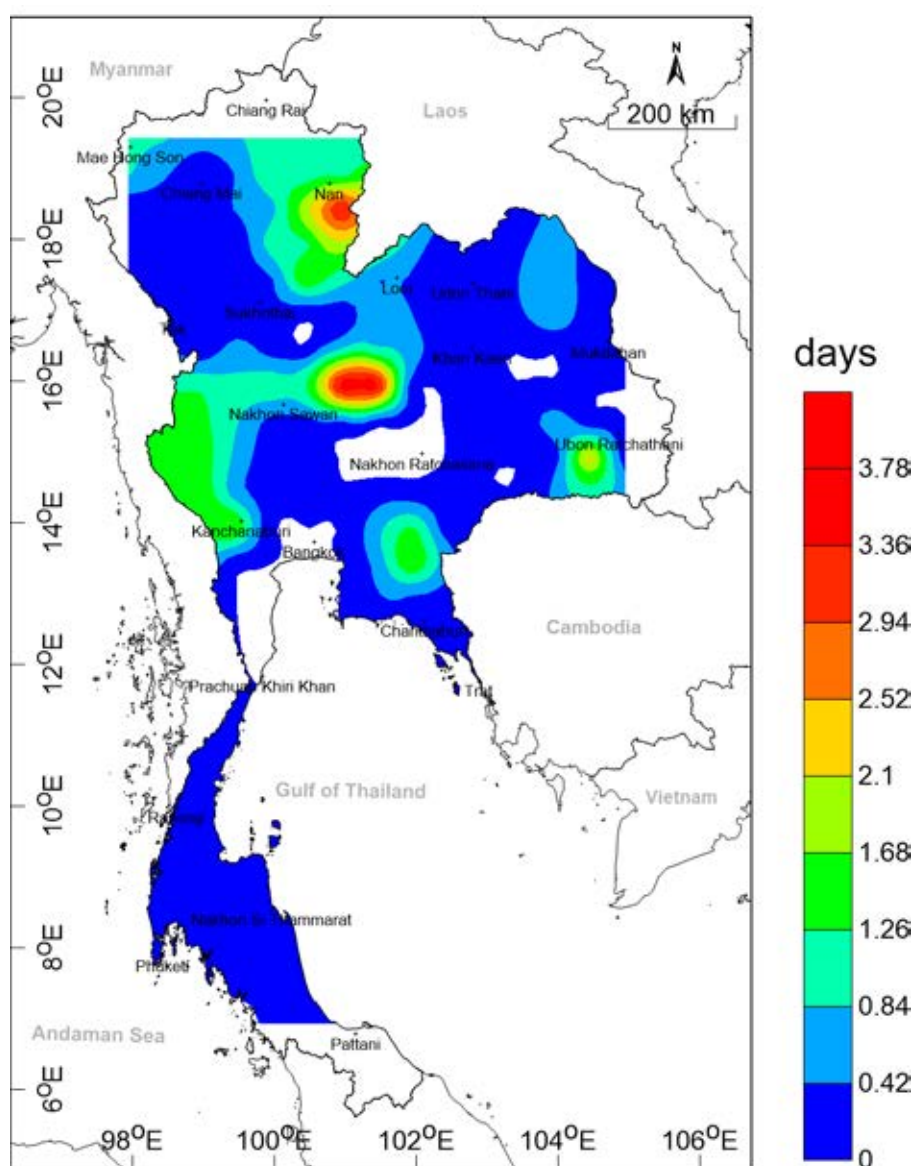
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 1 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.33 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 1 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-0.0376 วัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-0.0188 วัน และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี เทือกเขาสันกำแพง เทือกเขาเพชรบูรณ์ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดเชียงราย และตอนใต้ของจังหวัดน่าน ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0.0188-0.0376 วัน



รูป 3.33 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย วัน) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 1

3.7.3. มาตราโบฟอร์ตระดับ 2 (Beaufort Scale 2)

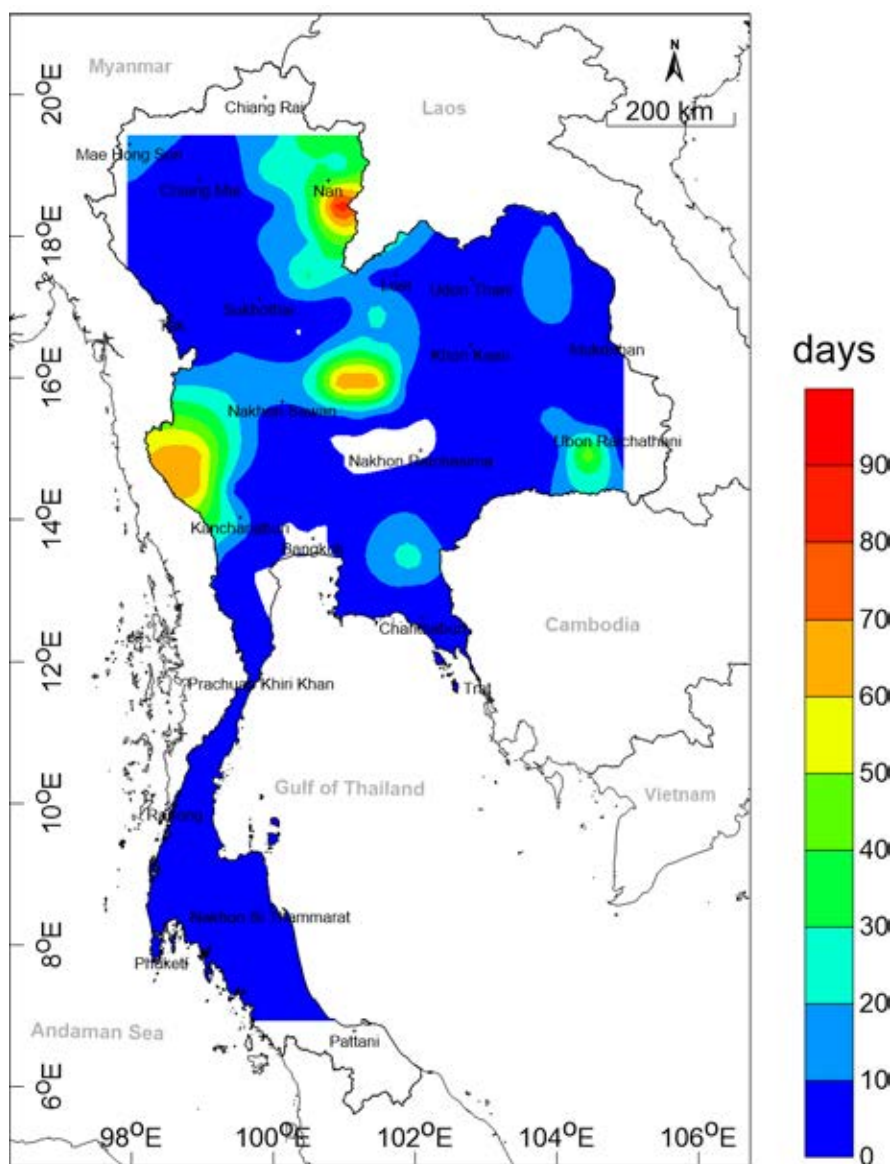
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 2 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.34 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 2 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-3.78 วัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-0.42 วัน และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี เทือกเขาสันกำแพง เทือกเขาเพชรบูรณ์ เทือกเขาถนนธงชัย จังหวัดอุบลราชธานี และตอนใต้ของจังหวัดน่าน ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 1.26-3.78 วัน



รูป 3.34 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย วัน) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 2

3.7.4. มาตราโบฟอร์ตระดับ 3 (Beaufort Scale 3)

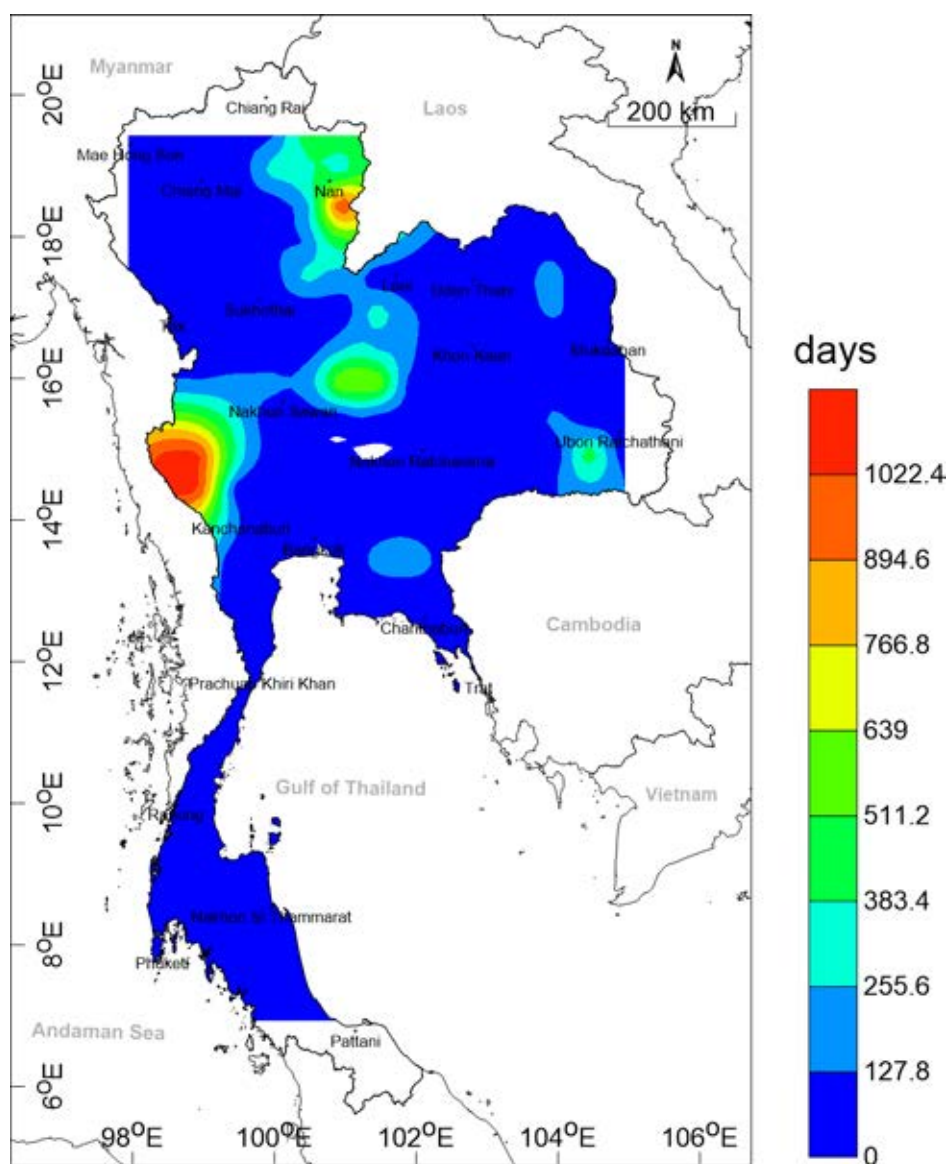
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 3 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.35 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 3 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-90 วัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-10 วัน และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาเพชรบูรณ์ และตอนใต้ของจังหวัดน่าน ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 50-90 วัน



