

ผลกระทบของอุณหภูมิมิวนทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ
ที่มีต่อพายุหมุนเขตร้อนและส่งผลต่อประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The effect of north western Pacific sea surface temperature
on tropical cyclone and affecting Thailand



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

Department of Survey Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของอุณหภูมิผิวทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อพายุหมุนเขตร้อนและส่งผลต่อประเทศไทย
โดย	น.ส.ฐานิต นุกุลราษฎร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.ชงทิศ ฉายากุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ประธานกรรมการ
.....	
(ดร.ชัยโชค ไวกาษา)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.ชงทิศ ฉายากุล)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.อัศมน ลิ้มสกุล)	

ฐานิต นุกูลราชกูร์ : ผลกระทบของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อพายุ
 หมุนเขตร้อนและส่งผลต่อประเทศไทย. (The effect of north western Pacific sea
 surface temperature on tropical cyclone and affecting Thailand) อ.ที่ปรึกษา
 หลัก : ดร.ธงทิศ ฉายากุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.ปัทมา สิงห์รักษ์

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นหนึ่งในปัจจัยในการก่อเกิดพายุหมุนเขตร้อน การศึกษานี้มี
 วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก
 ตะวันตกเฉียงเหนือและปรากฏการณ์เอนโซ (El Nino – Southern Oscillation: ENSO) กับ
 ความถี่ ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน และปริมาณฝนในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2533 -
 พ.ศ. 2562 โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์ เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดของ
 พายุหมุนเขตร้อนที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Ocean Nino
 Index (ONI) ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ปรากฏการณ์เอนโซ กับค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณ
 ทะเลจีนใต้ไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบไขว้ พบว่าค่าผิดปกติอุณหภูมิ
 ผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับดัชนี ONI ที่เวลา 3-6 เดือน ขณะที่บริเวณ
 ทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญที่เวลา 0-6 เดือน จำนวนพายุหมุนเขตร้อน
 ในบริเวณทะเลจีนใต้มีมากในปีลานีญาและมีจำนวนน้อยในปีเอลนีโญ ขณะที่บริเวณทะเลฟิลิปปินส์
 มีจำนวนพายุมากในปีเอลนีโญและมีจำนวนพายน้อยลงในปีลานีญา ความรุนแรงของพายุซึ่งบ่งชี้
 ด้วยดัชนี Power Dissipation Index ในบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมี
 นัยสำคัญกับดัชนี ONI การวิเคราะห์ปริมาณฝนแบ่งเป็นช่วงต้น (พ.ค.-ก.ย.) และช่วงปลาย (ต.ค.-
 ธ.ค.) ฤดูกาลพายุของประเทศไทย พบว่าในปีเอลนีโญมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปีลานีญาในทุกภาค
 นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างค่าผิดปกติของปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือกับ
 ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนในทะเลจีนใต้

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6170363021 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD: Sea surface temperature, Tropical cyclone, Power Dissipation Index
 Thanit Nukoolrat : The effect of north western Pacific sea surface temperature on tropical cyclone and affecting Thailand. Advisor: THONGTHIT CHAYAKULA, Ph.D. Co-advisor: Asst. Prof. PATAMA SINGHRUCK, Ph.D.

Sea surface temperature (SST) is one of the factors that affect tropical cyclone (TC) genesis. This study analyzed the relationship between Northwestern Pacific SST, the El Niño–Southern Oscillation, and the TC frequency and intensity, as well as Thailand rainfall during 1990-2019. The study area was divided into the South China Sea (SCS) and the Philippine Sea (PLP) where TCs that affect Thailand are often formed. The result showed that the Ocean Niño Index (ONI) and SST anomalies (SSTA) in the SCS were not correlated. However, cross correlation analysis showed that SSTA in the SCS were negatively correlated with the ONI at 3-6 months, while the SSTA in the PLP were positively correlated with the ONI at 0-6 months. The number of TC in SCS are greater in the La Niña years compared to the El Niño years. While the PLP has more TCs in the El Niño years compared to the La Niña years. Relationship between ONI and TC intensity determined from the Power Dissipation Index in the PLP were positively correlated. Analysis of Thailand rainfall was divided into early (May - September) and late (October - December) TC seasons. The results showed that in the El Niño years, rainfall was lower than in the La Niña years in all regions. In addition, rainfall anomalies in the Eastern region were positively correlated with TC frequency in the SCS.

Field of Study: Survey Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2021

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร.รงทิส ฉายากุล และ อาจารย์ ผศ.ดร.ปัทมาสิงห์ทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่าน ที่ได้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และ กำลังใจจนงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวภาษา และ ดร.อัศมน ลิ้มสกุล กรรมการภายนอกที่ให้คำแนะนำในการทำให้ วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาที่ได้บริการข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย NOAA PSL ที่ ให้บริการข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล NOAA / National Weather Service ที่ให้บริการข้อมูล ปรากฏการณ์เอนโซ U.S. Naval Meteorology and Oceanography Command ที่ให้บริการข้อมูล เส้นทางพายุ

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่ส่งเสริมและสนับสนุนในการเรียนรวมถึงการใช้ชีวิต ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆน้องๆ ที่พร้อมส่งกำลังใจให้ตลอดเวลา เป็นพลังบวกในการเรียนและการใช้ชีวิตเสมอ

ขอบคุณธรรมชาติ ท้องฟ้า ทะเล ที่ทำให้รู้สึกผ่อนคลาย และพร้อมก้าวต่อไปในแต่ละวัน สุดท้ายต้องขอขอบคุณตัวเองที่มีความพยายามมากพอที่ทำให้รูปเล่มวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะประโยชน์แก่ผู้อ่าน ผู้ศึกษาไม่มากก็น้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฐานิต นุกูลราชฎร์

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาการศึกษา.....	4
1.3.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา.....	4
1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 พายุหมุนเขตร้อน.....	6
2.1.1 นิยาม.....	6
2.1.2 ปัจจัยควบคุมการเกิดพายุหมุนเขตร้อน.....	6
2.1.3 ฤดูกาลของพายุหมุนเขตร้อน.....	7

2.1.4 ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน	8
2.1.4.1 พลังงานสะสมของพายุหมุน (The Accumulated Cyclone Energy: ACE). 8	
2.1.4.2 ดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (Power Dissipation Index :PDI)	8
2.1.4.3 ค่าดัชนีศักยภาพของแหล่งกำเนิด (Genesis Potential Index: GPI).....	8
2.1.4.4 ศักยภาพความรุนแรง (Potential Intensity: PI).....	9
2.1.4.5 ศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone Heat Potential: TCHP).....	10
2.2 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล.....	11
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับพายุหมุนเขตร้อน.....	13
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล พายุหมุน และปริมาณฝนในประเทศไทย.....	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	20
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย.....	20
3.2 กรอบการวิเคราะห์.....	21
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	40
4.1 ปรากฏการณ์เอนโซ.....	40
4.2 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล	41
4.2.1 ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ของทะเลจีนใต้และฟิลิปปินส์.....	41
4.2.2 อนุกรมเวลาของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้และฟิลิปปินส์	44
4.2.3 อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์	45
4.2.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และดัชนี ONI.....	45
4.3 ผลการศึกษาพายุหมุนเขตร้อน	48
4.3.1 ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน	48
4.3.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน	50

4.3.3 ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนและค่าผิดปกติความรุนแรงจากดัชนี PDI.....	53
4.3.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน	57
4.4 ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย	58
4.4.1 ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย	58
4.4.2 เส้นทางพายุและปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย	59
4.4.3 เส้นทางพายุและค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย.....	60
4.4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเท ไทย.....	64
4.4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่พายุและค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเท ไทย.....	64
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการหาความสัมพันธ์.....	70
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	72
5.1 อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา	72
5.2 ข้อเสนอแนะ	77
บรรณานุกรม.....	78
ภาคผนวก.....	82
ประวัติผู้เขียน.....	86

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางแสดงเขตปฏิเสศสมมติฐาน H_0	37
ตารางที่ 2 ข้อมูลปรากฏการณ์เอนโซแยกตามรายปี.....	40
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล	46
ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อน	52
ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนโดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงต้น(เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน)และปลาย(เดือนตุลาคมถึงธันวาคม).....	52
ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไนโนและความรุนแรงของพายุ	58
ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค	67
ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค	70
ตารางที่ 9 ตรงแสดงสมการถดถอยและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร.....	71
ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดเบื้องต้นของสถานีน้ำฝนในประเทศไทย.....	82

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	4
ภาพที่ 2 เขตบรรจบกัน (confluence zone)ระหว่างร่องมรสุมกับร่องความกดอากาศต่ำในแปซิฟิก ตะวันตกเฉียงเหนือ.....	7
ภาพที่ 3 แผนการดำเนินงาน.....	21
ภาพที่ 4 ปრაกฏการณ์เอนโซแบ่งตามความรุนแรง.....	22
ภาพที่ 5 ตัวอย่างการประมวลผลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล รายปีจาก NETCDF	23
ภาพที่ 6 ตัวอย่างการประมวลผลค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล(หน่วย: องศาเซลเซียส).....	24
ภาพที่ 7 การสร้างโพลิกอนตามขอบเขตเขตพื้นที่ศึกษา	25
ภาพที่ 8 การสร้างกริดเลเยอร์.....	25
ภาพที่ 9 การเพิ่มข้อมูลจุดของพายุในปี พ.ศ.2533	25
ภาพที่ 10 การนับข้อมูลจุดในแต่ละกริดของโพลิกอนในปี พ.ศ.2533.....	26
ภาพที่ 11 การแปลงข้อมูลเวกเตอร์เป็นแรสเตอร์ ในปี พ.ศ.2533.....	26
ภาพที่ 12 แผนที่แสดงเส้นทางและความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน พ.ศ.2533(หน่วย:ลูกต่อปี).....	27
ภาพที่ 13 ตัวอย่างการประมวลผลใน Microsoft Excel ในปีพ.ศ. 2533 เดือนมิถุนายน	28
ภาพที่ 14 หน้าต่างการรวมข้อมูลโดยคำสั่ง Join Data	29
ภาพที่ 15 แผนที่แสดงดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ในปีพ.ศ.2533(หน่วย:เมตรต่อ วินาทีต่อปี).....	29
ภาพที่ 16 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย	31
ภาพที่ 17 หน้าต่างการประมวลผลปริมาณน้ำฝนโดยวิธี IDW	31
ภาพที่ 18 ตัวอย่างการประมวลผลปริมาณน้ำฝนรายปี พ.ศ.2533 โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนราย เดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงธันวาคมมาเฉลี่ยเป็นรายปี(หน่วย: มิลลิเมตร).....	32

ภาพที่ 19 ตัวอย่างการประมวลผลปริมาณน้ำฝนโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดู (พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) และปลายฤดู (ตุลาคมถึงธันวาคม) พ.ศ.2533 โดยภาพ A คือต้นฤดู และ B คือปลายฤดู (หน่วย: มิลลิเมตร).....	32
ภาพที่ 20 ตัวอย่างการประมวลผลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดู และปลายฤดู พ.ศ.2533 โดยภาพ A คือต้นฤดู (พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) และ B คือปลายฤดู (ตุลาคมถึงธันวาคม) (หน่วย: มิลลิเมตร).....	33
ภาพที่ 21 ตัวอย่างการประมวลผลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญ เส้นทางพายุกึ่งกลางโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดูและปลายฤดู พ.ศ.2533 โดยภาพ A คือต้นฤดู (พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) และ B คือปลายฤดู (ตุลาคมถึงธันวาคม)	34
ภาพที่ 22 ปรากฏการณ์เอนโซจากดัชนี ONI.....	41
ภาพที่ 23 การประมวลผลค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล(หน่วย:องศาเซลเซียส) และปรากฏการณ์เอนโซ.....	42
ภาพที่ 24 ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล(หน่วย:องศาเซลเซียส)ของทะเลจีนใต้และฟิลิปปินส์.....	42
ภาพที่ 25 บล็อกพล็อตแสดงค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์	43
ภาพที่ 26 อนุกรมเวลาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์(หน่วย:องศาเซลเซียส)	44
ภาพที่ 27 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เปลี่ยนและค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ.....	45
ภาพที่ 28 แผนภูมิแบบกระจายโดยภาพ A คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์	46
ภาพที่ 29 สหสัมพันธ์แบบไขว้โดย ภาพ A คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์	47
ภาพที่ 30 ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน	49
ภาพที่ 31 จำนวนพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์เทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ.....	49
ภาพที่ 32 ความถี่พายุหมุนเขตร้อน.....	50

ภาพที่ 33 แผนภูมิแบบกระจายโดยภาพ A คือ ดัชนี ONI และ ความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และ ความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์	51
ภาพที่ 34 แผนภูมิแบบกระจายระหว่างดัชนี ONI และจำนวนพายุหมุนเขตร้อนโดยที่ภาพคือบริเวณทะเลจีนใต้ช่วงต้นฤดู(พฤษภาคมถึงกันยายน) ภาพ B คือ บริเวณทะเลจีนใต้ช่วงปลายฤดู(ตุลาคมถึงธันวาคม) ภาพ C คือ บริเวณทะเลฟิลิปปินส์ช่วงต้นฤดู(พฤษภาคมถึงกันยายน) ภาพ D คือ บริเวณทะเลฟิลิปปินส์ช่วงปลายฤดู(ตุลาคมถึงธันวาคม)	51
ภาพที่ 35 ความรุนแรงของพายุจากดัชนี The Power Dissipation Index (PDI) โดยมีหน่วยคือ m/s/year	54
ภาพที่ 36 ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน	55
ภาพที่ 37 บ็อกพล็อตแสดงความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์	56
ภาพที่ 38 ค่าผิดปกติความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน	57
ภาพที่ 39 แผนภูมิแบบกระจายโดยภาพ A คือ ดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์.....	58
ภาพที่ 40 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละภาค.....	59
ภาพที่ 41 เส้นทางของพายุและปริมาณน้ำฝนรวมโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้น(พฤษภาคมถึงกันยายน) และช่วงปลาย(ตุลาคมถึงธันวาคม).....	60
ภาพที่ 42 ค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนและเส้นทางพายุแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงต้นคือตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน และช่วงปลายคือเดือนตุลาคมถึงธันวาคม โดยแสดงปีเอลนีโญ ลานีญา และปกติตามลำดับ แถวบนคือช่วงต้น และแถวล่างคือช่วงปลาย	61
ภาพที่ 43 ปริมาณน้ำฝนรวมและเส้นทางพายุแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงต้นคือตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน และช่วงปลายคือเดือนตุลาคมถึงธันวาคม โดยแสดงปีเอลนีโญ ลานีญา และปกติตามลำดับ แถวบนคือช่วงต้น และแถวล่างคือช่วงปลาย	62
ภาพที่ 44 ปริมาณฝนรวมโดยเฉลี่ยและเส้นทางพายุหมุนเขตร้อนในปีที่เอลนีโญมีความแข็งแกร่งคือ พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2558.....	63