รูป 3.35 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย วัน) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 3

3.7.5. มาตราโบฟอร์ตระดับ 4 (Beaufort Scale 4)

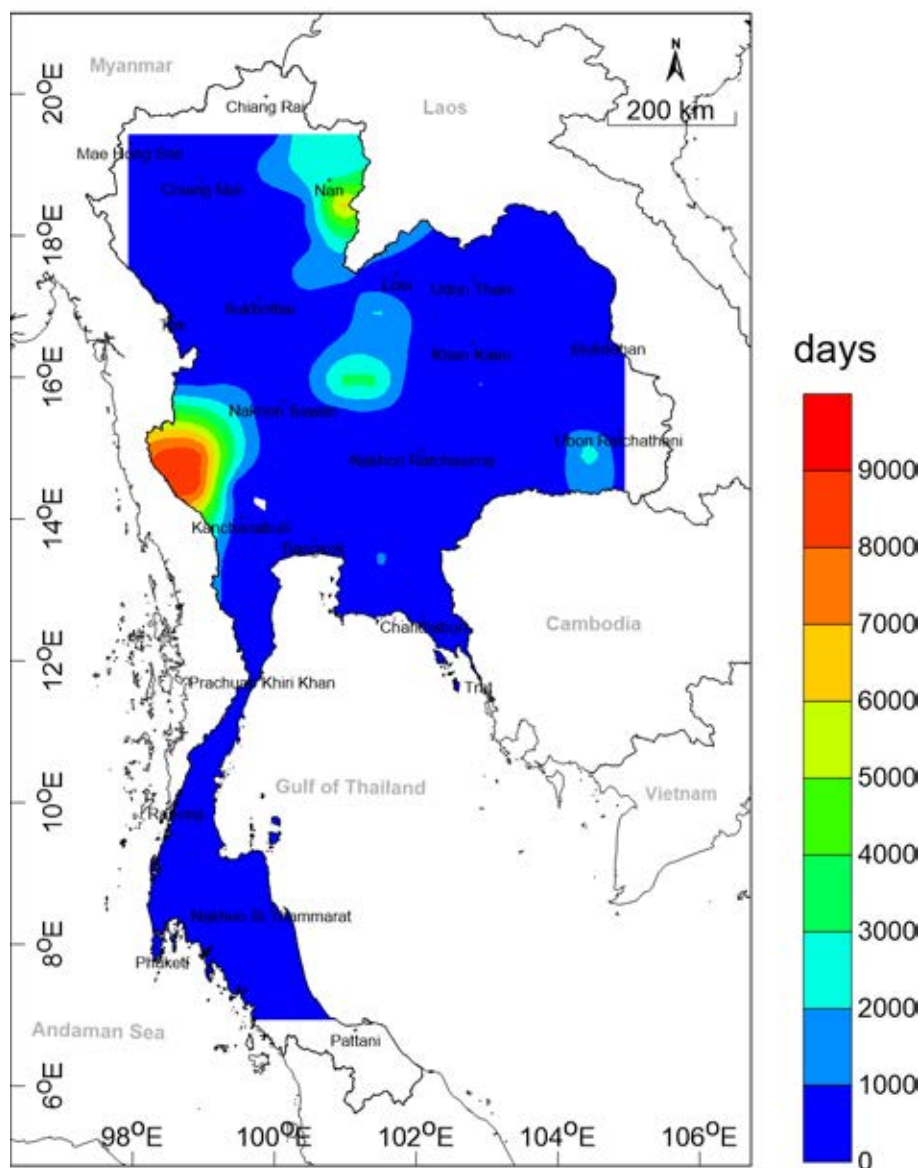
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 4 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.36 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 4 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-1,022 วัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-127 วัน และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และตอนใต้ของจังหวัดน่าน ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 767-1,022 วัน



รูป 3.36 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย วัน) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 4

3.7.6. มาตราโบฟอร์ตระดับ 5 (Beaufort Scale 5)

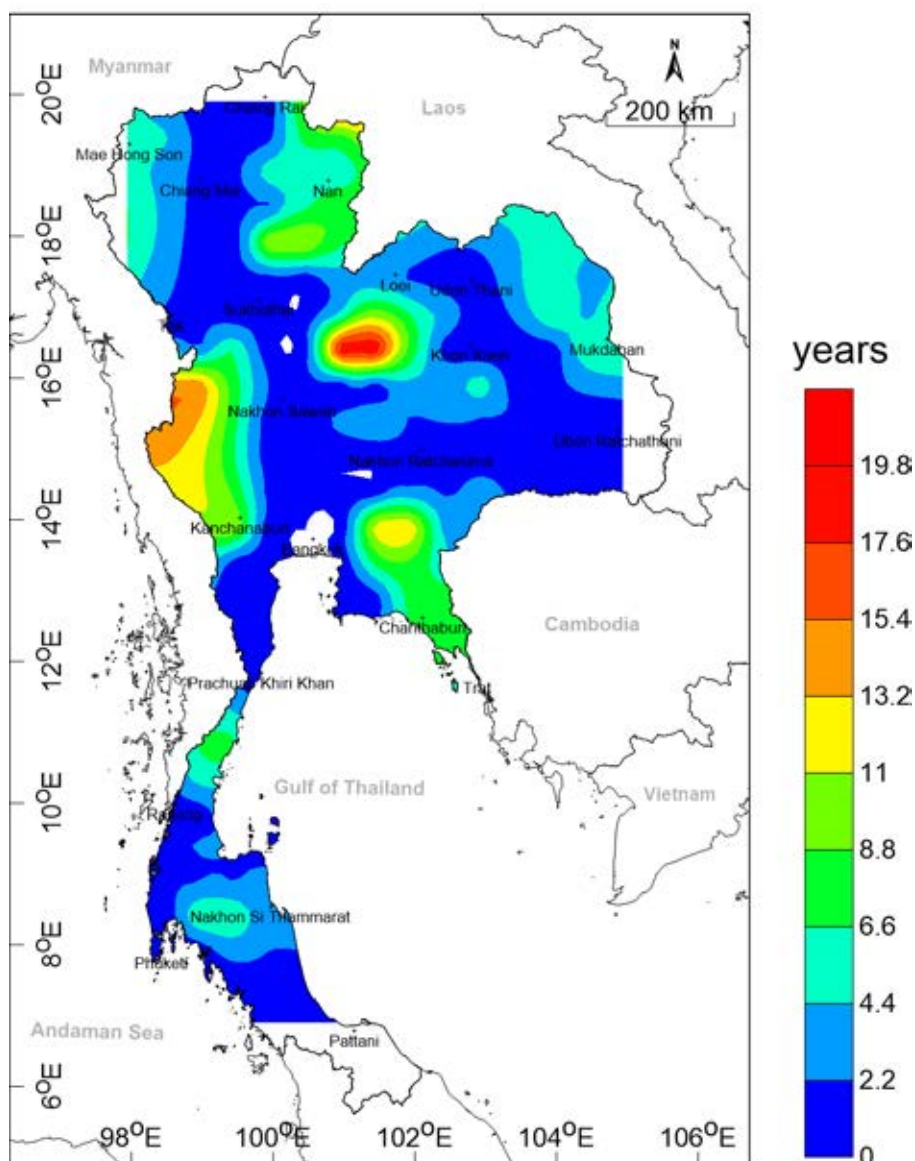
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 5 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.37 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 5 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-9,000 วัน โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-1,000 วัน และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และตอนใต้ของจังหวัดน่าน ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 6,000-9,000 วัน



รูป 3.37 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย วัน) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 5

3.7.7. มาตราโบฟอร์ตระดับ 6 (Beaufort Scale 6)