- ภาพที่ 45 แผนภูมิแบบกระจายระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค ได้แก่ (A) ภาคกลาง (B) ภาคตะวันออก (C) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (D) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (E) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และ (F) ภาคเหนือ 65
- ภาพที่ 46 แผนภูมิแบบกระจายระหว่างจำนวนพายุบริเวณทะเลจีนใต้ กับค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค ได้แก่ (A) ภาคกลาง (B) ภาคตะวันออก (C) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (D) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (E) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และ (F) ภาคเหนือ 66
- ภาพที่ 47 สหสัมพันธ์แบบไขว้ระหว่างดัชนี ONI และปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค ได้แก่ (A) ภาคกลาง (B) ภาคตะวันออก (C) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (D) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (E) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และ (F) ภาคเหนือ 69



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclone: TC) เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ปกคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่จึงก่อให้เกิดผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง โดยเฉพาะในบริเวณที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนที่ผ่านจะได้รับผลกระทบมากที่สุด ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากพายุแปรผันตามความรุนแรงของพายุ เมื่อพายุมีกำลังแรงในชั้นดีเปรสชันความเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นคือฝนตกหนักและอุทกภัยที่ตามมา เมื่อพายุมีกำลังแรงขึ้นเป็นพายุโซนร้อนหรือไต้ฝุ่น จะมีความเสียหายเพิ่มขึ้น เนื่องจากฝนตกหนัก อุทกภัย ลมพัดแรงจัด ในทะเลมีคลื่นสูงเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ และมีคลื่นซัดฝั่ง พายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงมากจะทำให้มีผู้เสียชีวิตได้นับแสนคน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563) จากสถิติพบว่าบริเวณที่เกิดพายุหมุนเขตร้อนมากที่สุดคือมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ (Hurricane Research Division, 2012) และสาเหตุการเกิดพายุหมุนเขตร้อนคือหย่อมความกดอากาศต่ำบนพื้นน้ำ ในบรรยากาศมีความชื้นสูง อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Sea surface temperature: SST) สูงกว่า 26 องศาเซลเซียส มีการไหลเวียนเข้าหาศูนย์กลางของลมในระดับต่ำ และมีการไหลเวียนออกจากกันของลมในระดับสูง (ฤทัย เพลงวัฒนา, 2554) และพายุหมุนเขตร้อนจะสามารถสลายตัว เมื่อพายุเคลื่อนผ่านน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 26.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต่ำมากจะทำให้พายุสูญเสียความร้อนกลไกการสลายตัวนี้พบบ่อยที่สุดในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือทางตะวันออก การอ่อนกำลังหรือการสลายตัวจะเกิดเมื่อต้องเผชิญลมทำให้มีการพาความร้อนและเคลื่อนออกจากศูนย์กลาง (Edwards, 2007)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อนนั้นมีหลายปัจจัย อุณหภูมิผิวน้ำทะเล เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อน โดยปรากฏการณ์เอนโซ (El Niño/Southern Oscillation: ENSO) นั้นส่งผลต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล ซึ่งปรากฏการณ์เอนโซเป็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรและความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลนั้นอุ่นขึ้นหรือเย็นลงกว่าปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563) จากงานวิจัยเรื่องความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือและปรากฏการณ์เอนโซพบว่าในปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญนั้นพายุหมุนเขตร้อนมีระยะเวลาการเกิดพายุที่ยาวนานมากขึ้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความรุนแรงที่มากขึ้นในระดับความรุนแรงของพายุตั้งแต่ระดับ 3 ถึง 5 ในปีที่มีลานีญามีแนวโน้มที่จะเกิดพายุหมุนเขตร้อนที่มีช่วงเวลาการเกิดที่สั้นมาก และส่วนใหญ่ความรุนแรงของพายุไม่ถึงระดับความรุนแรงของพายุที่มีการกำหนดไว้ (Camargo & Sobel, 2005)

จากสถิติพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยพบว่าพายุเริ่มเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตั้งแต่เดือนเมษายนแต่มีจำนวนที่น้อยมาก โดยส่วนใหญ่พายุจะเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป และเดือนตุลาคมเป็นเดือนที่พายุมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยมากที่สุด รองลงมาคือเดือนกันยายน ในส่วนของประเทศไทยผลกระทบจากพายุนั้นมีทั้งประโยชน์และโทษ พายุที่อ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชัน มีประโยชน์ในแง่ที่ก่อให้เกิดฝนตกปริมาณมากซึ่งช่วยคลี่คลายสภาวะความแห้งแล้ง และสามารถกักเก็บน้ำไว้ตามแหล่งกักเก็บน้ำต่าง ๆ เพื่อใช้ในช่วงที่มีฝนน้อย ในส่วนที่เป็นโทษของพายุดีเปรสชันคืออุทกภัยซึ่งมักเกิดขึ้นหลังจากที่มีฝนตกหนักต่อเนื่องกัน และโรคระบาดที่เกิดตามมา หลังจากเกิดอุทกภัย เมื่อพายุมีกำลังแรงขนาดพายุโซนร้อนจะสร้างความเสียหายเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความเร็วลมตั้งแต่ 34 นอต (62 กม./ชม.)ขึ้นไปจะรุนแรงจนทำให้สิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงเสียหาย กิ่งไม้ต้นไม้หักโค่น และหากเป็นไต้ฝุ่นจะยิ่งมีความเสียหายมากขึ้น ต้นไม้ล้มถอนรากถอนโคน เรือกสวนไร่นาเสียหาย เสาไฟฟ้าล้ม สายไฟฟ้าขาด ไฟฟ้าช็อต อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ บ้านเรือนที่ไม่แข็งแรงจะพังทลาย ชิ้นส่วนของบ้านถูกลมพายุพัดปลิว เป็นอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในที่โล่งแจ้ง บ้านเรือน และผู้คนที่พักอาศัยริมทะเลอาจถูกคลื่นใหญ่ซัดและม้วนลงทะเล ฝนตกหนักมากทั้งวันทั้งคืน จนทำให้เกิดน้ำป่าและแผ่นดินถล่ม ในทะเลมีคลื่นลมแรงจัดมากเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ โดยเฉพาะเรือเล็ก และอาจมีคลื่นใหญ่ซัดชายฝั่ง ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นมากจนท่วมอาคารบ้านเรือนริมทะเลได้ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)

การคำนวณหาพลังงานของพายุหมุนเขตร้อนสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น การหาพลังงานสะสมของพายุหมุน (The Accumulated Cyclone Energy: ACE) ซึ่งเป็นดัชนีความเร็วลม โดยทำการหาจากผลรวมของความเร็วลมยกกำลังสองของความเร็วสูงสุดในเวลา 6 ชั่วโมงขณะเกิดพายุหมุนมีความเร็วลมมากกว่า 33 นอต โดยดัชนีนี้จะแสดงถึงความรุนแรง อีกหนึ่งวิธีที่สามารถหาพลังงานของพายุคือ ดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (Power Dissipation Index :PDI) ดัชนีนี้คำนวณจากความเร็วลมสูงสุดคงที่ที่ระดับความสูงประมาณ 10 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง คำนวณเป็นรายปีและค่าเฉลี่ย โดยดัชนีนี้เป็นดัชนีที่เป็นตัวแทนของภัยคุกคามจากความรุนแรงของพายุหมุนได้ เช่นเดียวกับการหาพลังงานสะสมของพายุหมุน (ACE) จากการศึกษาพบว่าดัชนีมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับปัจจัยอื่นคืออุณหภูมิผิวน้ำทะเลตอนบนกับความลึกของเทอร์โมไคลน์ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI)พบว่ามหาสมุทรอินเดียเหนือนั้นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับค่าดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ในระดับต่ำหรืออาจกล่าวได้ว่าถึงแม้อุณหภูมิ

ภูมิพิวทะเลนั้นสูงขึ้น พายุก็ไม่ได้มีความรุนแรงเสมอไป (Sebastian & Behera, 2015) ขณะที่ในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับค่าดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ในระดับสูงกล่าวคือเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล สูงขึ้น ความรุนแรงของพายุจะมากขึ้น Emanuel (2005)

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้จึงทำการศึกษาเฉพาะอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อพายุหมุนเขตร้อน และส่งผลกระทบต่อประเทศไทย โดยเพื่อศึกษาอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เปลี่ยนไปต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อนในแต่ละปีและส่งผลกระทบต่อประเทศไทย โดยการศึกษาดังกล่าวจะทราบถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อพายุหมุนเขตร้อนและส่งผลกระทบต่อประเทศไทย โดยการศึกษาดังกล่าวจะพิจารณาปรากฏการณ์เอนโซร่วมกับด้วยซึ่งปรากฏการณ์เอนโซในที่นี้คือเอลนีโญและลานีญาซึ่งส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล และพายุหมุนเขตร้อน ในการหาความรุนแรงของพายุจะใช้สมการจากดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) เพื่อหาความรุนแรงจากพายุหมุนเขตร้อน ทั้งนี้จะพิจารณาปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยด้วยเนื่องจากหนึ่งในสาเหตุของปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นในประเทศไทยมาจากพายุหมุนเขตร้อน การศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวจะศึกษาโดยใช้วิธีสหสัมพันธ์ไขว้ (Cross-Correlation) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับปรากฏการณ์เอนโซ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย โดยการศึกษาความสัมพันธ์นี้จะสามารถทราบถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับใด จากนั้นทำการหาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และปริมาณน้ำฝน หาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และความรุนแรงของพายุ โดยการศึกษาดังกล่าวจะแสดงความเป็นต้นเหตุของกันและกัน นอกจากนี้จะแสดงเส้นทาง (track) ของพายุต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล ค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และปรากฏการณ์เอนโซ เพื่อทราบถึงเส้นทางของพายุต่อข้อมูลนั้น ๆ โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้นำไปใช้ในการศึกษาพายุ หรือใช้ในการวางแผนเกี่ยวกับพายุที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยในอนาคตต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อลักษณะของพายุหมุนเขตร้อนและส่งผลกระทบต่อประเทศไทย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

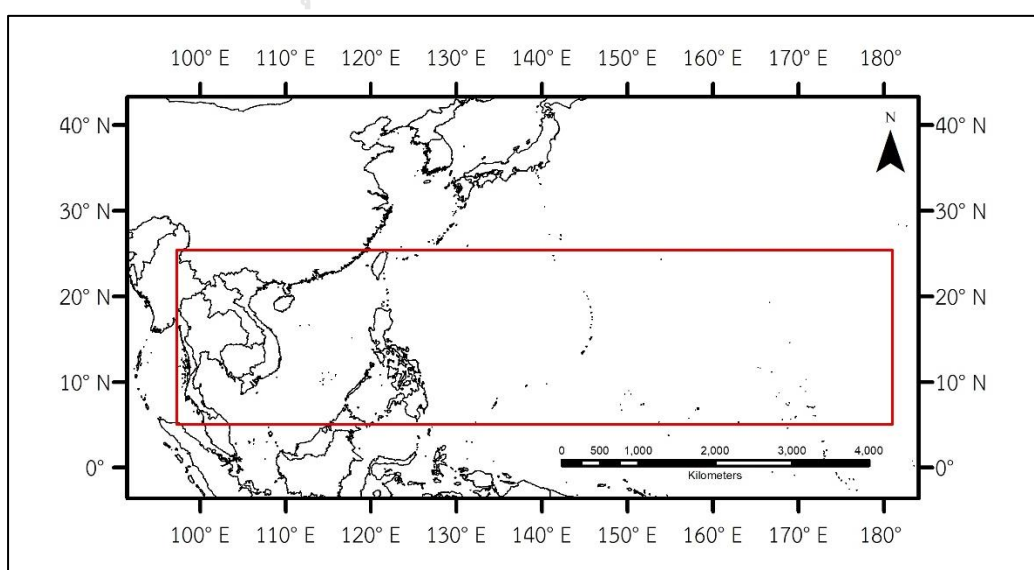
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิมิวน้ำทะเลที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ข้อมูลพายุที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย ข้อมูลปรากฏการณ์เอนโซ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย ตั้งแต่พฤษภาคม พ.ศ. 2533 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2562 และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการหาความสัมพันธ์โดยการนำข้อมูลอุณหภูมิมิวน้ำทะเล มาแสดงการเปลี่ยนแปลงในรายปีและรายเดือน และแสดงค่าผิดปกติ นำข้อมูลพายุหมุนมาแสดงการเปลี่ยนแปลงในรายปีและรายเดือนและแสดงค่าผิดปกติ นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาแสดงการเปลี่ยนแปลงและแสดงค่าผิดปกติ คำนวณหาค่าความรุนแรงของพายุจากดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) แสดงเส้นทางของพายุกับปี ที่มีเอลนีโญและปีลานีญา จากนั้นทำการหาค่าความสัมพันธ์จากวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสหสัมพันธ์แบบไขว้ของอุณหภูมิมิวน้ำทะเล กับพายุหมุนเขตร้อน อุณหภูมิมิวน้ำทะเล กับปรากฏการณ์เอนโซ อุณหภูมิมิวน้ำทะเล กับความรุนแรงของพายุ ความรุนแรงของพายุกับปริมาณน้ำฝนประเทศไทย และการวิเคราะห์ถดถอยโดย และทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1.3.2.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาคือมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ (ละติจูด 5-25 องศาเหนือ ลองจิจูด 99-180 องศาตะวันออก) โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 2 พื้นที่ คือ ทะเลจีนใต้ (ละติจูด 10- 20 องศาเหนือลองจิจูด 109-120 องศาตะวันออก) และทะเลฟิลิปปินส์ (ละติจูด 10-20 องศาเหนือ ลองจิจูด 130-140 องศาตะวันออก) ดังภาพที่ 1 โดยเลือกจากพื้นที่ศึกษาจากบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดพายุและมีอุณหภูมิมิวน้ำทะเล สูงกว่า 26 °C