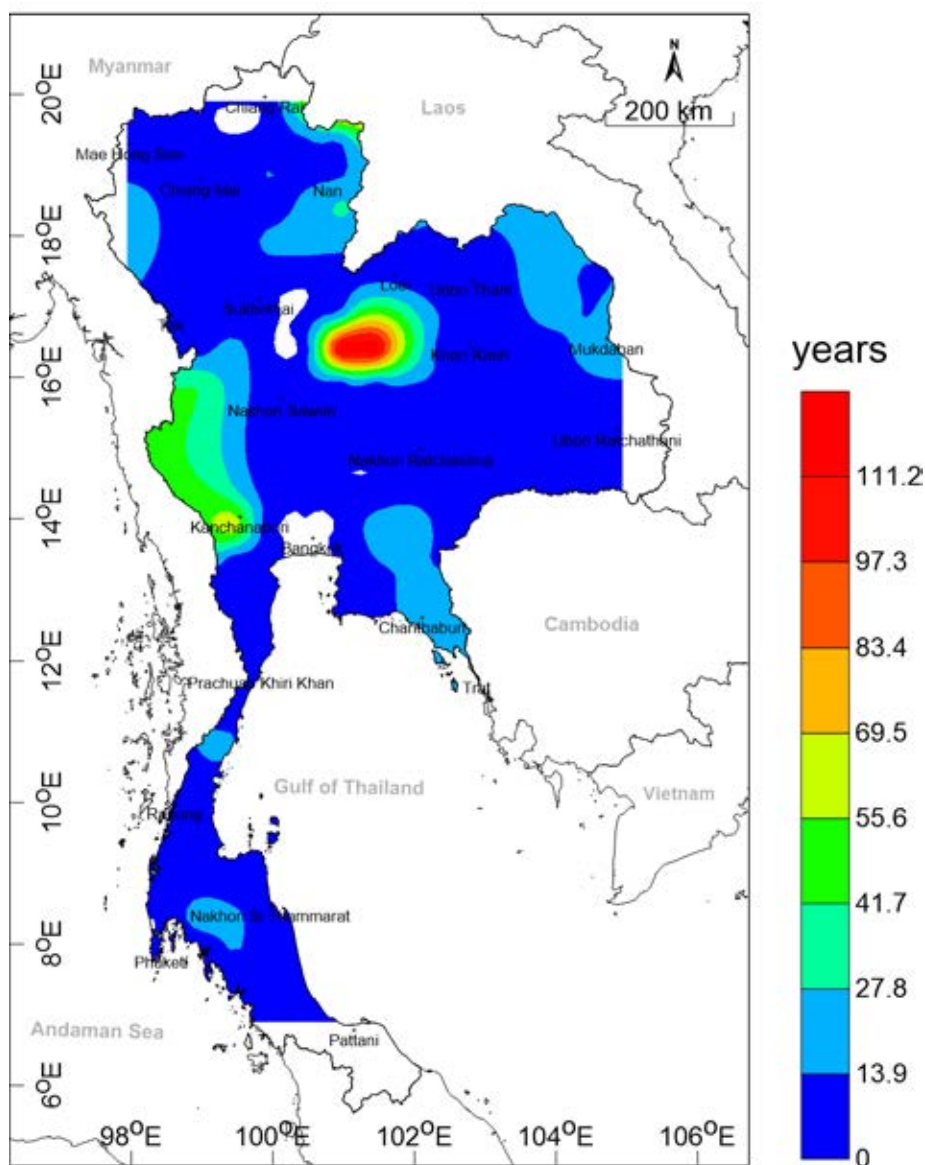
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 6 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.38 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 6 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-19 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-3 ปี และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 11-19 ปี



รูป 3.38 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย ปี) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 6

3.7.8. มาตราโบฟอร์ตระดับ 7 (Beaufort Scale 7)

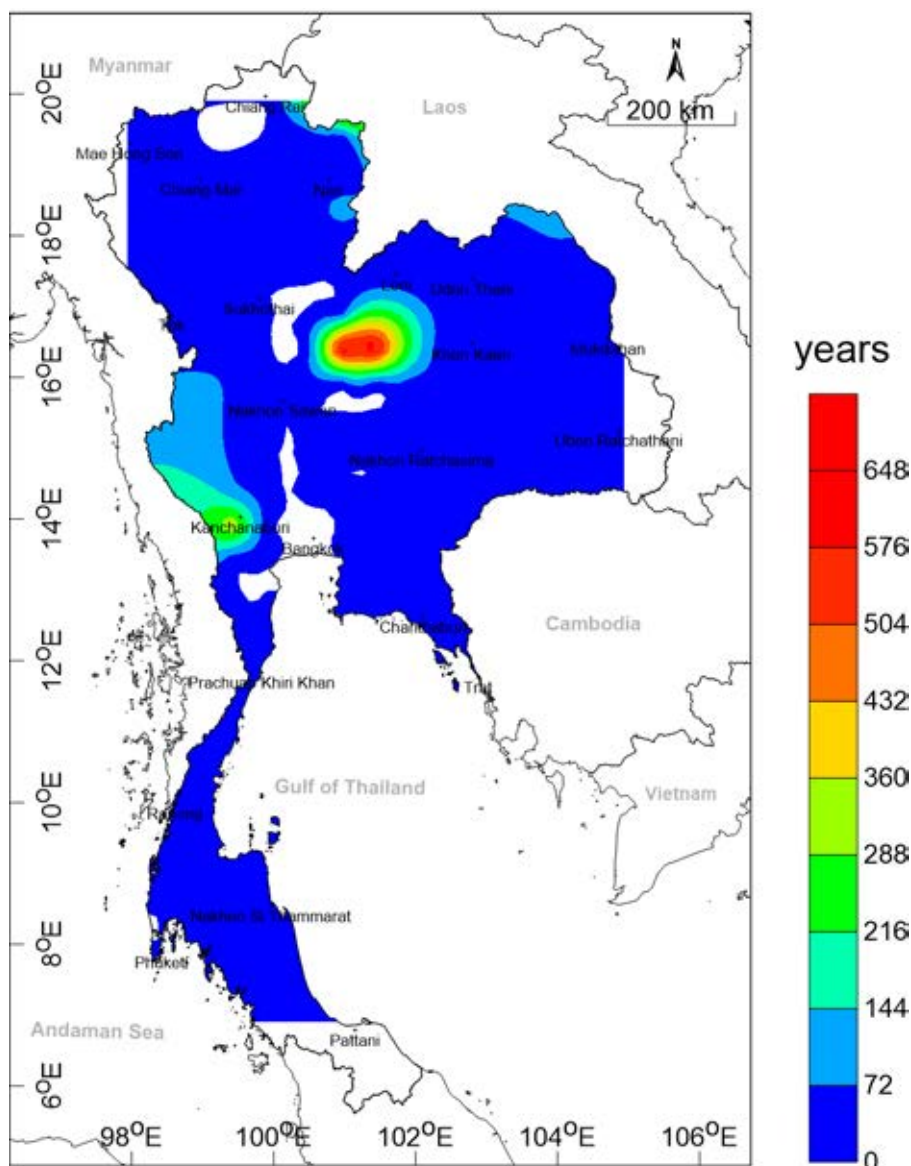
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 7 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.39 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 7 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-111 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-14 ปี และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 56-111 ปี



รูป 3.39 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย ปี) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 7

3.7.9. มาตราโบฟอร์ตระดับ 8 (Beaufort Scale 8)

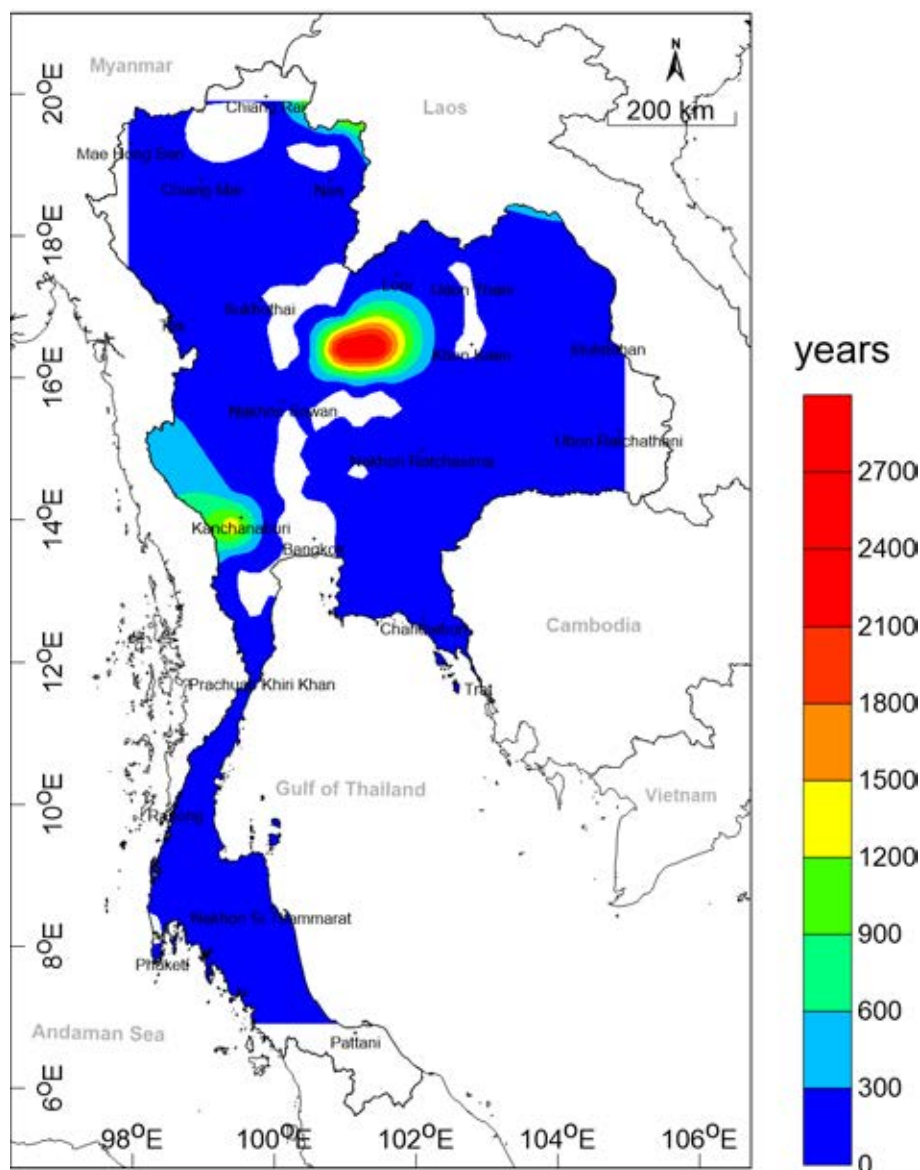
จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 8 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.40 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 8 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-648 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-72 ปี และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงที่สุดคือเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 504-648 ปี และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 288-360 ปี



รูป 3.40 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย ปี) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 8

3.7.10. มาตราโบฟอร์ตระดับ 9 (Beaufort Scale 9)

จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 9 ในเชิงพื้นที่ ได้ผลดังรูป 3.41 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 9 คาบการอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-2700 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 0-300 ปี และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงที่สุดคือเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 1800-2700 ปี และบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงกว่าบริเวณอื่นคือจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีคาบอุบัติซ้ำอยู่ในช่วง 1200-1500 ปี



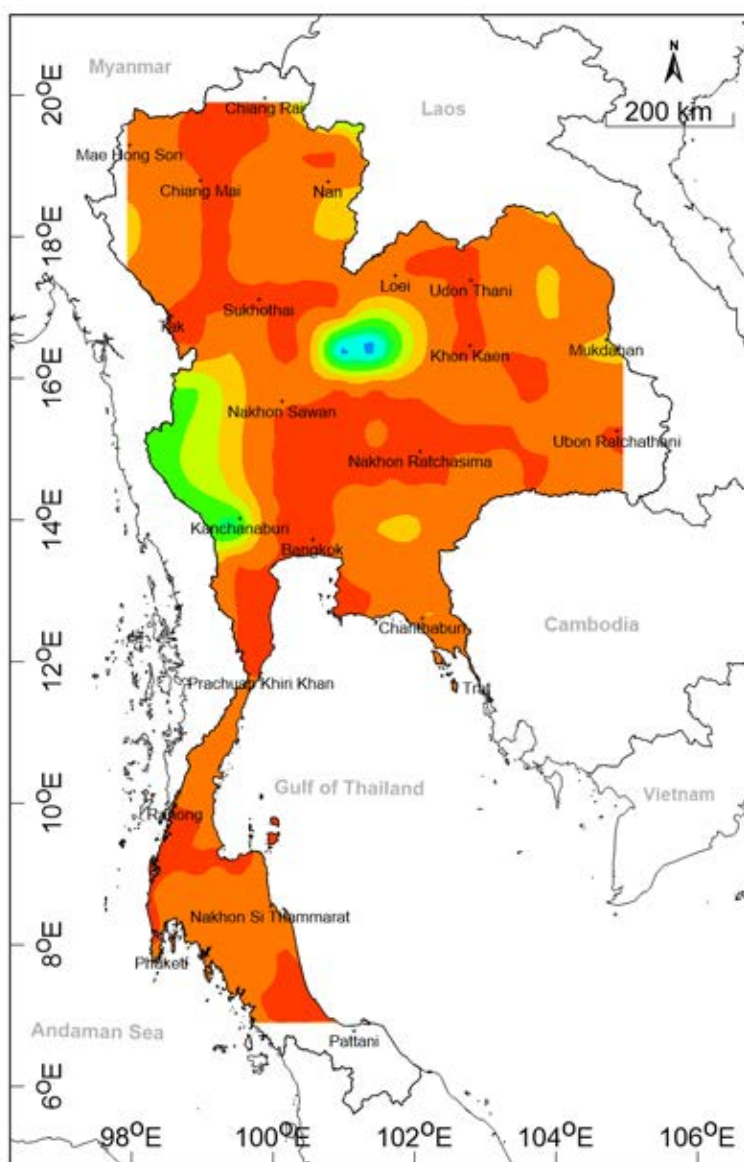
รูป 3.41 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วย ปี) ของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 9

3.8 การประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลม (Probability of Occurrence)

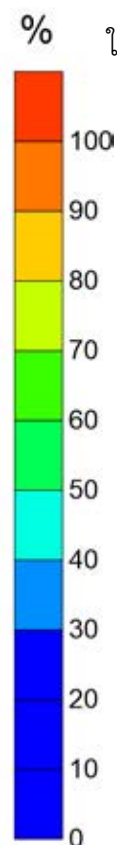
จากสมการที่เสนอโดย Yadav *et al.* (2011) สามารถนำมาประเมินโอกาสในการเกิดลมขนาดต่างๆ ในอีก 50 ปี ในเชิงพื้นที่ โดยได้ทำการประเมินเฉพาะลมที่ถูกจัดเป็นพายุตามมาตราโบฟอร์ตที่พบในประเทศไทย ซึ่งได้แก่มาตราโบฟอร์ตระดับ 7-9

3.8.1. มาตราโบฟอร์ตสเกลระดับ 7

จากการประเมินโอกาสในการเกิดลมโบฟอร์ตสเกลระดับ 7 ในอีก 50 ปี ในเชิงพื้นที่ได้ผลดังรูป 3.42 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 7 มีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 30-100% ในอีก 50 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 90-100% และบริเวณที่มีโอกาสเกิดต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 30-70%

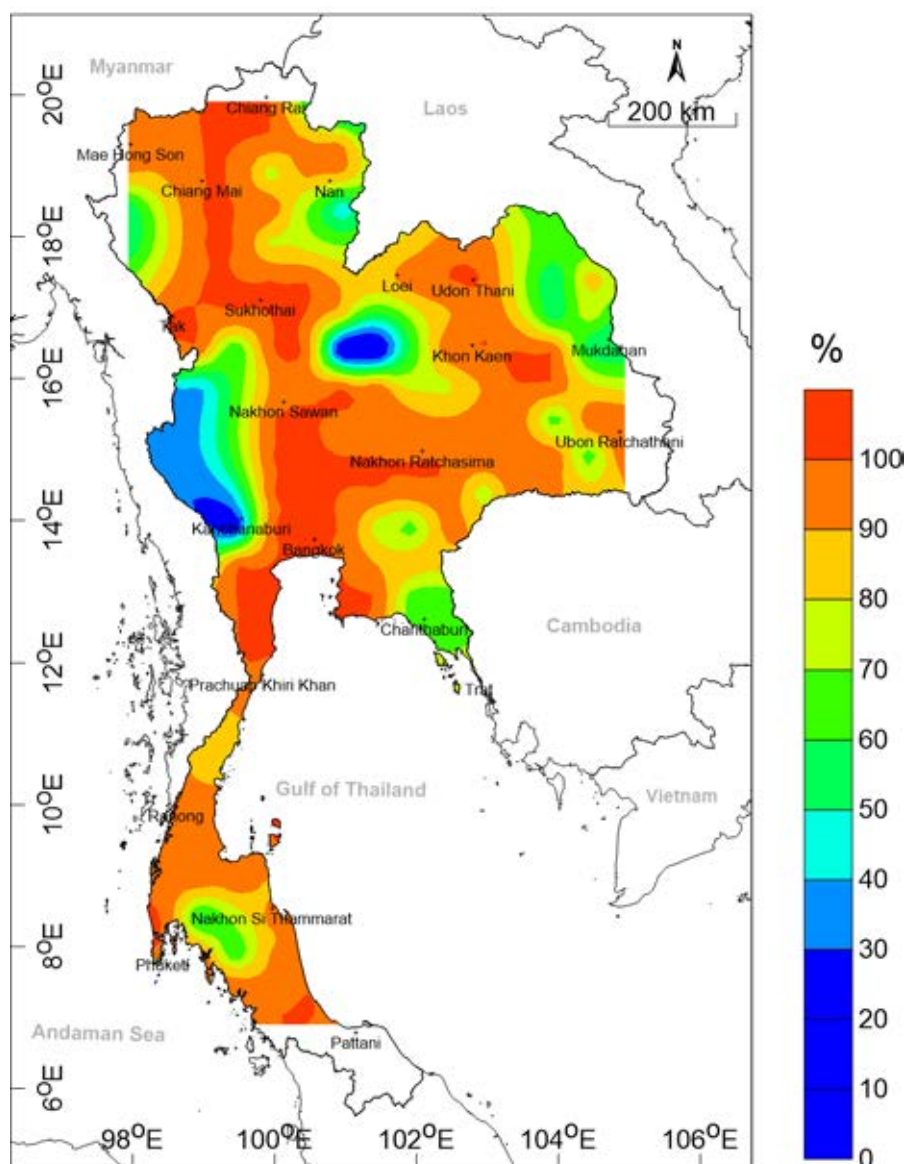


รูป 3.42 แผนที่ประเทศไทย แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลม (หน่วย %) โบฟอร์ตสเกลระดับ 7 ในอีก 50 ปี



3.8.2. มาตราโบฟอร์ตสเกลระดับ 8

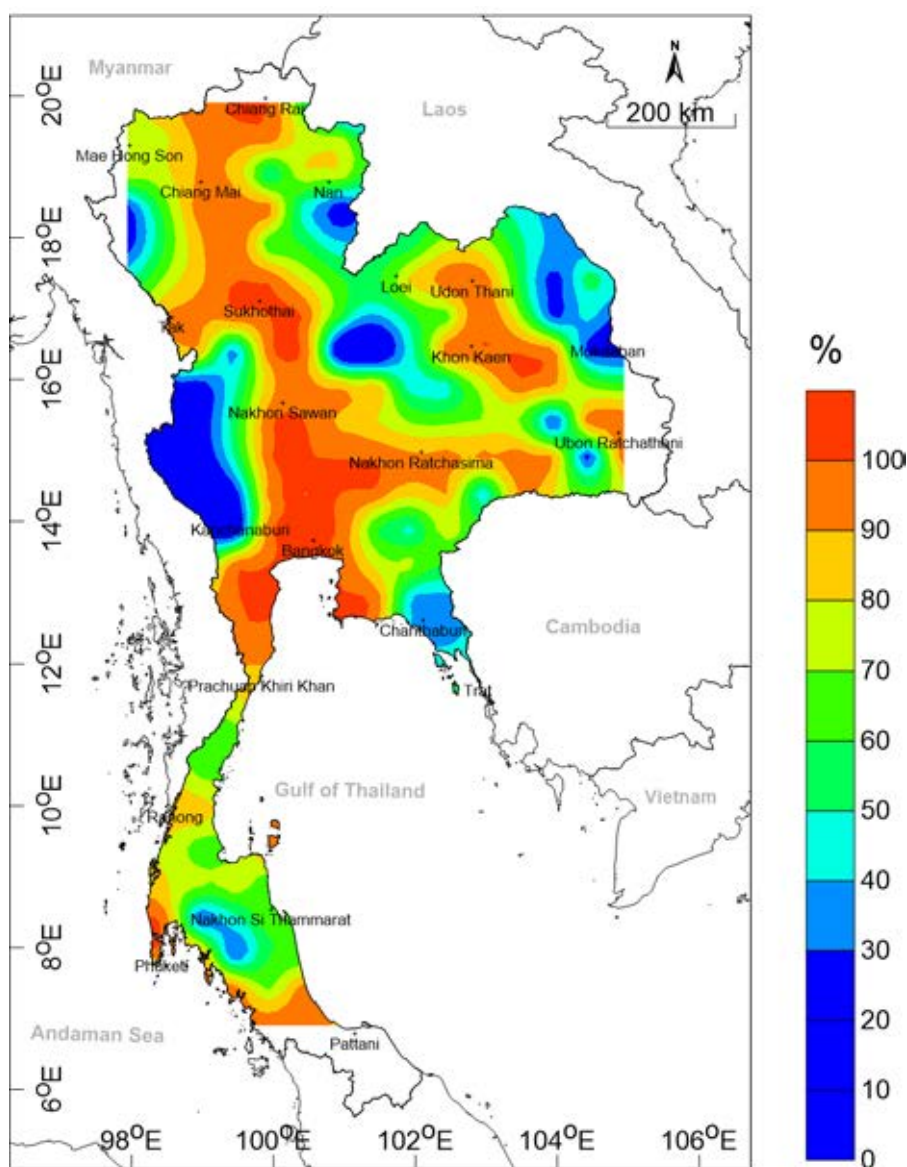
จากการประเมินโอกาสในการเกิดลมโบฟอร์ตสเกลระดับ 8 ในอีก 50 ปี ในเชิงพื้นที่ได้ผลดังรูป 3.43 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 8 มีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 20-100% ในอีก 50 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 90-100% และบริเวณที่มีโอกาสเกิดต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งมีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 30-40%