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1.3.3.1) ซอฟต์แวร์

-โปรแกรม ArcGIS for Desktop Version 10.3.1

-โปรแกรม QGIS 3.14

-โปรแกรม MATLAB R2020a

-โปรแกรม Microsoft Excel

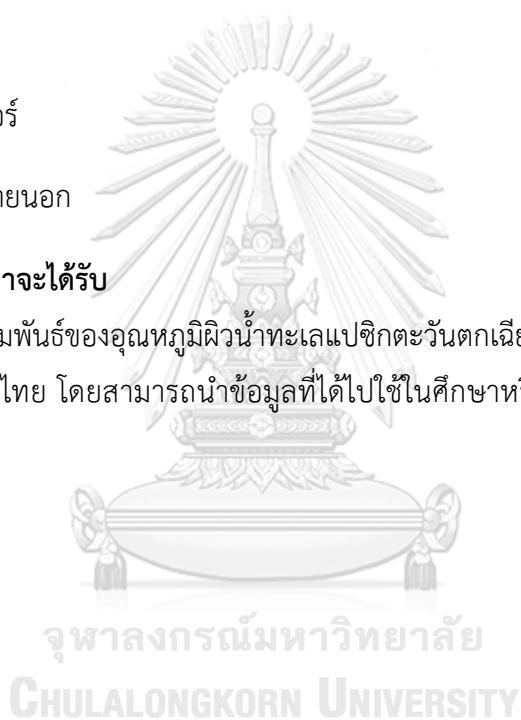
1.3.3.2) ฮาร์ดแวร์

- แล็ปท็อปคอมพิวเตอร์

- อุปกรณ์เก็บข้อมูลภายนอก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อพายุหมุนเขตร้อน และส่งผลต่อประเทศไทย โดยสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาหรือวางแผนการจัดการเกี่ยวกับพายุต่อไป



บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พายุหมุนเขตร้อน

2.1.1 นิยาม

พายุหมุนเขตร้อนคือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่กระแสน้ำในมหาสมุทรที่อบอุ่นและชื้นในเขตร้อนหรือกึ่งเขตร้อนรวมตัวกันและก่อตัวเป็นพายุที่มีความเร็วลมที่รุนแรงและมีความกดอากาศต่ำ โดยมีทิศทางวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ และตามเข็มนาฬิกาในซีกโลกใต้ องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้กำหนดความรุนแรงของพายุ (Intensity) ด้วยความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตรเหนือพื้นสูงสุดเฉลี่ย 10 นาที โดยพายุดีเปรสชัน (Tropical depression: TD) มีความเร็วลมไม่เกิน 17 เมตรต่อวินาที พายุโซนร้อน (Tropical Storm: TS) มีความเร็วลมมากกว่า 17 เมตรต่อวินาที หรือ 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 33 น็อต พายุไซโคลน, ไต้ฝุ่น, เฮอริเคน (Cyclone, Typhoon, Hurricane) มีความเร็วลมมากกว่า 33 เมตรต่อวินาที หรือ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 64 น็อต (World Meteorological Organization: WMO, 2020)

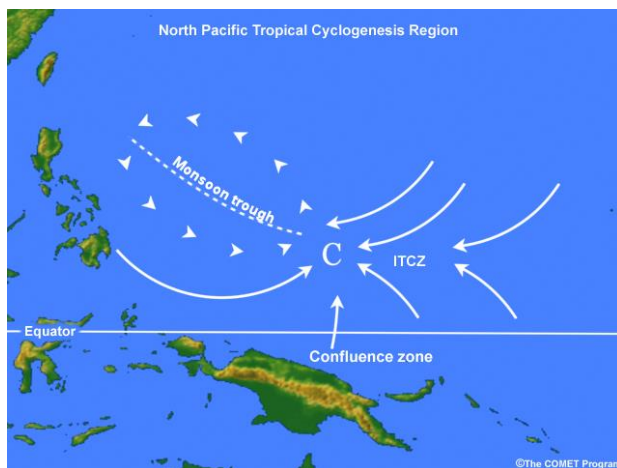
พายุหมุนเขตร้อนนั้นจะเกิดขึ้นบริเวณที่ห่างจาก 5 องศาเหนือหรือใต้ของเส้นศูนย์สูตร บริเวณที่มักเกิดพายุคือละติจูดที่ 5° - 15° โดยที่ 2 ใน 3 ของพายุหมุนทั้งหมดเกิดขึ้นในซีกโลกตะวันออก และลองจิจูดมีผลอย่างมากต่อการเกิดพายุ ถึงแม้ว่าพายุหมุนเขตร้อนส่วนใหญ่จะก่อตัวในฤดูร้อน แต่บริเวณแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือก็มีพายุทั้งปี แหล่งกำเนิดพายุหมุนที่เกิดพายุหมุนบ่อยๆ มักอยู่บริเวณร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร (Intertropical Convergence Zone: ITCZ) (Gray, 1975)

2.1.2 ปัจจัยควบคุมการเกิดพายุหมุนเขตร้อน

ปัจจัยควบคุมการเกิดพายุหมุนเขตร้อนประกอบด้วย 6 ประการคือ 1.) อุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีอุณหภูมิมากกว่า 26°C และมีความลึกถึง 60 เมตร 2.) ความชื้นในชั้นโทรโพสเฟียร์กลางเพิ่มขึ้น 3.) ความเสถียรของชั้นบรรยากาศแบบมีเงื่อนไข (Conditional instability) 4.) การเคลื่อนที่ของอากาศที่หมุนวนในชั้นโทรโพสเฟียร์ล่าง 5.) แรงเฉือนแนวตั้งของลมแนวนอนที่จุดกำเนิดมีการอ่อนตัวลง 6.) ห่างจากเส้นศูนย์สูตรอย่างน้อยละติจูดที่ 5° ซึ่งปัจจัยดังกล่าวต้องเกิดขึ้นพร้อมกัน (MetEd, 2020)

พายุมักจะเกิดในบริเวณมหาสมุทรที่มีร่องมรสุม (Monsoon trough) ทางแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือคือการแบ่งเขตร้อนขนาดใหญ่ออกเป็นเขตร่องมรสุมและเขตร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร (ITCZ) เขตร่องมรสุมมีลักษณะเฉพาะคือมีลมทางตะวันตกตามฤดูกาลที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร มีปริมาณฝนที่มาก วอร์ทิกซิตี (Vorticity) มาจากการวนของลมในพายุหมุนซึ่งเป็นผลมาจากลมมรสุมตะวันตก ในทางตรงกันข้ามเขตร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรถูกควบคุมโดยลมค้า

(Trade easterlies) ลมค้าที่ระดับต่ำเหล่านี้มาบรรจบกันในร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตร พื้นที่ที่มีเปลี่ยนแปลงระหว่างมรสุมตะวันตกที่ใกล้เส้นศูนย์สูตรและลมค้าของเขตร่องความกดอากาศต่ำแถบศูนย์สูตรโดยเป็นเขตที่มาบรรจบกัน (MetEd, 2020)



ภาพที่ 2 เขตบรรจบกัน (confluence zone) ระหว่างร่องมรสุมกับร่องความกดอากาศต่ำในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ ที่มา (MetEd, 2020)

2.1.3 ฤดูกาลของพายุหมุนเขตร้อน

สภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนจะแตกต่างกันไปตามภูมิศาสตร์และตามฤดูกาล อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่อุ่นและแรงเฉือนของลมในแนวตั้งที่มีค่าต่ำเป็นหนึ่งในเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการเกิดพายุหมุนเขตร้อน ลมเฉือนมีแนวโน้มที่จะลดลงในช่วงฤดูร้อนของในแต่ละท้องถิ่นและเพิ่มขึ้นเมื่อมหาสมุทรอยู่ในเขตร้อนและเขตร้อนกึ่งอบอุ่นโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูหนาวและเมื่อเข้าสู่ฤดูใบไม้ร่วง (MetEd, 2020)

2.1.4 ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน

ความรุนแรงของพายุสามารถหาได้หลากหลายวิธีดังต่อไปนี้

2.1.4.1 พลังงานสะสมของพายุหมุน (The Accumulated Cyclone Energy: ACE)

การหาพลังงานสะสมของพายุหมุน (ACE) โดยหาจากผลรวมของความเร็วลมยกกำลังสองของความเร็วสูงสุดทุก 6 ชั่วโมง เมื่อมีความเร็วลมมากกว่า 33 น็อตขึ้นไป โดยดัชนีนี้จะแสดงถึงความรุนแรง (Bell et al., 1999) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 1

$$ACE = 10^{-4} \sum V_{\max}^2$$

สมการที่ 1

เมื่อ V คือ ความเร็วลมสูงสุด

2.1.4.2 ดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (Power Dissipation Index :PDI)

ดัชนีนี้ถูกสร้างขึ้นจากพารามิเตอร์การกระจายพลังงานโดยคำนวณจากความเร็วลมสูงสุดคงที่ที่ระดับความสูงประมาณ 10 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Emanuel, 2005) ดังสมการที่ 2

$$PDI = \int_0^t V_{\max}^3 dt$$

สมการที่ 2

เมื่อ V_{\max} = ความเร็วลมสูงสุดคงที่ที่ระดับความสูงประมาณ 10 เมตรที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

t = ช่วงเวลาที่เกิดพายุ

ดัชนีนี้เป็นดัชนีที่เป็นตัวแทนของภัยคุกคามจากความรุนแรงของพายุหมุนได้ดีกว่าการคำนวณหาความรุนแรงเพียงอย่างเดียว เนื่องจากความยาวนานของพายุ และจำนวนพายุ จะถูกคำนวณรวมเข้าไปในค่าดัชนีด้วย ดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) คำนวณเป็นรายปี

2.1.4.3 ค่าดัชนีศักยภาพของแหล่งกำเนิด (Genesis Potential Index: GPI)

ดัชนีศักยภาพของแหล่งกำเนิด (GPI) เป็นดัชนีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและถูกนำไปใช้ในการประเมินเชิงปริมาณเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของเงื่อนไขทางอุณหพลศาสตร์และพลวัตต่อการกำเนิด

พายุหมุน ดัชนีนี้เสนอโดย Emanuel และ Nolan สามารถเขียนดังสมการที่ 3 (Ye, Deng, Huang, & Chen, 2020)

$$GPI = T1 \times T2 \times T3 \times T4$$

สมการที่ 3

เมื่อ $T1 = |10^5 n|^{\frac{3}{2}}$

$$T2 = \left(\frac{RH}{50}\right)^3$$

$$T3 = \left(\frac{V_{pot}}{70}\right)$$

$$T4 = (1 + 0.1V_{shear})^{-2}$$

n = วอร์ทิซิตีสัมบูรณ์ที่ระดับ 850 hPa (absolute vorticity; หน่วย: วินาที): ค่าที่บ่งบอกถึงลักษณะของกระแสลมที่พัดหมุนวนกัน

RH = ความชื้นสัมพัทธ์(หน่วย: %) ที่ 600 hPa

V_{shear} = ขนาดของลมเฉือนแนวตั้ง 200–850 hPa(หน่วย: เมตรต่อวินาที)

V_{pot} = ศักยภาพความรุนแรง(Potential Intensity: PI; หน่วย: เมตรต่อวินาที)

2.1.4.4 ศักยภาพความรุนแรง (Potential Intensity: PI)

ทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนคือทฤษฎีศักยภาพความรุนแรง (Potential Intensity: PI) ที่สามารถหาได้จากพายุแต่ละลูกที่มีข้อกำหนดโดยอุณหพลศาสตร์ของสภาพแวดล้อม

$$V_{pot}^2 = \frac{T_s}{T_0} \frac{C_k}{C_D} [CAPE^* - CAPE]_M$$

สมการที่ 4

เมื่อ T_s = อุณหภูมิผิวน้ำทะเล

T_0 = อุณหภูมิของลมที่พายุพัดออก (Temperature of the TC outflow)

C_k = สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนรูปของเอนทัลปี (The exchange coefficient for enthalpy)

C_D = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (Drag coefficient)

CAPE* = Convective Available Potential Energy เป็นค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานที่พร้อมที่จะทำให้เกิดการยกตัวของมวลอากาศโดยที่ยกตัวขึ้นที่ระดับน้ำทะเลอ้างอิง

CAPE = Convective Available Potential Energy เป็นค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานที่พร้อมที่จะทำให้เกิดการยกตัวของมวลอากาศโดยที่ยกตัวขึ้นที่เขตบรรยากาศชั้นบน

**ทั้ง CAPE* และ CAPE ประเมินบริเวณใกล้ๆรัศมีของความเร็วลมสูงสุด

จากสมการที่ 4 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนคืออุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่อุ่น ความแปรปรวนในปัจจัยแวดล้อมเดียวกันที่ควบคุมความรุนแรงยังสามารถจำกัดความรุนแรงของพายุได้ เช่น ความชื้นไม่เพียงพอ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เย็น เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้สามารถลดศักยภาพความรุนแรงของพายุได้เมื่อปัจจัยเหล่านี้รวมกันและมีค่าในเชิงบวกในพื้นที่ที่เกิดพายุมีบริเวณที่ใหญ่ขึ้น ความรุนแรงที่แท้จริงของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวออกจากเขตร้อนอย่างรวดเร็วอาจเกินค่าศักยภาพความรุนแรง (PI) เมื่อพายุเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่นอกเขตร้อน เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หากความรุนแรงจึงไม่สามารถปรับตัวได้เร็วพอกับสภาพแวดล้อมของพายุในปัจจุบัน ดังนั้นความรุนแรงในปัจจุบันจะบอกได้ว่าพายุตอนนี้อยู่ที่ใด ลมในแนวตั้งที่อ่อนแรงลงสามารถจำกัดความรุนแรงของพายุได้ เนื่องจากลมที่อ่อนกำลังลงที่ใกล้พื้นผิวจำเป็นต้องใช้แรงเฉื่อยของลมในแนวตั้งเพื่อรับมือกับพายุ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความร้อนพายุจะมีการเคลื่อนไหวก่อนข้างช้า ส่งผลให้น้ำทะเลเย็นขึ้นบนและชั้นล่างมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และพื้นผิวของมหาสมุทรเย็นลงอาจมาจากปริมาณน้ำฝนของพายุ ดังนั้นพายุที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันจะทำให้ น้ำด้านล่างเย็นตัวลงและจำกัดความรุนแรงสูงสุดของแรงเฉื่อยที่มีอยู่จะถ่ายเทความร้อนของพายุและอาจจะลดการทวีความรุนแรง (Ye et al., 2020)

2.1.4.5 ศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone Heat Potential: TCHP)

ศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) เป็นศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศและทำให้เกิดการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อน

ปริมาณความร้อนในมหาสมุทรแสดงถึงศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) ในมหาสมุทรตอนบนที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงกว่า 26°C (Wada & Usui, 2007)

$$Q_{TCHP} = \sum_{h=0}^H p C_p (T-26) \Delta Z$$

สมการที่ 5

เมื่อ Q_{TCHP} = ปริมาณความร้อนในมหาสมุทรแสดงถึงศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) ในมหาสมุทรตอนบนที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงกว่า 26°C

p = ความหนาแน่นของน้ำทะเลในแต่ละชั้น

C_p = ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ (specific heat at constant pressure)

T = อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Sea temperature) เมื่อ T สูงกว่า 26°C

Z = ความหนาแน่นในแต่ละชั้น

2.2 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล

สำหรับความแปรปรวนระหว่างปีของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ปรากฏการณ์ที่ส่งผลต่อความแปรปรวนระหว่างปีมากที่สุดคือปรากฏการณ์เอลนีโญ โดยปรากฏการณ์เอลนีโญมาจากคำว่า El Niño/Southern Oscillation: ENSO เป็นคำที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรและความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้จึงมีความหมายรวมทั้งปรากฏการณ์ทั้งเอลนีโญและลานีญา โดยการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศและมหาสมุทรขนาดใหญ่ที่มาพร้อมกับภาวะการที่อบอุ่น (เอลนีโญ) หรือภาวะการที่หนาวเย็น (ลานีญา) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่เขตร้อนที่เอื้อต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อนมากที่สุด ในช่วงที่มีเหตุการณ์เอลนีโญ จะมาพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแรงเฉือนของลมในแนวตั้งและรูปแบบอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตร้อน ผลที่ได้คืออุณหภูมิผิวน้ำทะเลเย็นกว่าปกติและลมเฉือนแนวตั้งที่แรงขึ้นในแอ่งแปซิฟิกตะวันตกเขตร้อน และมหาสมุทรแอตแลนติก รวมทั้งอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่อุ่นขึ้นและลมเฉือนแนวตั้งที่ลดลงในแปซิฟิกตอนกลาง แปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือ และมหาสมุทรอินเดียตอนกลาง ด้วยเหตุนี้กิจกรรมของพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนกลาง แปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือ และมหาสมุทรอินเดียตอนกลาง โดยทั่วไปจะได้รับการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่มีอากาศอบอุ่นและพายุหมุนเขตร้อนจะมีจำนวนน้อยในแอ่งมหาสมุทรกลางในปีที่มีภาวะการเป็นกลางหรือปีที่มีลานีญา อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงกว่าปกติจะเริ่มปรากฏให้เห็นตามบริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้ในเดือนกุมภาพันธ์หรือมีนาคม และจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงเดือนมิถุนายน ขณะเดียวกันระดับน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้จะสูงขึ้นและระดับเทอร์โมไคลน์ (Thermocline) ลึกลง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงกว่าปกติแผ่ปก

คลุมทั่วทั้งแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรด้านตะวันออกของลองจิจูด 160 องศาตะวันออก ลมตะวันตกที่พัดพัดปกติขยายไปทางตะวันออกจนมีศูนย์กลางที่เส้นเปลี่ยนวัน ปริมาณฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่ของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรสูงขึ้น แต่ที่บริเวณอินโดนีเซียจะลดลงกว่าปกติ การหมุนเวียนแบบวอล์คเกอร์ (Walker circulation) จะมีกำลังอ่อนลงอย่างรวดเร็วและขยับไปทางตะวันออก ความผิดปกติดังกล่าวนี้ดำเนินต่อเนื่องไปจนเข้าใกล้ปลายปี ช่วงประมาณปลายปีความผิดปกติเกือบทั้งหมด(ยกเว้นอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งอเมริกาใต้)จะถึงจุดสูงสุด ณ เวลานั้นลมตะวันตกซึ่งพัดปกติและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงกว่าปกติจะปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตร บริเวณอินโดนีเซียจะแห้งแล้งมาก ขณะที่ตอนกลางและตะวันออกของแปซิฟิกมีฝนตกหนักมาก ความกดอากาศจะสูงกว่าปกติมากที่เมืองดาร์วินและต่ำมากที่ตาฮิติซึ่งสถานการณ์นี้จะตรงข้ามกับปรากฏการณ์ลานีญา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)

ตำแหน่งที่แตกต่างกันของค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่มีค่าสูงและความร้อนในบรรยากาศที่เกี่ยวข้อง ในปีเอลนีโญถูกจัดให้เป็นเหตุการณ์ภาวะโลกร้อนในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกและมหาสมุทรแปซิฟิกกลาง โดยเหตุการณ์เอลนีโญมี 2 ประเภทคือ 1.แปซิฟิกตะวันออก (Eastern-Pacific: EP) คือบริเวณที่มีค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีค่าสูงในบริเวณเขตร้อนที่แปซิฟิกตะวันออก 2.แปซิฟิกกลาง (Central-Pacific: CP) คือบริเวณแปซิฟิกกลางหรือบริเวณที่มีค่าผิดปกติใกล้กับเส้นวันแบ่งเขตสากล (The International Date Line) (Wang, Deser, Yu, DiNezio, & Clement, 2017)

สำหรับในทะเลจีนใต้การตอบสนองที่แตกต่างกันของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในทะเลจีนใต้ต่อเหตุการณ์เอลนีโญรูปแบบต่างๆ ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงทางเหนือมีรูปแบบที่แตกต่างกัน จากการศึกษาวิเคราะห์ของ Tan, Wang, Wang, Wang, & Zuo (2016) รูปแบบหลักมีอยู่ 2 แบบ แบบแรกในช่วงปีเอลนีโญมีแอนตี้ไซโคลน(Anticyclone) ใกล้กับฟิลิปปินส์ โดยลมที่พัดหมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อศูนย์กลางอยู่บริเวณฟิลิปปินส์ ณ บริเวณทะเลจีนใต้จะให้เกิดความผิดปกติของลมใต้ ส่งผลให้ความเร็วลมลดลงเนื่องจากความผิดปกติของลมใต้ เมื่อพัดสวนทางกับลมทางด้านเหนือจากทิศตะวันออก ส่งผลให้ความเร็วลมลดลง เมื่อความเร็วลมลดลง พัดใต้น้ำมีการระเหยลดลง ส่งผลต่อการพาความร้อนของน้ำทะเลไปสู่บรรยากาศ เมื่อมีการระเหยลดลง ความร้อนจะสะสมในทะเลมากขึ้น โดยความผิดปกติในอีกรูปแบบคือทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น การระเหยมากขึ้น ทำให้น้ำทะเลมีการสูญเสียความร้อน อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้จึงมีการเย็นตัวลง

Zhi et al. (2022) ศึกษาของปฏิสัมพันธ์ระหว่างอากาศกับทะเลในมุมมองของสเกลเวลาระหว่างปีกับอุณหภูมิพื้นผิวทะเลที่วัดได้ในฤดูหนาว พบว่าปรากฏการณ์เอนโซแสดงให้เห็นว่าบริเวณอเมริกาเหนือมีรูปแบบการเชื่อมต่อทางไกล (Teleconnection pattern) โดยปรากฏการณ์เอนโซในแปซิฟิกกลางมีอิทธิพลในเขตร้อนต่อการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างอากาศและทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนพฤศจิกายน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตอบสนองของระบบความกดอากาศต่ำต่อปีเอลนีโญในมหาสมุทรแปซิฟิกกลางทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากมหาสมุทรสู่ชั้นบรรยากาศในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือ ในปีลานีญาแปซิฟิกกลางมีการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศและน้ำทะเลซึ่งได้รับผลกระทบจากการรวมกันของความกดอากาศต่ำและชั้นโทรโพสเฟียร์ล่าง เมื่อพิจารณาช่วง Lead Lag พบว่ามีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญ โดยอุณหภูมิผิวทะเลมีความสัมพันธ์กับฟลักซ์ความร้อนที่ผิดปกติ (Turbulent heat flux) โดยค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวทะเลจะเร็วกว่าค่าผิดปกติของบรรยากาศ 1 เดือน

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับพายุหมุนเขตร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เอนโซและพายุหมุนเขตร้อนแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยหลายคน ความสัมพันธ์นี้เป็นที่สนใจอย่างมากตั้งแต่การคาดการณ์ตามฤดูกาลของพายุหมุนเขตร้อนในเขตแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือโดยใช้ปรากฏการณ์เอนโซเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ใช้ในการคาดการณ์พายุหมุนเขตร้อน จากการศึกษาของ Carmago and Sobel (2005) ปรากฏการณ์เอนโซมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ พบว่าในปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญ พายุหมุนเขตร้อนมีระยะเวลาการเกิดพายุที่ยาวนานมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความรุนแรงที่มากขึ้นในระดับความรุนแรงของพายุ 3-5 ในปีที่มีลานีญามีแนวโน้มที่จะเกิดพายุหมุนเขตร้อนที่มีช่วงเวลาการเกิดที่สั้นมากซึ่งส่วนใหญ่ไม่ถึงระดับความรุนแรงของพายุ ส่งผลให้ ในดัชนีพลังงานสะสมของพายุ (Accumulated Cyclone Energy, ACE) ซึ่งเป็นดัชนีที่รวมความรุนแรงของพายุ ความยาวนานของพายุ และความถี่ของพายุที่เกิดขึ้นตลอดทั้งปี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปรากฏการณ์เอนโซ และผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าความยาวนานของพายุส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานสะสมของพายุกับดัชนีเอนโซมากที่สุด

ความสำคัญของศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone Heat Potential: TCHP) สำหรับความรุนแรงและกระบวนการที่ทำให้ของพายุหมุนเขตร้อนรุนแรงในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ มีการศึกษาของ Wada & Usui (2007) โดยใช้ best-track TC central pressures ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลโดยเฉลี่ยสามวันและศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน

(TCHP) โดยประมาณจากข้อมูลการวิเคราะห์ทางทะเลในช่วงปีพ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ.2547 แสดงให้เห็นว่าความกดอากาศบริเวณศูนย์กลางพายุมีความสัมพันธ์มากกับศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) ที่สะสมตั้งแต่การเริ่มก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนจนถึงสิ้นสุด โดยที่ความกดอากาศบริเวณศูนย์กลางพายุนั้นสามารถคาดการณ์ความรุนแรงของพายุได้อีกด้วย เมื่อความกดอากาศบริเวณศูนย์กลางพายุหมุนเขตร้อนมีการลดลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้พายุมีความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น โดยศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) มีความสัมพันธ์มากกับระดับความลึกของน้ำชั้นเทอร์โมไคลน์ ในการสำรวจอิทธิพลของศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) ที่มีผลต่อมีต่อความรุนแรงและการเพิ่มรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลการวิเคราะห์ทางทะเลและผลของการจำลองเชิงเลขโดยใช้แบบจำลองการไหลเวียนของมหาสมุทรทั่วไปสำหรับกรณีของไต้ฝุ่นซบาและซงดาซึ่งเส้นทางพายุมีลักษณะคล้ายกัน การลดลงของศักยภาพของพายุหมุนเขตร้อน (TCHP) เนื่องจากเคลื่อนที่ของชบานำไปสู่การลดความรุนแรงของซงดาในระยะที่พลังงานเต็มที่ ในขณะที่ซงดาที่ยังเก็บความรุนแรงค่อนข้างที่จะยาวนานเพราะมีน้ำพากระแสน้ำอุ่นเนื่องจากการผ่านของชบาซึ่งเพิ่มกระแสน้ำอุ่นต่อต้านพายุหมุนที่เกิดขึ้นใหม่ทางด้านซ้ายของเส้นทางของชบาค่อนที่ซงดาจะผ่านไป กระบวนการส่งเสริมความรุนแรงประเภทนี้ที่เกิดจากพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นมาก่อนมักพบบ่อยๆในปีที่มีเอลนีโญ

ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงสูงสุดของพายุหมุนเขตร้อนและศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อนสะสมมีความต่างระหว่างแปซิฟิกตะวันออกและแปซิฟิกตะวันตก โดยในพื้นที่แปซิฟิกตะวันตกจะต้องมีศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อนสะสมก่อนที่พายุหมุนจะมีความกดอากาศศูนย์กลางที่น้อยที่สุด นอกจากนี้บริเวณแปซิฟิกตะวันตกมีค่าพลังงานในการยกตัวของมวลอากาศ (Convective Available Potential Energy :CAPE) มากกว่าแปซิฟิกตะวันออกถึง 4 เท่า โดยขนาดของพายุหมุนเขตร้อนในแปซิฟิกตะวันตกมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณแปซิฟิกตะวันออกถึง 38.2% ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าพายุหมุนเขตร้อนมีความรุนแรงมากในแปซิฟิกตะวันตก โดยเส้นทางของพายุจะทำให้มีการลดความร้อนของอุณหภูมิทะเลส่งผลให้ค่าศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อนลดลง (Wada, Usui, & Sato, 2012)

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในท้องถิ่นไม่เพียงพอสำหรับการระบุลักษณะเฉพาะของพายุหรือแม้กระทั่งสัญญาณของการเปลี่ยนแปลงของความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของศักยภาพความร้อนนั้นสัมพันธ์มากกับโครงสร้างระดับภูมิภาคของภาวะโลกร้อน การตอบสนองของการเกิดพายุหมุนเขตร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศตามธรรมชาติซึ่งมีแนวโน้มที่จะ

เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในท้องถิ่นซึ่งจะจากการตอบสนองจากภาวะโลกร้อน (Vecchi & Soden, 2007)

ความผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรแอตแลนติก ได้อธิบายความแปรปรวนระหว่างปีของกิจกรรมพายุหมุนเขตร้อนเหนือมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีอิทธิพลต่อมหาสมุทรทั้งสามแห่ง โดยความแปรปรวนของ WNP subtropical high (WNPSH) ทั้งสองแบบ แบบแรกคือค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก แปซิฟิกกลาง และมหาสมุทรแอตแลนติกในเขตสามารถเปลี่ยนตำแหน่งของการก่อตัวของพายุหมุนเขตร้อนไปทางตะวันออกเฉียงใต้หรือทางตะวันตกเฉียงเหนือได้ แต่มีอิทธิพลเล็กน้อยต่อจำนวนการเกิดพายุหมุนทั้งหมด แม้ว่าจะส่งผลกระทบต่อเส้นทางพายุหมุนเขตร้อน จำนวนพายุ ระยะเวลาการเกิดพายุและดัชนีการกระจายพลังงาน แบบที่สองเป็นโหมดคู่ระหว่างมหาสมุทรและบรรยากาศที่มีความเกี่ยวข้องกับค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลของแอ่งอินโด-แปซิฟิกซึ่งมีการควบคุมจำนวนการเกิดพายุหมุนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Wang & Wang, 2019)

อิทธิพลของปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation: MJO (ความผันผวนภายในฤดูกาลของระบบชั้นบรรยากาศที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและลม) ที่สัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อนเหนือทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ ภายใต้เงื่อนไขของผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความผันผวนของระบบชั้นบรรยากาศมีอิทธิพลทั้งทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ พายุหมุนเขตร้อนจะก่อตัวขึ้นเมื่อเกิดความผันผวนของชั้นบรรยากาศ ในช่วงที่มีเอลนีโญและลานีญา แหล่งกำเนิดของความผันผวนของชั้นบรรยากาศของพายุหมุนเขตร้อนทั้งสองพื้นที่จะต่างกัน บริเวณทะเลจีนใต้มีอิทธิพลความผันผวนของบรรยากาศของแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อนจะรุนแรงในปีที่มีลานีญาและจะอ่อนแรงเมื่อมีเอลนีโญ ขณะที่แปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือมีความผันผวนของบรรยากาศที่ส่งผลกับแหล่งกำเนิด เมื่อเปรียบเทียบกับปีที่มีลานีญาสัมพันธ์กับค่าดัชนีศักยภาพของแหล่งกำเนิด (Genesis Potential Index: GPI) แสดงให้เห็นว่าความขึ้นระดับกลางเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับอิทธิพลของปีที่มีเอลนีโญ จากการศึกษาพบว่าบริเวณทะเลจีนใต้และแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของช่วงที่เกิดเอลนีโญ ลานีญา และในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ MJO พบว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อปริมาณไอน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากอ่าวเบงกอล รวมถึงปัจจัยลมตะวันตกซึ่งส่งผลต่อการเกิดพายุในช่วงที่มีเอลนีโญและลานีญา (Ye et al., 2020)

Emanuel (2005) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) ในเขตแอตแลนติกเหนือกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในรอบ 30 ปีโดยตั้งแต่นั้นมา พบว่าดัชนีนี้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล สูงขึ้นมีแนวโน้มที่พายุจะมีความรุนแรงมากขึ้น โดยที่ปรากฏการณ์เอนโซและภาวะโลกร้อนนั้นส่งผลต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล จากการศึกษาพบว่าการศึกษาเพียงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเพียงปัจจัยเดียวอาจไม่เพียงพอ หากต้องการคาดการณ์พายุจะไม่สามารถคาดการณ์ได้แม่นยำเนื่องจากมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงเฉือนแนวตั้ง การคาดการณ์นั้นจะมีความไม่แน่นอนมากขึ้นเมื่อมีแรงเฉือนแนวตั้งเกิดขึ้น

ผลกระทบของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ต่อพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรอินเดียเหนือ จากการศึกษาของ Sebastian & Behera (2015) พบว่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลต่อค่าของดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) สำหรับมหาสมุทรอินเดียมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ ซึ่งขัดแย้งกับแอตแลนติกเหนือที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Emanuel, 2005) จากความสัมพันธ์ที่ไม่ดีระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และพลังงานพายุหมุนที่คำนวณในแง่ของดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) พิสูจน์ให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ไม่ใช่พารามิเตอร์การขับเคลื่อนเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการเกิดพายุหมุนในมหาสมุทรอินเดีย ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อพายุหมุนลักษณะเฉพาะของภูมิภาคนั้นๆ และพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลที่มีผลต่อการกำเนิดของพายุหมุนสามารถหาได้จากการตรวจสอบพารามิเตอร์ทางกายภาพอย่างละเอียด เช่น แรงเฉือนในแนวตั้ง ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันระดับน้ำทะเล แรงโคริโอลิส ผลกระทบของการแกว่งระหว่างฤดูกาลในภูมิภาคมหาสมุทรอินเดีย

การศึกษาของ Liu et al. (2020) ศึกษาแนวโน้มศักยภาพความเสียหายของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่จีนแผ่นดินใหญ่พบว่า ดัชนีการกระจายพลังงาน (PDI) เหนือจีนแผ่นดินใหญ่ในช่วงปี ค.ศ.1980–2018 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แนวโน้มที่เพิ่มขึ้นนั้นพบว่ามีสาเหตุหลักจากรยะเวลาเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของพายุเข้าใกล้แผ่นดิน และมีความรุนแรงของพายุที่เพิ่มขึ้น โดยมีปัจจัยที่เอื้ออำนวยคือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลชายฝั่ง อุณหภูมิพื้นผิวดิน ความชื้นของดิน แรงเฉือนของลมในแนวตั้งระดับต่ำที่ลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมความรุนแรงของพายุ ส่งผลให้เกิดศักยภาพในการทำลายล้างของพายุที่มากขึ้น นอกจากนี้ Emanuel et al. (2004) ได้กล่าวว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความรุนแรงของพายุคือ เส้นทางของพายุ ลมเฉือน โครงสร้างความร้อน

เหนื่อมหาสมุทร ลักษณะของพื้นผิวดิน ความชื้นของดิน (Emanuel, DesAutels, Holloway, & Korty, 2004)

อุณหภูมิผิวทะเลมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมสูงสุดในรัศมี 2-3 เท่า โดยมีส่วนทำให้พายุมีความรุนแรงในเชิงบวกอย่างมาก ในขณะที่อุณหภูมิผิวทะเลที่อยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางของพายุสามารถลดความรุนแรงของพายุได้ (Sun, Zhong, Ha, Wang, & Wang, 2013)

พื้นที่ปริมาณน้ำฝนจากพายุหมุนเขตร้อนถูกควบคุมโดย สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิผิวน้ำทะเล เป็นหลักโดยสัมพันธ์ในค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวทะเลในเขตร้อน ในขณะที่อัตราปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิผิวทะเลจะเพิ่มขึ้นด้วยโดยความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นระหว่างขนาดพายุหมุนเขตร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ในชั้นบรรยากาศกลาง (Lin, Zhao, & Zhang, 2015)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก และแอตแลนติกมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยการศึกษาที่ศึกษาปริมาณน้ำฝนในอุรุกวัยและบราซิล ความสัมพันธ์เหล่านี้บางส่วนยืนยันความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์เอลนีโญ เมื่อมีการพิจารณาค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรทั้งสองพร้อมกัน ความเชื่อมโยงกับความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนจะดีขึ้นในบางกรณี และในบางกรณีก็ลดลง (Diaz, Studzinski, & Mechoso, 1998)

พายุหมุนเขตร้อนยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล การระบายความร้อนสูงสุดของน้ำทะเลตามเส้นทางของพายุโดยเกิดขึ้นบ่อยที่สุดหลังจากที่พายุผ่านไป 1 วัน เมื่อทำการคอมโพสิตสัมพันธ์กับวันที่มีการการระบายความร้อนของน้ำทะเล การตอบสนองโดยเฉลี่ยทั่วโลกต่อทางผ่านของพายุคือค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในพื้นที่ที่มีค่าต่ำที่สุดคือ 20.98 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปการฟื้นตัวของมหาสมุทรสู่ทางผ่านของพายุนั้นค่อนข้างรวดเร็ว แม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์เฉลี่ยจากแอ่งพายุหมุนเขตร้อนที่แยกจากกัน แต่ก็ยังเป็นข้อตกลงในวงกว้างกับผลลัพธ์เฉลี่ยทั่วโลก ความรุนแรงของพายุและการแปลงความเร็วส่งผลทั้งขนาดของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในการตอบสนองและช่วงเวลาฟื้นฟู พายุที่เกิดขึ้นในช่วงครึ่งแรกของฤดูพายุจะขัดขวางในช่วงฤดูกาลที่ร้อนขึ้น ซึ่งจะไม่กลับมาทำงานอีกจนกว่าจะผ่านไป 20-30 วันหลังจากพายุไซโคลนพัดผ่าน ในทางกลับกันการเกิดพายุไซโคลนในช่วงครึ่งหลังของฤดูกาลทำให้อุณหภูมิลดลง 0.58 องศาเซลเซียส ซึ่งมหาสมุทรไม่ฟื้นตัวเนื่องจากวัฏจักรการเย็นตัวตามฤดูกาล (Dare & McBride, 2011)

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล พายุหมุน และปริมาณฝนในประเทศไทย

ผลกระทบของปรากฏการณ์เอนโซ ต่อปริมาณฝน อุณหภูมิ และความถี่พายุหมุนเขตร้อน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งประเทศไทย ในระยะเวลา 46 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2494 - พ.ศ.2540 จากการศึกษา พบว่าปรากฏการณ์เอนโซส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิในภาคใต้ฝั่งตะวันออกเพียง 1 สถานีจาก 12 สถานี ส่วนภาคอื่น ๆ ไม่มีผลกระทบ นอกจากนี้ได้ศึกษาการเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฝนรายปีกับดัชนีมรสุม (Monsoon Index) ซึ่งหาจากผลรวมของค่าสูงสุดของค่าต่างระหว่าง ลมที่พัดปกคลุมในทิศทางปกติและลมที่พัดปกคลุมในทิศทางตรงกันข้าม พบว่าที่กรุงเทพฯ และภาค ตะวันออกมีความสอดคล้องกัน 71.4% ภาคใต้ฝั่งตะวันออก สอดคล้องกัน 83% ภาคใต้ฝั่งตะวันตก สอดคล้องกัน 71.4% เฉลี่ยรวม 75.2% ของสถานีที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีผลกระทบต่อ ปริมาณฝนในทุกสถานี เมื่อพิจารณาแนวโน้มแล้วพบว่าปีที่เกิดเอลนีโญรุนแรง อุณหภูมิมีแนวโน้มสูง กว่าปกติ ส่วนปริมาณน้ำฝนและความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนมีแนวโน้มน้อยลงกว่าปกติซึ่งตรงข้ามปี ลานีญา (ภูเวียง ประคำมินทร์, 2543)

ปริมาณน้ำฝนจำนวนมากทั่วประเทศสัมพันธ์กับการหมุนวนของลมระดับบนที่ 850 hPa และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงเวลาของการเกิดได้ฝุ่นลิน ดา โดยการหมุนวนของลมระดับบนมีค่าเป็นบวกสอดคล้องกับกระแสลมในช่วงเวลาการเกิดได้ฝุ่นลิน ดาซึ่งพัดมาจากทะเลจีนใต้ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเหนือทะเลอ่าวไทยและอันดามันก็มีค่าที่ ผิดปกติซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดพายุที่รุนแรงในประเทศไทยช่วงได้ฝุ่นลินดา (Chansaengkrachang, Luadsong, & Aschariyaphotha, 2017)