รูป 3.43 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลม (หน่วย %) โบฟอร์ตสเกลระดับ 8 ในอีก 50 ปี

3.8.3. มาตราโบฟอร์ตสเกลระดับ 9

จากการประเมินโอกาสในการเกิดลมโบฟอร์ตสเกลระดับ 9 ในอีก 50 ปี ในเชิงพื้นที่ได้ผลดังรูป 3.44 และพบว่าที่ความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 9 มีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 20-100% ในอีก 50 ปี โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 50-80% และบริเวณที่มีโอกาสเกิดต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ตอนใต้ของจังหวัดน่าน จังหวัดมุกดาหาร และฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของเชียงใหม่ ซึ่งมีโอกาสเกิดอยู่ในช่วง 20-30% และบริเวณที่มีโอกาสเกิดสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ รอบอ่าว ก ที่ราบภาคกลาง สุโขทัย เชียงราย และฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของขอนแก่น ซึ่งมีโอกาสเกิดประมาณ 100%



รูป 3.44 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลม (หน่วย %) โบฟอร์ตสเกลระดับ 9 ในอีก 50 ปี

3.9 แผนภูมิทิศทางลม (Wind Rose)

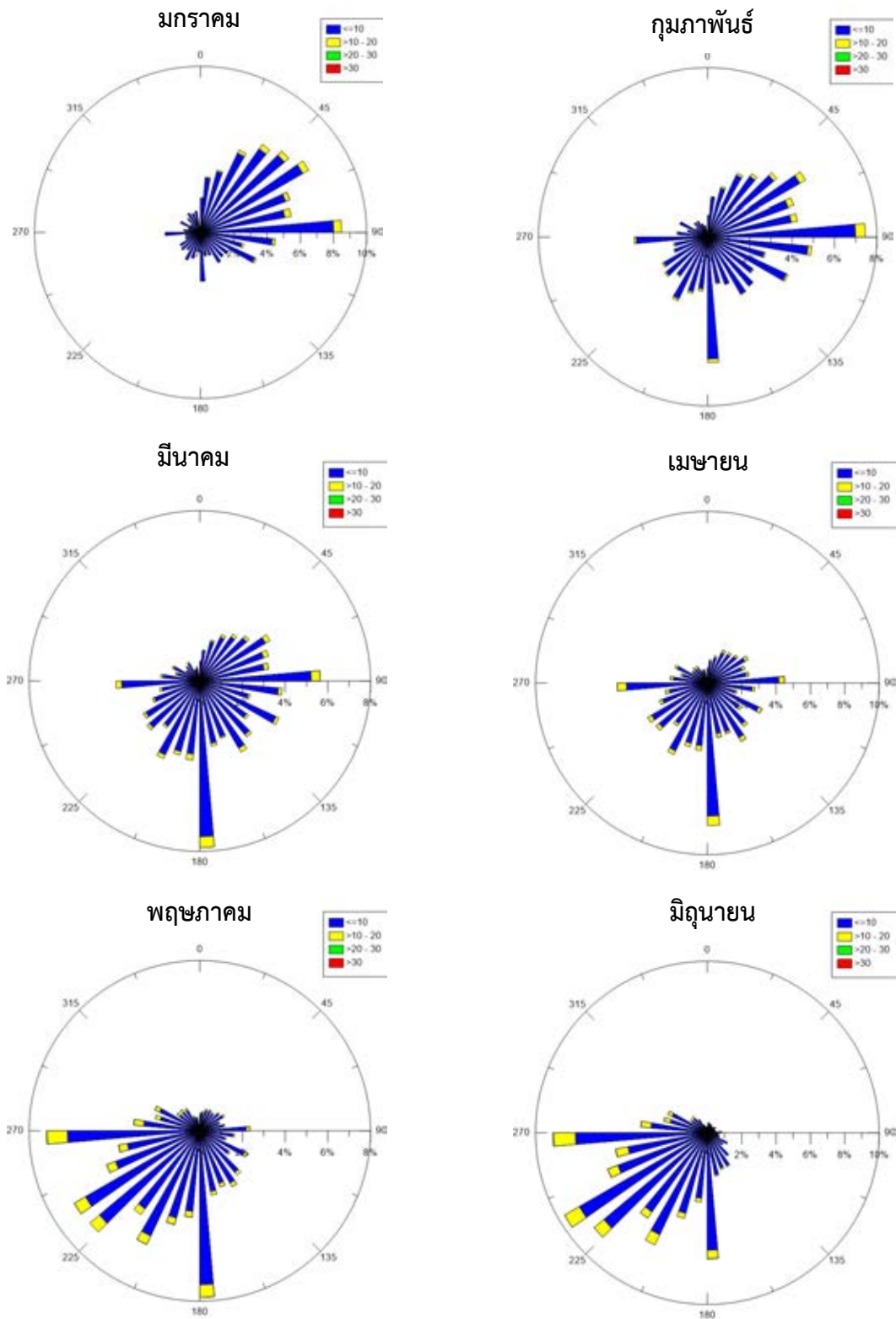
ในการศึกษาพฤติกรรมทิศทางลมในประเทศไทยได้ทำการศึกษาโดยใช้แผนภูมิทิศทางลมซึ่งแสดงต้นกำเนิดของลม (องศา) และเปอร์เซ็นต์ของขนาดความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ต่างๆในแต่ละทิศ โดยได้แบ่งการศึกษออกเป็นเชิงเวลาและเชิงพื้นที่

3.9.1. การศึกษาในเชิงเวลา (Time variation)

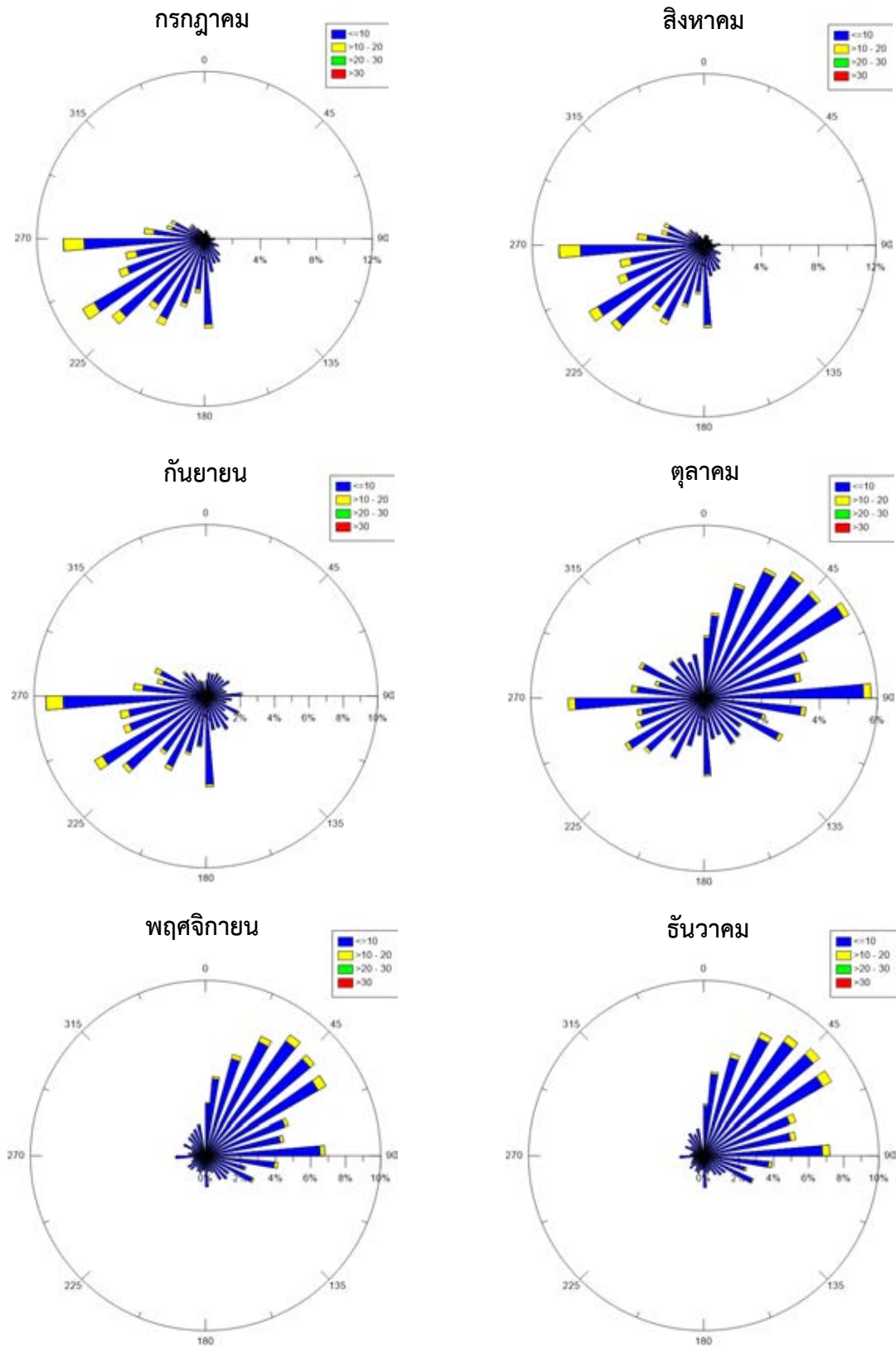
จัดทำแผนภูมิทิศทางลมของแต่ละเดือนดังรูป 3.45 และ 3.46 และพบว่าในเดือนกุมภาพันธ์ลมจะมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทางทิศใต้เป็นหลัก เดือนมีนาคมถึงเมษายน ลมจะมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศใต้เป็นหลัก เดือนพฤษภาคม ลมจะมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศตะวันตกและและทางทิศใต้ เดือนมิถุนายนถึงกันยายน ลมจะมีต้นกำเนิดมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่และลมที่มาจากทิศตะวันตกมีความเด่นมากที่สุด เดือนตุลาคมลมจะพัดอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้โดยลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีมากกว่าลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และในเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ลมจะมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก โดยความเร็วลมส่วนใหญ่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที

3.9.2. การศึกษาในเชิงพื้นที่ (Spacial variation)

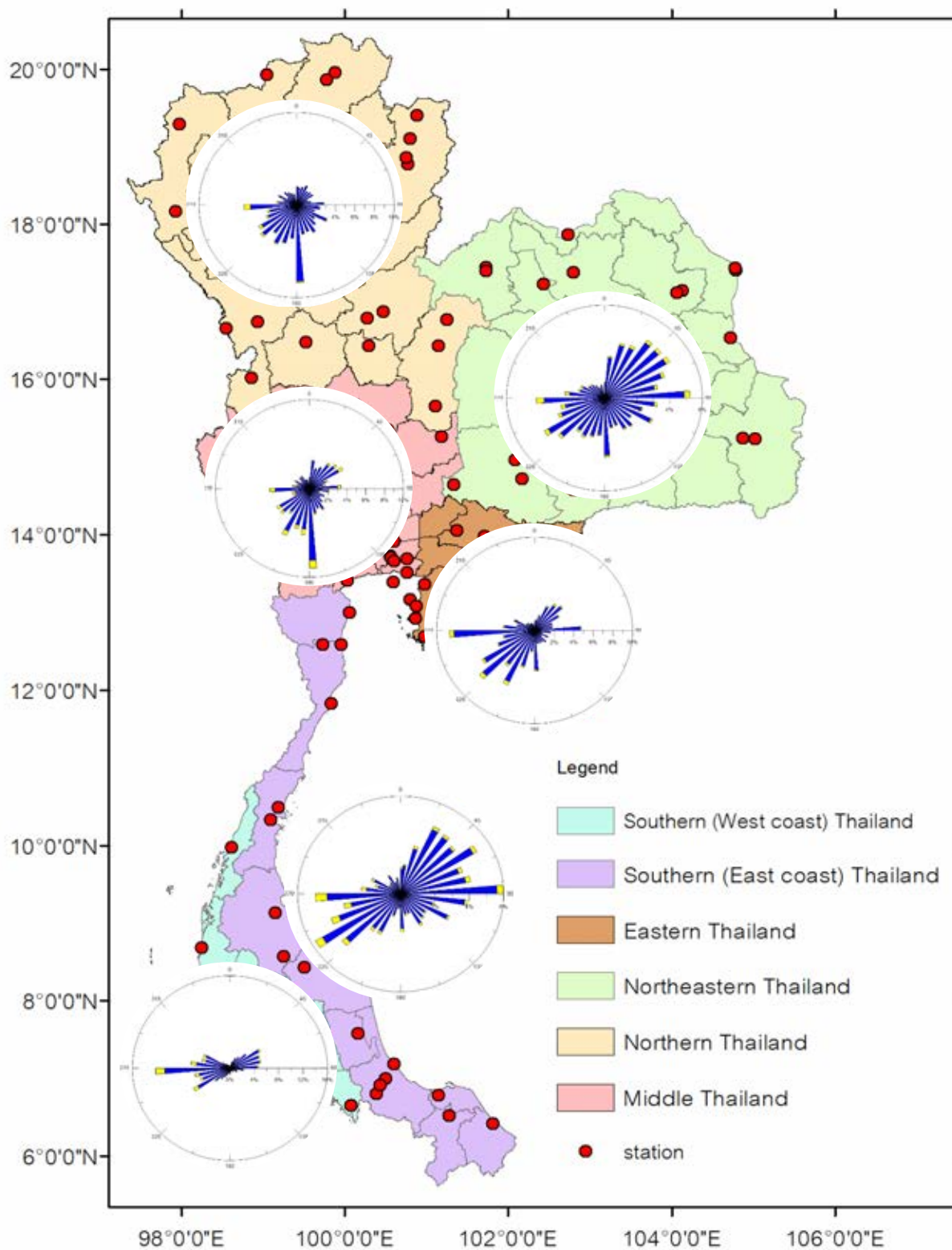
จัดทำแผนภูมิลมในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย โดยแบ่งออกเป็น 6 ภูมิภาคตามลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศแบบกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ฝั่งตะวันออกและภาคใต้ฝั่งตะวันตก ดังรูป 3.47 พบว่าในภาคเหนือลมมีทิศต้นกำเนิดมาจากทางทิศใต้และบางส่วนมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในภาคกลางลมมีทิศทางลมมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศใต้เป็นส่วนใหญ่และบางส่วนอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือลมมีต้นกำเนิดอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ในภาคตะวันออกลมมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศตะวันออกเป็นหลักและมีบางส่วนอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงและตะวันตกเฉียงใต้ สำหรับภาคใต้ฝั่งตะวันออกลมมีทิศต้นกำเนิดอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก และในภาคใต้ฝั่งตะวันตกลมมีต้นกำเนิดมาจากทางทิศตะวันตกเป็นหลัก



รูป 3.45 แผนภูมิทิศทางลมในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และ มิถุนายน



รูป 3.46 แผนภูมิทิศทางลมในประเทศไทยตั้งแต่เดือนกรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และ ธันวาคม



รูป 3.47 แผนที่ประเทศไทยแสดงแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก

บทที่ 4

อภิปรายผล

(DISCUSSION)

การศึกษาผลกระทบความเร็วและทิศทางของลมในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมสูงสุดรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศไทยซึ่งมีสถานีตรวจทั้งหมด 129 สถานีทั่วประเทศ พบว่า

4.1. การประเมินการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมโดยรวม (Analysis of a Value and b Value)

1) ชุดข้อมูลที่ 0 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดไม่เกิน 1 ซึ่งไม่เป็นไปตามทฤษฎีความความสัมพันธ์เชิงความถี่ของขนาดเหตุการณ์ เนื่องจากขนาดความเร็วลมน้อยและไม่แสดงถึงพฤติกรรมที่แท้จริงของลม ข้อมูลชุดนี้จึงจะไม่ถูกนำไปศึกษาต่อ

2) ชุดข้อมูลที่ 1 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1 แต่ไม่เกิน 1.3 ซึ่งพบว่ามีค่า **a** เท่ากับ **8.95** และค่า **b** เท่ากับ **3.53±0.005**

3) ชุดข้อมูลที่ 2 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1.3 แต่ไม่เกิน 1.8 ซึ่งพบว่ามีค่า **a** เท่ากับ **9.48** และค่า **b** เท่ากับ **3.91±0.02**

4) ชุดข้อมูลที่ 3 ลอการิทึมของขนาดความเร็วลมฐาน 10 ที่มีขนาดมากกว่า 1.8 ซึ่งพบว่ามีค่า **a** เท่ากับ **4.03** และค่า **b** เท่ากับ **1.24±0.2** แต่มีสถานีตรวจวัดเพียง 2 สถานีเท่านั้นได้แก่ สถานีตรวจวัดจังหวัดเพชรบุรี และสถานีตรวจวัดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ข้อมูลชุดนี้จึงจะไม่ถูกนำไปศึกษาต่อ

จากการวิเคราะห์ค่า **a** และค่า **b** พบว่าบริเวณที่มีค่า **a** สูงจะมีค่า **b** สูงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ค่า **a** แสดงถึงอัตราการเกิดลม โดยบริเวณที่มีค่า **a** สูงจะมีอัตราการเกิดลมสูงไปด้วย และตรงกับงานวิจัยของ Nuannin (2006) ซึ่งพบว่าค่า **a** และค่า **b** มีความสัมพันธ์กัน โดยค่า **a** แสดงถึงขนาดแผ่นดินไหว ในขณะที่ค่า **b** แสดงถึงค่าความเครียด (stress) และค่า **a** กับค่า **b** มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

4.2. การประเมินการกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมเชิงพื้นที่ (Analysis of a Value and b Value in Spatial)

1) ข้อมูลชุดที่ 1 โดยพบว่าค่า **b** มีค่าตั้งแต่ 4.6-8.0 และค่า **a** มีค่าตั้งแต่ 7.8-13.4 โดยบริเวณที่มีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ตอนบนของจังหวัดตาก จังหวัดนครราชสีมา ฝั่งตะวันออกของจังหวัดขอนแก่น บริเวณรอบอ่าวรูป ก และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย และบริเวณที่มีค่าต่ำกว่าบริเวณอื่นได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเลย ภาคกลางตอนบน และภาคตะวันออก และพบว่า

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 0.64 ซึ่งถือว่ามีค่าน้อยมากและบ่งชี้ได้ว่าค่า b และค่า a ที่ได้มีความแปรปรวนต่ำ นอกจากนี้เมื่อดูผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ พบว่ามีค่า 72-95% ซึ่งถือว่ามีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือในเชิงสถิติที่ค่อนข้างดี

2) ข้อมูลชุดที่ 2 โดยพบว่าค่า b มีค่าตั้งแต่ 2.5-8.9 และค่า a มีค่าตั้งแต่ 4.0-14.0 โดยบริเวณที่มีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นได้แก่ บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดกาญจนบุรี ฝั่งตะวันออกของจังหวัดอุบลราชธานี และบริเวณที่มีค่าต่ำได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตอนบนของจังหวัดน่าน จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออก และจังหวัดชุมพร และพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b มีส่วนใหญ่มิมีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 0.5 ซึ่งถือว่ามีค่าน้อยและบ่งชี้ได้ว่าค่า b และค่า a ที่ได้มีความแปรปรวนค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้เมื่อดูผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลใช้วิเคราะห์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของสมการความสัมพันธ์เชิงความถี่ พบว่ามีค่า 86.2-91.6% ซึ่งถือว่ามีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือในเชิงสถิติที่ดี

4.3. การประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุด (Maximum Velocity)

1) ข้อมูลชุดที่ 1 จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในรอบ 5 10 30 และ 50 ปี ในเชิงพื้นที่ พบว่าบริเวณที่ขนาดความเร็วลมสูงได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดสุโขทัย ตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราช และตอนเหนือของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ราบยกเว้นบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำได้แก่ จังหวัดน่าน และเทือกเขาถนนธงชัย ซึ่งมีลักษณะเป็นเทือกเขา