บทบาทของพายุหมุนเขตร้อนตามร่องมรสุมในอุทกภัยไทยพ.ศ.2554 และความแปรปรวน ระหว่างปีโดยได้ศึกษารูปแบบการไหลเวียนของบรรยากาศต่ออุทกภัยในประเทศไทยพ.ศ.2554 และ ศึกษาความแปรปรวนระหว่างปี (Interannual Variability) ของปริมาณน้ำฝนในอินโดจีนในช่วง 33 ปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2522-พ.ศ.2554 โดยมุ่งเน้นไปที่พายุหมุนเขตร้อนที่มาจากแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ เหนือเขตมรสุมเอเชีย จากค่าผิดปกติของไซโคลนและพายุหมุนที่มาจากแปซิฟิกตะวันตกมีค่ามากกว่า ที่ผู้ศึกษาได้คาดการณ์ไว้ และความแรงของลมมรสุมตะวันตกอยู่ในเกณฑ์ปกติซึ่งหมายความว่าลม มรสุมตะวันตกไม่ได้เป็นสาเหตุที่ทำให้ฝนตกหนักตามฤดูกาลในปี พ.ศ.2554 นอกจากนี้ยังได้ผลลัพธ์ที่ คล้ายกันจากการวิเคราะห์ทางสถิติ 33 ปี ปริมาณฝนรวม 5 เดือนเหนืออินโดจีนกับร่องมรสุมพบว่ามี ปริมาณน้ำฝนเหนืออินโดจีนสูงกว่าปกติ การไหลเวียนของพายุหมุนที่เพิ่มขึ้นโดยพายุหมุนบริเวณทาง ตะวันตกของร่องมรสุมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณฝนที่สูงกว่าปกติไม่ได้เกิดจาก

มรสุมตะวันตกที่พัดปกคลุมอินโดจีน ดังนั้นน้ำท่วมไทยในพ.ศ. 2554 เกิดจากรูปแบบการหมุนเวียนของบรรยากาศโดยทั่วไปสำหรับปีที่มีฝนตกสูงกว่าปกติ เป็นที่น่าสังเกตว่าผลกระทบของอุณหภูมิมิวน้ำทะเล แปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือและเอลนีโญต่อปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในช่วงฤดูฝน และฤดูร้อน (summer rainy season) เหนืออินโดจีนยังไม่ชัดเจนในช่วง 33 ปี (Takahashi, Fujinami, Yasunari, Matsumoto, & Baimoung, 2015)

แนวโน้มและความแปรปรวนในระยะยาวของปริมาณฝนรวมและความรุนแรงในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าปรากฏการณ์สภาพภูมิอากาศขนาดใหญ่ในมหาสมุทรแปซิฟิกเป็นตัวขับเคลื่อนความแปรปรวนในปริมาณฝนรวมและความรุนแรงของประเทศไทย ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณน้ำฝนมากขึ้นในช่วงปีลานีญาและ Pacific Decadal Oscillation (PDO) และลดลงในช่วงปีเอลนีโญ และช่วงอบอุ่นของ PDO (Limsakul & Singhruck, 2016)



บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ข้อมูลปรากฏการณ์เอนโซเป็นดัชนีบ่งชี้ปรากฏการณ์เอนโซ ได้แก่ Ocean Nino Index (ONI) จาก NOAA National Weather Service เป็นค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิก บริเวณละติจูด 5 องศาเหนือ – 5 องศาใต้ ลองจิจูด 120-170 องศาตะวันตก) โดยคำนวณมาจาก อุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณในแปซิฟิกเขตศูนย์สูตร เก็บรวบรวมข้อมูลโดย NOAA / National Weather Service โดยปีที่ปกติจะมีค่าตั้งแต่ -0.5 ถึง 0.5 และปีที่มีค่ามากกว่า 0.5 จะเป็นปีที่เกิด เอลนีโญ และปีที่มีน้อยกว่า -0.5 เป็นปีที่เกิดลานีญา จากข้อมูลของดัชนี ONI ในช่วง 30 ปี มีปีเอลนี โย 10 ปี คือ พ.ศ. 2534 2537 2540 2545 2547 2549 2552 2557 2558 2561 ปีลานีญา 11 ปี คือ 2538 2541 2542 2543 2548 2550 2551 2553 2554 2559 2560 และปีปกติ 9 ปี คือ พ.ศ. 2533 2535 2536 2539 2544 2546 2555 2556 2561 2562

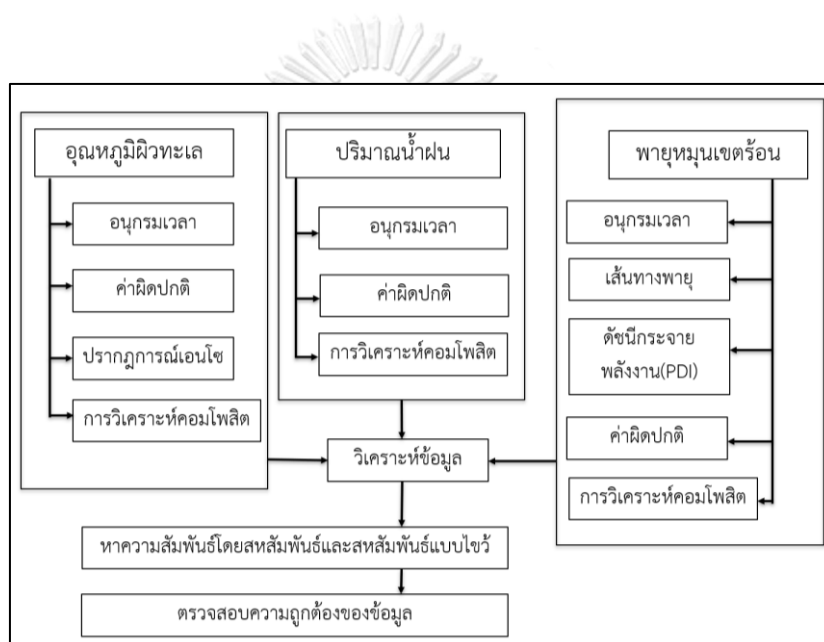
3.1.2 ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เป็นข้อมูลรายเดือนโดย NOAA PSL(Physical Sciences Laboratory) เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลจากดาวเทียมผ่านกระบวนการปรับแก้โดยวิธี optimum interpolation: OI โดยเป็นการแก้ไขค่าอคติเพื่อช่วยเพิ่มความแม่นยำในพื้นที่ขนาดใหญ่ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 degrees (ละติจูด) x 1 degrees (ลองจิจูด) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ข้อมูลที่ใช้มาจากค่าเฉลี่ยรายสัปดาห์และสร้างเป็นข้อมูลรายเดือน (Smith & Reynolds, 1995) ในการศึกษาจะใช้ ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน ระยะเวลา 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2562 โดยศึกษาในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือนธันวาคมของทุกปี เนื่องจากเป็นช่วงพายุมีเส้นทางผ่านประเทศไทย โดยพายุมักจะ อยู่ทางตอนบนของประเทศไทยในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน และทางใต้ของประเทศไทย ในช่วง เดือนตุลาคมถึงธันวาคม ขอบเขตพื้นที่ศึกษาคือมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ (ละติจูด 5-25 องศาเหนือ ลองจิจูด 99-180 องศาตะวันออก) โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 2 พื้นที่ คือ ทะเลจีนใต้ (ละติจูด 10- 20 องศาเหนือลองจิจูด 109-120 องศาตะวันออก) และทะเลฟิลิปปินส์ (ละติจูด 10-20 องศาเหนือ ลองจิจูด 130-140 องศาตะวันออก) เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีจุดกำเนิดของพายุหมุนเขตร้อนที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย

3.1.3 ข้อมูลเส้นทางพายุหมุนเขตร้อนในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือเก็บข้อมูล Joint Typhoon Warning Center, Naval Meteorology and Oceanography Command ข้อมูลที่ได้จะแสดง ตำแหน่งของพายุ ความเร็วลม

3.2.4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคมโดยสถานีหลักในประเทศไทย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

3.2 กรอบการวิเคราะห์

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เข้าใจแนวทางการศึกษาและนำมาประยุกต์และพัฒนาการศึกษาวิจัย โดยขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. ขั้นตอนการประมวลผลอุณหภูมิมิวน้ำทะเล 2. ขั้นตอนการประมวลผลพายุ แสดงในภาพที่ 3

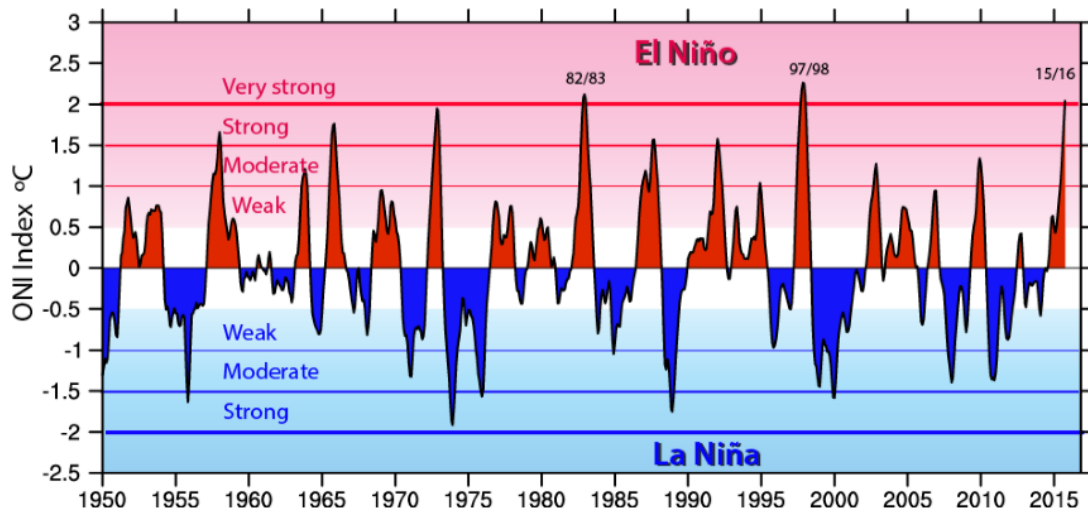


ภาพที่ 3 แผนการดำเนินงาน

1. การประมวลผลปรากฏการณ์เอนโซ

1.1) การดาวน์โหลดข้อมูลปรากฏการณ์เอนโซ ดาวน์โหลดข้อมูลได้จาก https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

1.2) การประมวลผลดัชนีเอนโซ เลือกข้อมูลปรากฏการณ์เอนโซตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2533 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2562 ทำการบันทึกข้อมูลและสร้างแผนภูมิเพื่อแสดงปีที่เกิดปีปกติ ปีเอลนีโญและปีลานีญา

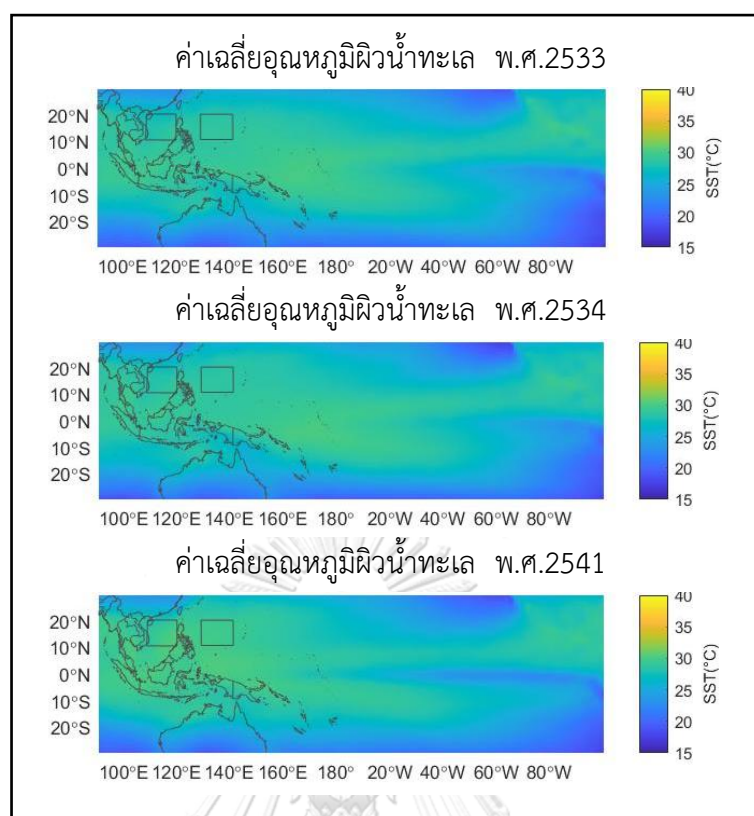


ภาพที่ 4 ปรากฏการณ์เอนโซแบ่งตามความรุนแรง
ที่มา Climatedataguide.ucar.edu

2.) การประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล

2.1) ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จาก <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html> โดยดาวน์โหลดข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2533 ถึงธันวาคม พ.ศ.2562 จะได้ข้อมูลในรูปแบบ NETCDF