2) ข้อมูลชุดที่ 2 จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในรอบ 5 10 30 และ 50 ปี ในเชิงพื้นที่ พบว่าบริเวณที่ขนาดความเร็วลมสูงได้แก่ ที่ราบตอนกลางของประเทศไทย จังหวัดเชียงราย จังหวัดสุโขทัย จังหวัดขอนแก่น และภาคใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ราบและบริเวณที่อยู่ติดกับทะเล ยกเว้นบริเวณจังหวัดเชียงราย บริเวณที่มีขนาดความเร็วลมต่ำได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดจันทบุรี จังหวัดมุกดาหาร เทือกเขาเพชรบูรณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช และเทือกเขาถนนธงชัย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีลักษณะเป็นเทือกเขา

เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในรอบ 50 ปี กับผลการศึกษาของ อติวัฒน์ (2546) ที่ได้ทำการศึกษาระบายตัวเชิงพื้นที่ของความเร็วลมสูงสุดที่คาบการกลับ 50 ปี โดยใช้แบบจำลองทางสถิติวิธี Extreme Value Distribution Type III (Reverse Weibull) ได้ผลเป็น

ความเร็วลมในช่วง 40-55 เมตรต่อวินาที ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยชิ้นนี้ แต่งานวิจัยชิ้นนี้มีช่วงของขนาดความเร็วลมสูงสุดที่มากกว่า เนื่องจากสามารถบอกขนาดความเร็วลมได้ละเอียดขึ้น

อย่างไรก็ตามช่วงเวลาที่พิจารณาจะส่งผลต่อขนาดความเร็วลมสูงที่ประเมินได้ ซึ่งแต่ละช่วงเวลาที่พิจารณาก็จะมีความเหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกัน อย่างเช่น ถ้าพิจารณาในช่วง 50 ปี จะเหมาะกับงานวิศวกรรมเพื่อให้โครงสร้างอาคารมีความแข็งแรงมากที่สุด เป็นต้น

4.4. การประเมินคาบอุบัติซ้ำ (Return Period)

จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 0-9 ในเชิงพื้นที่ พบว่าคาบอุบัติซ้ำจะมีค่าสูงขึ้นตามระดับมาตราโบฟอร์ตที่เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากมาตราโบฟอร์ตแต่ละระดับมีความคล้ายคลึงกันคือมีบริเวณที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นบริเวณเทือกเขา โดยการที่มีคาบอุบัติซ้ำสูงหมายถึงบริเวณที่มีอัตราการเกิดลมต่ำ สอดคล้องกับขนาดความเร็วลมสูงที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลาที่พิจารณาในข้อ 4.3.

4.5. การประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลม (Probability of Occurrence)

จากการประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 7-9 ในอีก 50 ปีเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นระดับที่จัดเป็นพายุ ได้แก่ พายุปานกลาง พายุกระโชก และพายุแรงตามลำดับ และช่วงเวลา 50 ปี เป็นช่วงที่ใช้ในเชิงวิศวกรรมเพื่อออกแบบสิ่งก่อสร้างดังนั้นแผนที่การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาสในการเกิดลมจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยพบว่าบริเวณที่มีโอกาสเกิดสูงได้แก่ รอบอ่าว ก ที่ราบภาคกลาง สุโขทัย เชียงราย และฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของขอนแก่น โดยส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณที่ราบยกเว้นบริเวณเชียงราย สำหรับบริเวณที่มีโอกาสเกิดต่ำได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ตอนใต้ของจังหวัดน่าน จังหวัดมุกดาหาร และฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของเชียงใหม่ ซึ่งก็จะตรงกับบริเวณที่เป็นเทือกเขาของประเทศไทย

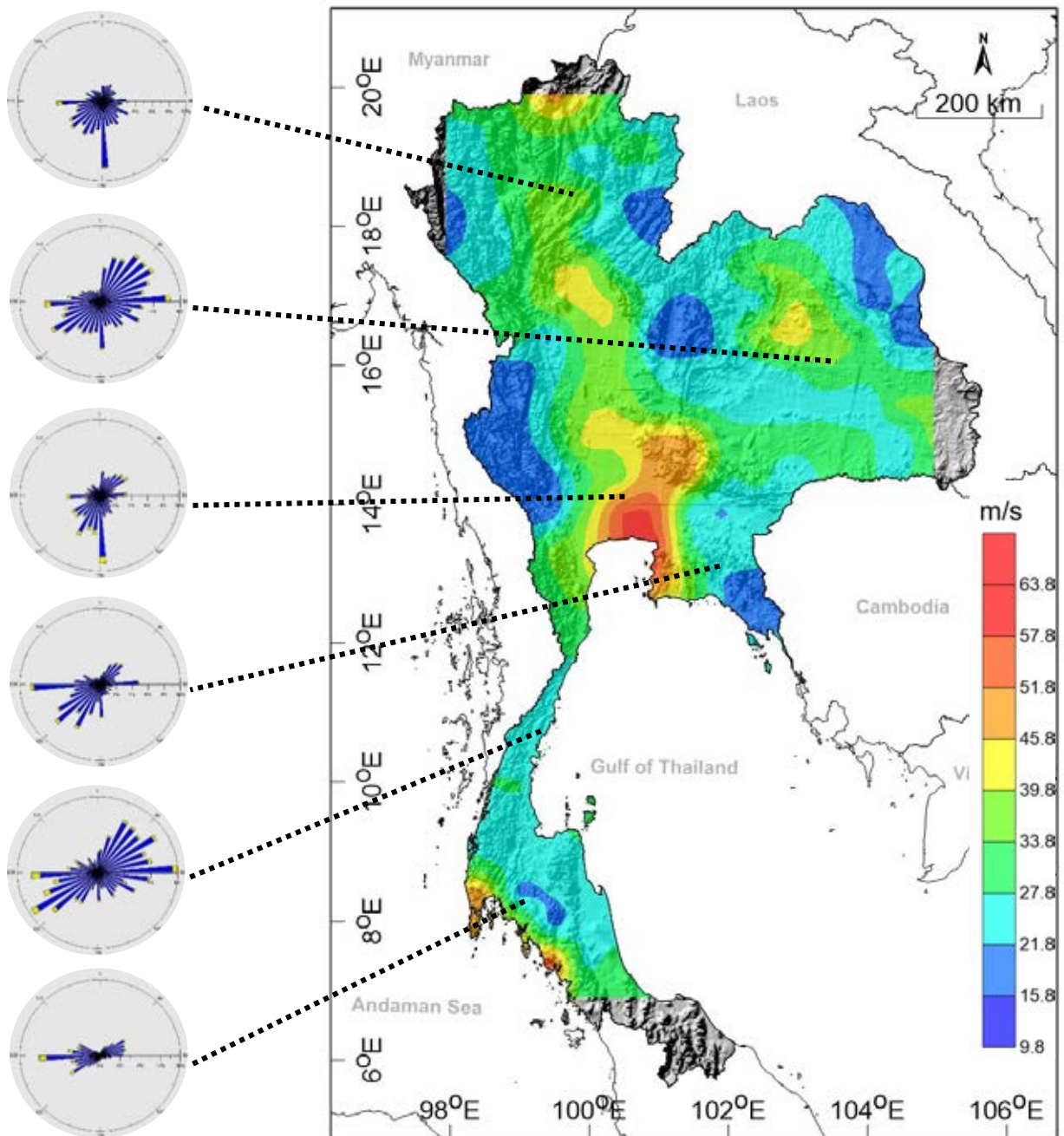
4.6. แผนภูมิทิศทางลม (Wind Rose)

1) การศึกษาเชิงเวลา พบว่าในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนเป็นช่วงที่ลมตะเภาที่พัดจากอ่าวไทยไปตามแม่น้ำเจ้าพระยาทางทิศเหนือมีอิทธิพลต่อทิศทางลม ส่วนในช่วงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเดือนที่เปลี่ยนจากอิทธิพลของลมตะเภาไปเป็นอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งในเดือนมิถุนายนจนถึงกันยายนก็จะเป็นช่วงที่ทิศทางลมในไทยได้รับผลกระทบจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อย่างเต็มตัว และเมื่อเข้าสู่เดือนตุลาคมทิศทางลมส่วนใหญ่จะมีต้นกำเนิดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือแต่ก็ยังมิมลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้อยู่ บางเนื่องจากเป็นช่วงที่มีเปลี่ยนฤดูมรสุม สำหรับเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคมลมจะมีทิศมาจากทางตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมที่เกิดจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเวลาดังกล่าว และสุดท้ายในเดือนกุมภาพันธ์ ต้นกำเนิดลมเริ่มเปลี่ยนจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นทิศใต้ตามอิทธิพลของลมตะเภา

2) การศึกษาเชิงพื้นที่ พบว่าบริเวณภาคกลางและภาคเหนือของไทยมีลมที่พัดมาจากทางใต้เป็นหลัก เนื่องจากลมที่พัดจากอ่าวไทยเข้ามายังบริเวณภาคกลางตอนล่างและพัดต่อเนื่องไปทางทิศเหนือ ซึ่งในภาคเหนือจะมีเทือกเขาที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ และเกือบเหนือ-ใต้เป็นตัวบังคับทิศทางลม สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกของไทย เป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากลมมีทิศอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นบริเวณที่ราบสูงและมีบริเวณกว้างจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมค่อนข้างมาก สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นบริเวณที่อยู่ติดกับทะเลทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ทำให้ได้รับอิทธิพลจากลมทะเลที่พัดเข้ามาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ด้วย แต่จะเห็นว่ามียลมส่วนใหญ่ที่พัดเข้ามาทางทิศตะวันตกด้วยเนื่องจากตำแหน่งสถานีส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณขอบฝั่งตะวันตกของภูมิภาค และสำหรับภาคใต้ฝั่งตะวันออกต้นกำเนิดลมมีทิศมาจากทางตะวันตกเพราะเป็นฝั่งที่อยู่ติดกับทะเลอันดามันและอยู่ทางตอนล่างของประเทศซึ่งจะเข้าไปใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้ลมพัดอยู่ในแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก