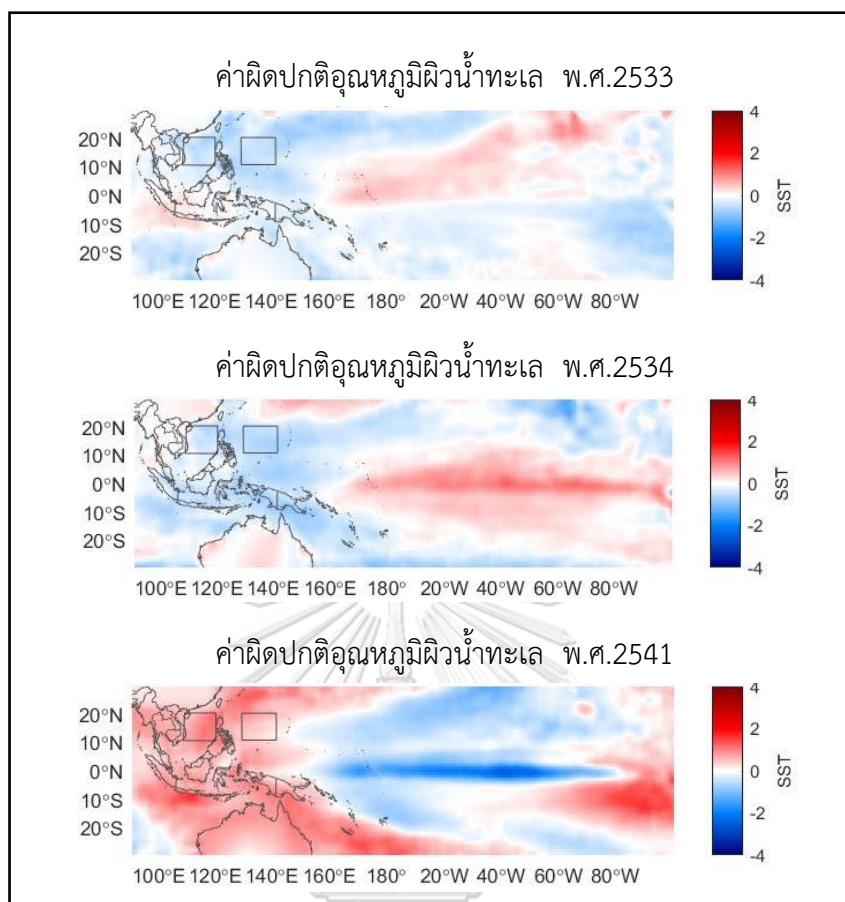
2.2) การประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จาก NETCDF เป็นแผนที่แสดงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล รายปี 30 ปีประมวลผลข้อมูลดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม MATLAB มีวิธีทำดังนี้ทำการสร้างโค้ดโดยเลือกพื้นที่ศึกษาและช่วงเวลาที่ศึกษา การสร้างเมตริกซ์อุณหภูมิผิวน้ำทะเล ละติจูด ลองจิจูด ทำการจัดรูปเมตริกซ์ เพื่อเรียงลำดับค่าดังกล่าว ทำการเลือกค่าเดือนและปีของข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล สร้างมิติของข้อมูลเพื่อง่ายต่อการคำนวณ สร้างเป็น [ละติจูด, ลองจิจูด, เดือนที่, ปีที่] จากนั้นประมวลผลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล รายปีโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล รายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงธันวาคม ประมวลผลในรูปแบบแผนที่และบันทึกข้อมูลใน Microsoft excel โดยแสดงตัวอย่างการประมวลผล ดังภาพที่ 5 โดยปี พ.ศ.2533 คือการแสดงผลตัวแทนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีปกติ พ.ศ.2534 การแสดงผลตัวแทนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีเอลนีโญ และ พ.ศ.2541 คือการแสดงผลตัวแทนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีลานีญา



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการประมวลผลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล รายปีจาก NETCDF

2.3) การประมวลผลการหาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เพื่อหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงประมวลผลข้อมูลดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม MATLAB จากขั้นตอน 1.2) ทำการหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงโดยนำข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีที่ต้องการทราบค่าลบด้วยปีก่อนหน้า จากนั้นประมวลผลในรูปแบบกราฟและบันทึกข้อมูลใน Microsoft excel

2.4) การประมวลผลหาค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นการประมวลผลแบบคอมโพสิตประมวลผลข้อมูลดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม MATLAB จากขั้นตอน 1.2) ทำการหาค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลโดยนำข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลรายปีลบด้วยค่าเฉลี่ย 30 ปี และทำการวิเคราะห์คอมโพสิต (Composite analysis) เทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ ประมวลผลในรูปแบบแผนที่และบันทึกข้อมูลใน Microsoft excel โดยแสดงตัวอย่างการประมวลผล ดังภาพที่ 6 โดยปี พ.ศ.2533 คือการแสดงผลตัวแทนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีปกติ พ.ศ.2534 การแสดงผลตัวแทนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีเอลนีโญ และ พ.ศ.2541 คือการแสดงผลตัวแทนอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีลานีญา



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการประมวลผลค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล(หน่วย: องศาเซลเซียส)

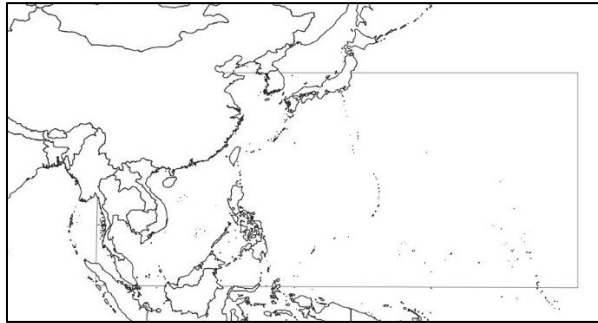
3.) การประมวลผลข้อมูลพายุก

3.1) ข้อมูลเส้นทางพายุหมุนเขตร้อนในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือดาวน์โหลดข้อมูลได้จาก <https://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html?western-pacific> โดยเลือกข้อมูลตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2533 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2562

3.2) การประมวลผลอนุกรมเวลาของพายุหมุน โดยทำการบันทึกข้อมูลจำนวนพายุ ความเร็วลมใน Microsoft excel ประมวลผลข้อมูลดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม Microsoft excel

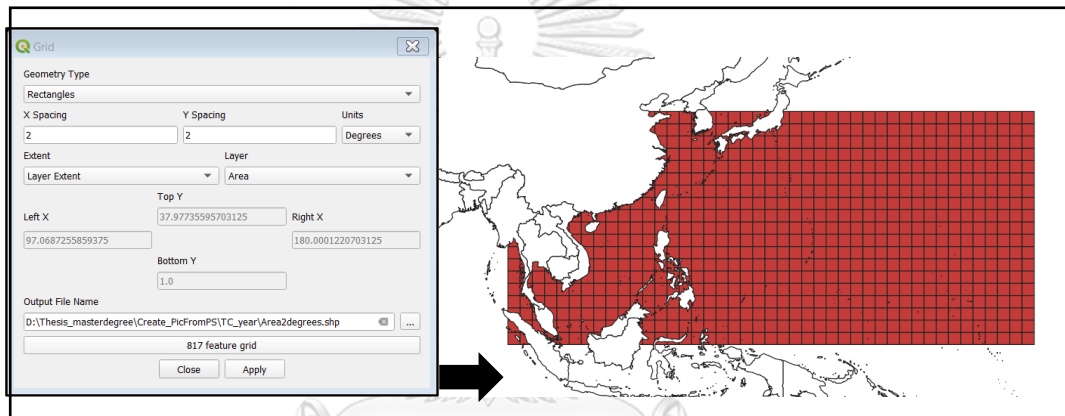
3.3) การประมวลผลความถี่ของพายุโดยใช้โปรแกรม QGIS ดังนี้

3.3.1 จัดการตำแหน่งข้อมูลพายุในรูปแบบข้อมูลจุด จากนั้นทำการสร้างโพลีกอนตามขอบเขตเขตพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 7



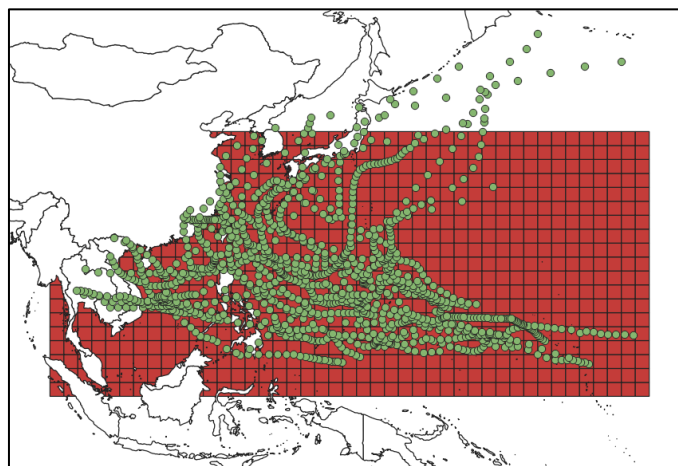
ภาพที่ 7 การสร้างโพลีกอนตามขอบเขตเขตพื้นที่ศึกษา

3.3.2 สร้างกริดเลเยอร์โดยเลือกขนาดกริดในโพลีกอน $2^\circ \times 2^\circ$ แสดงดังภาพที่ 8



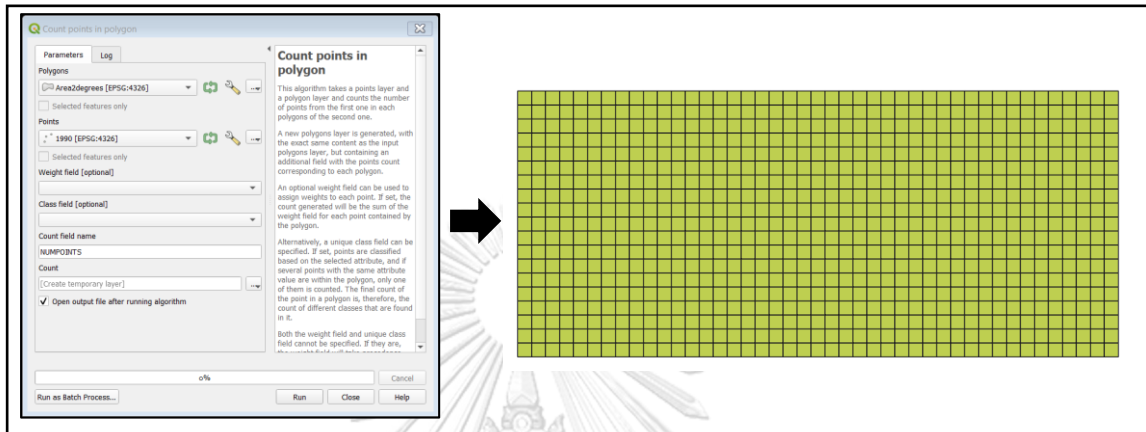
ภาพที่ 8 การสร้างกริดเลเยอร์

3.3.3 ทำการเพิ่มข้อมูลจุดของพายุ แสดงภาพที่ 9



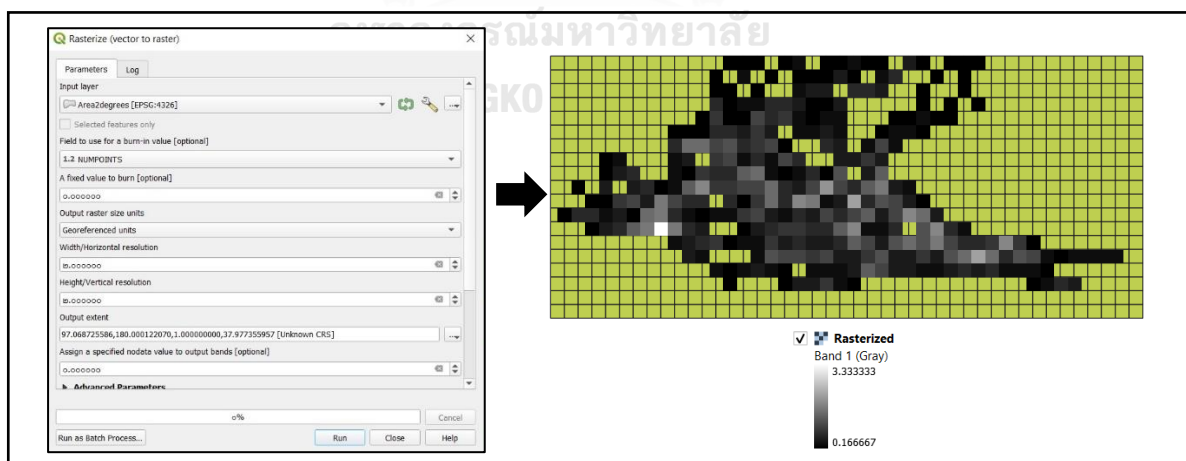
ภาพที่ 9 การเพิ่มข้อมูลจุดของพายุในปี พ.ศ.2533

3.3.4 ทำการนับข้อมูลจุดในแต่ละกริดของโพลีกอนโดยเลือกคำสั่ง Count point in polygon จากนั้นทำการสร้างฟิลด์เพื่อความคำนวณความถี่จากพายุ เนื่องจากการบันทึกข้อมูลของพายุเป็นการบันทึกข้อมูลทุก 6 ชั่วโมงจึงนำข้อมูลที่ได้จากการนับความถี่มาหารด้วย 4 แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การนับข้อมูลจุดในแต่ละกริดของโพลีกอนในปี พ.ศ.2533

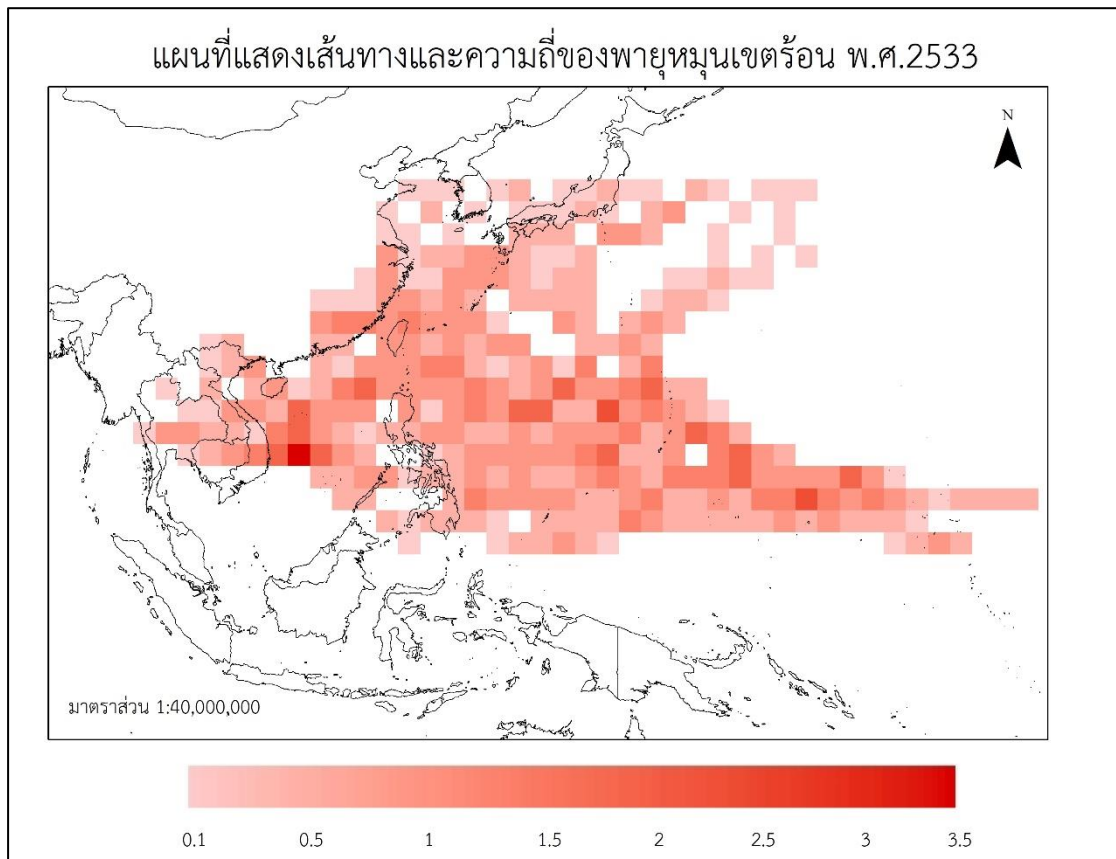
3.3.5 จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเวกเตอร์เป็นแรสเตอร์เพื่อแสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละกริด แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การแปลงข้อมูลเวกเตอร์เป็นแรสเตอร์ ในปี พ.ศ.2533