4.7. ความเร็วและทิศทางลม (Wind Velocity and Wind Direction)

จากผลการศึกษาความเร็วและทิศทางของลมที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อนำแผนที่การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในรอบ 50 ปี มาศึกษาร่วมกับแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละภูมิภาคและศึกษาร่วมลักษณะภูมิประเทศดังรูป 4.1 พบว่าขนาดความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับลักษณะความเป็นที่ราบ โดยมีการแปรผันตรงต่อกัน ซึ่งที่ราบที่มีความเร็วลมสูงได้แก่ บริเวณที่ราบตอนกลางของประเทศ บริเวณที่ราบฝั่งตะวันออก และจังหวัดขอนแก่น โดยพบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมสูงเป็นพิเศษที่อยู่ติดกับทะเลจะมีความสัมพันธ์กับทิศทางลมด้วย เช่น บริเวณรอบอ่าว ก โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่างลมจะพัดมาจากทางทิศใต้ทำให้บริเวณพื้นที่รับลมมีความเร็วสูงเป็นพิเศษ คาดว่ามีความเกี่ยวข้องกับลมทะเลที่พัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่งในตอนกลางวัน บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตกเป็นบริเวณที่ลมพัดมากทิศตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ ทำให้บริเวณพื้นที่รับลมมีความเร็วลมมากเป็นพิเศษ นอกจากนี้ในบริเวณที่อยู่ในพื้นที่วิปที่เป็นแนวปะทะระหว่างทิศทางลมและแนวเขาจะพบว่ามีความเร็วลมสูงเป็นพิเศษ ได้แก่ บริเวณจังหวัดสุโขทัยที่ติดกับเทือกเขาในภาคเหนือ บริเวณจังหวัดชัยภูมิที่อยู่ติดกับเทือกเขาสันกำแพง เป็นต้น ในส่วนของบริเวณจังหวัดเชียงรายที่มีความเร็วสูงกว่าปกติพบว่าตำแหน่งสถานีตั้งอยู่บนเขาทำให้มีความเร็วลมมากผิดปกติ



รูป 4.1 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเร็วลมสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในรอบ 50 ปี
 ซ้อนทับกับลักษณะภูมิประเทศ และแสดงแผนภูมิทิศทางลมในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก

บทที่ 5

สรุปผล

(CONCLUSION)

5.1. การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมโดยรวม (a Value and b Value)

จากการวิเคราะห์ค่า a และค่า b จากความสัมพันธ์การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลม พบว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยชุดข้อมูลที่ 2 มีค่า a และค่า b โดยรวมมากกว่าชุดข้อมูลที่ 1

5.2. การกระจายตัวเชิงความถี่และขนาดความเร็วลมเชิงพื้นที่ (a Value and b Value in Spatial)

จากการประเมินการกระจายตัวของความถี่และขนาดความเร็วลมเชิงพื้นที่ พบว่าค่า a และค่า b มีแนวโน้มสอดคล้องกัน โดยชุดข้อมูลที่ 1 มีบริเวณที่มีค่า a และค่า b ต่ำมักเป็นบริเวณเทือกเขา ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเลย ภาคกลางตอนบน และภาคตะวันออก ชุดข้อมูลที่ 2 มีบริเวณที่มีค่า a และค่า b ต่ำได้แก่ ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตอนบนของจังหวัดน่าน จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออก และจังหวัดชุมพร โดยชุดข้อมูลที่ 1 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าชุดข้อมูลที่ 2

5.3. ขนาดความเร็วลมสูงสุด (Maximum Velocity)

จากการประเมินขนาดความเร็วลมสูงสุดในเชิงพื้นที่ พบว่าชุดข้อมูลที่ 1 และชุดข้อมูลที่ 2 มีบริเวณที่มีขนาดความเร็วลมสูงสุดสอดคล้องกันได้แก่บริเวณที่มีลักษณะเป็นที่ราบและบริเวณที่อยู่ติดกับทะเล และบริเวณที่เป็นเทือกเขาจะมีขนาดความเร็วลมต่ำ โดยชุดข้อมูลที่ 1 จะมีขนาดความเร็วลมโดยเฉลี่ยน้อยกว่าชุดข้อมูลที่ 2 ในช่วงเวลาที่พิจารณาเดียวกัน

5.4. คาบอุบัติซ้ำ (Return Period)

จากการประเมินคาบอุบัติซ้ำของความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 0-9 ในเชิงพื้นที่ พบว่าคาบอุบัติซ้ำจะมีค่าสูงขึ้นตามระดับมาตราโบฟอร์ตที่เพิ่มขึ้น และผลที่ได้จากมาตราโบฟอร์ตแต่ละระดับมีความคล้ายคลึงกันคือมีคาบอุบัติซ้ำสูงในบริเวณที่เป็นเทือกเขาได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาเพชรบูรณ์

5.5. โอกาสในการเกิดความเร็วลม (Probability of Occurrence)

จากการประเมินโอกาสในการเกิดความเร็วลมมาตราโบฟอร์ตระดับ 7-9 ในอีก 50 ปีเชิงพื้นที่ พบว่าบริเวณที่มีโอกาสเกิดสูงจะมีลักษณะเป็นที่ราบได้แก่ รอบอ่าว ก ที่ราบภาคกลาง สุโขทัย เชียงราย และ

ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของขอนแก่น สำหรับบริเวณเทือกเขาจะมีโอกาสเกิดต่ำได้แก่ เทือกเขาถนนธงชัย และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ตอนใต้ของจังหวัดน่าน จังหวัดมุกดาหาร และฝั่งตะวันตกเฉียงใต้ของเชียงใหม่

5.6. แผนภูมิทิศทางลม (Wind Rose)

จากการศึกษาเชิงเวลาพบว่าทิศทางลมในไทยแบ่งได้เป็น 3 ช่วงหลัก คือ 1) ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนเป็นช่วงของลมตะเภา 2) ช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคมเป็นช่วงของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ 3) ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์เป็นช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการศึกษาในเชิงพื้นที่พบว่าในแต่ละภูมิภาคมีทิศทางที่แตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศและลมที่มีอิทธิพลต่อบริเวณนั้นๆ ในภาคเหนือและภาคกลางลมมีทิศมาจากทางใต้เป็นหลัก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกลมจะอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลัก และในภาคใต้ฝั่งตะวันตกลมจะอยู่พัดมาจากทิศตะวันตก

5.7. ความเร็วและทิศทางลม (Wind Velocity and Wind Direction)

จากผลการศึกษาความเร็วและทิศทางของลมพบว่าความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับลักษณะความเป็นที่ราบแบบแปรผันตรงต่อกันคือบริเวณที่ราบจะมีขนาดความเร็วลมสูงกว่าบริเวณเทือกเขา นอกจากนี้บริเวณที่อยู่ใกล้ทะเลจะมีขนาดความเร็วลมมากเป็นพิเศษโดยจะขึ้นกับทิศทางลมด้วยซึ่งเป็นผลจากลมทะเลที่พัดในตอนกลางวัน ได้แก่ บริเวณรอบอ่าว ก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก สำหรับบริเวณที่อยู่ในพื้นที่ปทิติศทางลมกับแนวการวางตัวของเขาที่ทำมุมกันจะทำให้เกิดแนวปะทะและทำให้ลมมีขนาดความเร็วลมมากเป็นกว่าบริเวณโดยรอบ เช่น บริเวณจังหวัดสุโขทัย และจังหวัดชัยภูมิ

5.8. ข้อจำกัดในการวิจัย

- 1) สภาพแวดล้อมของสถานีตรวจอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา เช่น มีอาคารสูงหรือต้นไม้เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความเร็วลมที่วัดได้
- 2) ในงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะพื้นที่ประเทศไทย ซึ่งบริเวณขอบขงประเทศจึงมีข้อมูลเพียงในฝั่งประเทศไทยเท่านั้น

5.9. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป

- 1) ทำการศึกษาความเร็วลมในเชิงเวลา โดยอาจการศึกษาความเร็วลมในแต่ละฤดูกาล
- 2) ออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมของสถานีตรวจวัดลม
- 3) ศึกษาทิศทางลมจากข้อมูลความเร็วลมราย 3 ชั่วโมง
- 4) ศึกษาลมร่วมกับตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องเช่น อุณหภูมิ เป็นต้น

บรรณานุกรม

(References)

- บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ลิงค์ จำกัด, 2558. รายงานฉบับสมบูรณ์ จ้างที่ปรึกษาสนับสนุนการดำเนินงานทบทวน ต้นทุนราคาซื้อขายไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in tariff. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.
- มานพ พูนน้อย และเกียรติฟ้า ตั้งใจจิต, 2556. การศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศิริวรรณ โรโท, 2561. การศึกษาผลกระทบของความเร็วลมต่ออาคาร : กรณีศึกษาอาคาร เรียงรวม 35 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา, การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5.
- อดิวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะ, 2546. แผนที่ความเร็วลมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสำหรับประเทศไทย.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F. 1944. Frequency of Earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34: 185-188.
- Nuannin, P. 2006. The potential of b-value variations as earthquake precursors for small and large events. Acta Universitatis Upsaliensis Uppsala. ISBN 91-554-6568-4.
- Pailoplee, S. and Choowong, M. 2013. Probabilities of earthquake occurrences in Mainland Southeast Asia. Journal of Geoscience, 6(12): 4993-5006,
- Poon, D. et al., 2004. Structural Design of Taipei 101, the World's Tallest Building. In CTBUH 2004 Seoul Conference, 271-278.
- Riera, D.J. and Iturrioz, I. 2012. The Gutenberg-Richter and similar laws and their relations with numerical and experimental laboratory results. 15WCEE 2012: 10p.
- WindEurope Business Intelligence, 2018. Wind in power 2017 - Annual combined onshore and offshore wind energy statistics. WindEurope.

- Yadav, R.B.S., Tripathi, J.N., Shanker, D., Rastogi, B.K., Das, M.C. and Kumar, V. 2011. Probabilities for the Occurrences of Medium to Large Earthquakes in Northeast India and Adjoining Region. *Natural Hazards*, 56: 145-167.
- Yoshida, H. 2016. Magnitude-Frequency Distribution of Hummocks on Rockslide-Debris Avalanche Deposits and Its Geomorphological Significance. *Geoscience* 2016, 6, 5: 1-14.