3.3.6 ทำการและทำการวิเคราะห์คอมโพสิต (Composite analysis) เทียบกับปรากฏการณ์เอลนีโญ

3.3.6 ทำการสร้าง Density Map โดยแสดงตัวอย่างผลลัพธ์ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แผนที่แสดงเส้นทางและความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน พ.ศ.2533(หน่วย:ลูกต่อปี)

3.4) คำนวณค่าดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ของพายุหมุนเขตร้อน (Power Dissipation Index, PDI) ซึ่งดัชนีนี้เป็นดัชนีที่แสดงผลรวมทั้งความรุนแรงของพายุ ความถี่ และระยะเวลาของพายุที่มีการก่อตัว แสดงผลโดย ArcGIS และ Microsoft Excel ดังนี้

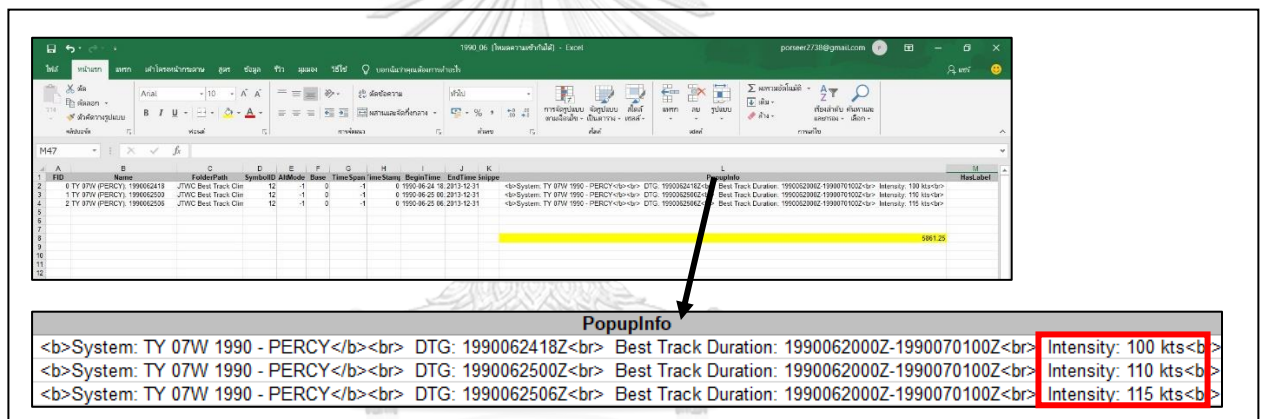
3.4.1 จัดเตรียมข้อมูลพายุกโดยเลือกพายุที่มีความเร็วลมที่มากกว่า 33 นี้อต จากนั้นทำการแปลงข้อมูลจากนี้อตเป็นเมตรต่อวินาทีโดยการนำความเร็วลมคูณด้วย 0.5144 และนำมาคำนวณหา PDI ด้วยสมการดังนี้

$$PDI = \int_0^t V_{\max}^3 dt$$

เมื่อ V_{\max} = ความเร็วลมสูงสุดคงที่ที่ระดับความสูงประมาณ 10 เมตรที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

t = ช่วงเวลาที่เกิดพายุ

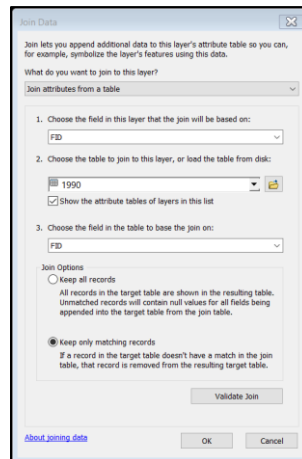
แสดงตัวอย่างการประมวลผลใน Microsoft Excel ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 13 ตัวอย่างการประมวลผลใน Microsoft Excel ในปีพ.ศ. 2533 เดือนมิถุนายน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

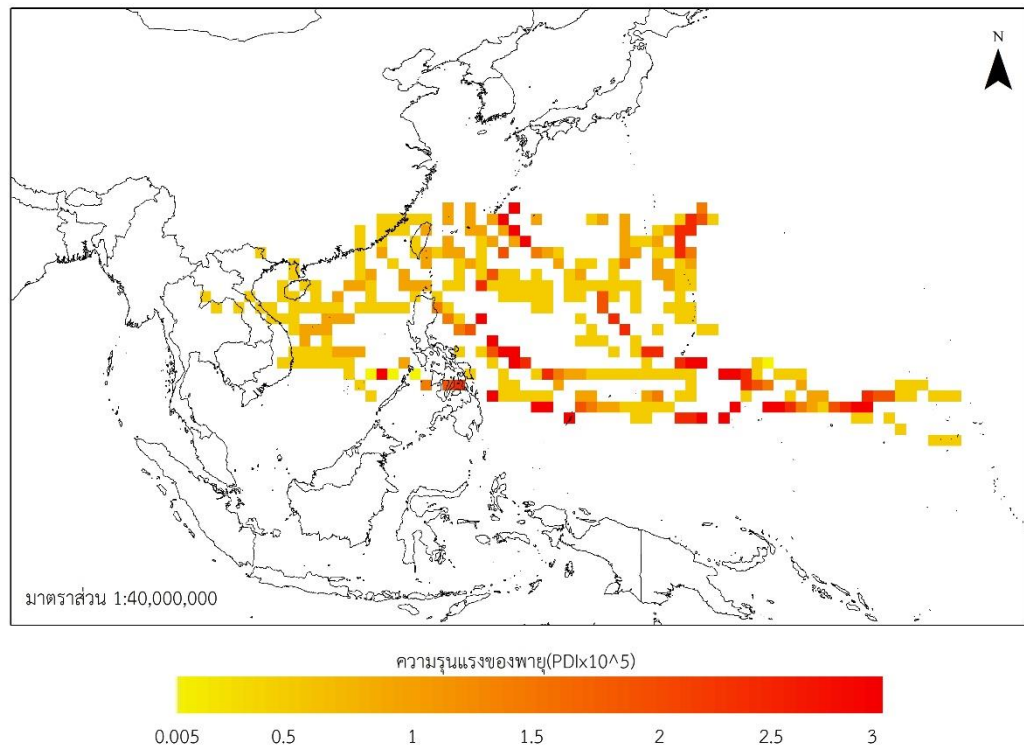
3.4.2 ทำการรวมข้อมูลจาก Microsoft Excel และข้อมูลพายุใน ArcGIS โดยใช้คำสั่ง Join Data แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 หน้าต่างการรวมข้อมูลโดยคำสั่ง Join Data

3.4.3 แปลงข้อมูลเวกเตอร์เป็นแรสเตอร์ จัดรูปแบบ Symbology เพื่อแสดงผลในรูปแบบแผนที่ แสดงดังภาพที่ 15

แผนที่แสดงดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อนในปีพ.ศ.2533



ภาพที่ 15 แผนที่แสดงดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ในปีพ.ศ.2533(หน่วย:เมตรต่อวินาทีต่อปี)

3.5) คำนวณหาค่าผิดพลาดที่ดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน โดยใช้โปรแกรม MATLAB

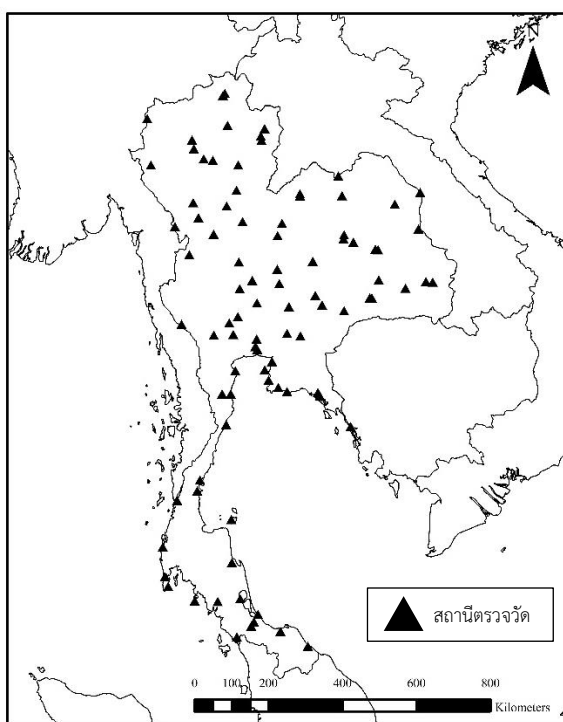
3.6) การประมวลผลเส้นทางพายุและปรากฏการณ์เอนโซ และทำการวิเคราะห์คอมโพสิต (Composite analysis) เทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ

3.7) การประมวลผลความรุนแรงของพายุต่อปรากฏการณ์เอนโซ โดยทำการจัดเตรียมข้อมูลในปี เอลนีโญ ลานีญา และปีที่เป็นปกติ จากนั้นประมวลผลดัง 3.4)

4.) การประมวลผลข้อมูลปริมาณน้ำฝน โดย ArcGIS และ Microsoft Excel ดังนี้

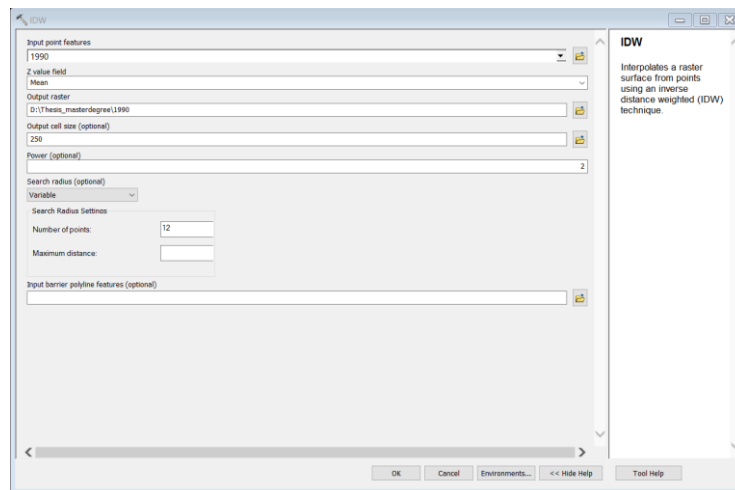
4.1 การประมวลผลปริมาณน้ำฝนรายปีโดยวิธี Inverse Distance Weight(IDW)

4.1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลสถานีน้ำฝนหลักในประเทศไทย โดยทำการเลือกสถานีตรวจวัด ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่มีข้อมูลครบทุกสถานีในช่วงระยะเวลาการศึกษาเป็นตัวแทน ในการศึกษารั้งนี้ แสดงภาพที่ 16 โดยชื่อสถานีดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 10 ในภาคผนวก โดยใช้ เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนมาหาค่าเฉลี่ยรายปี เป็นการให้บริการข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเลือกข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2533 ถึงธันวาคม พ.ศ.2562 โดยนำข้อมูลเดือนตั้งแต่เดือน พฤษภาคมถึงเดือนธันวาคมมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายปี ทำการปรับแก้ฟิลด์ต่างๆและเลือกรูปแบบให้ เหมาะสม แล้วทำการนำเข้าข้อมูลใน ArcGIS ในรูปแบบไฟล์ CSV เพื่อสร้างแรสเตอร์

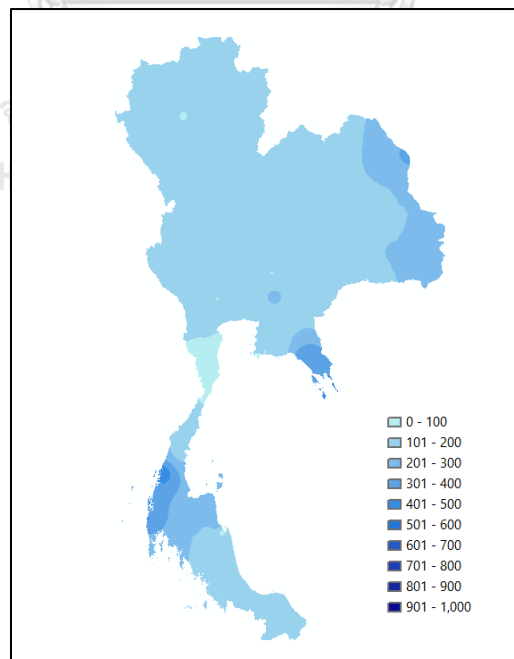


ภาพที่ 16 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

4.1.2 วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลปริมาณน้ำฝนจะประมวลผลโดยใช้โปรแกรม ArcGIS โดยใช้วิธี Inverse Distance Weight (IDW) โดยแสดงหน้าตาของการประมวลผลในภาพที่ 17 และตัวอย่างการประมวลผลดังภาพที่ 18



ภาพที่ 17 หน้าตาของการประมวลผลปริมาณน้ำฝนโดยวิธี IDW

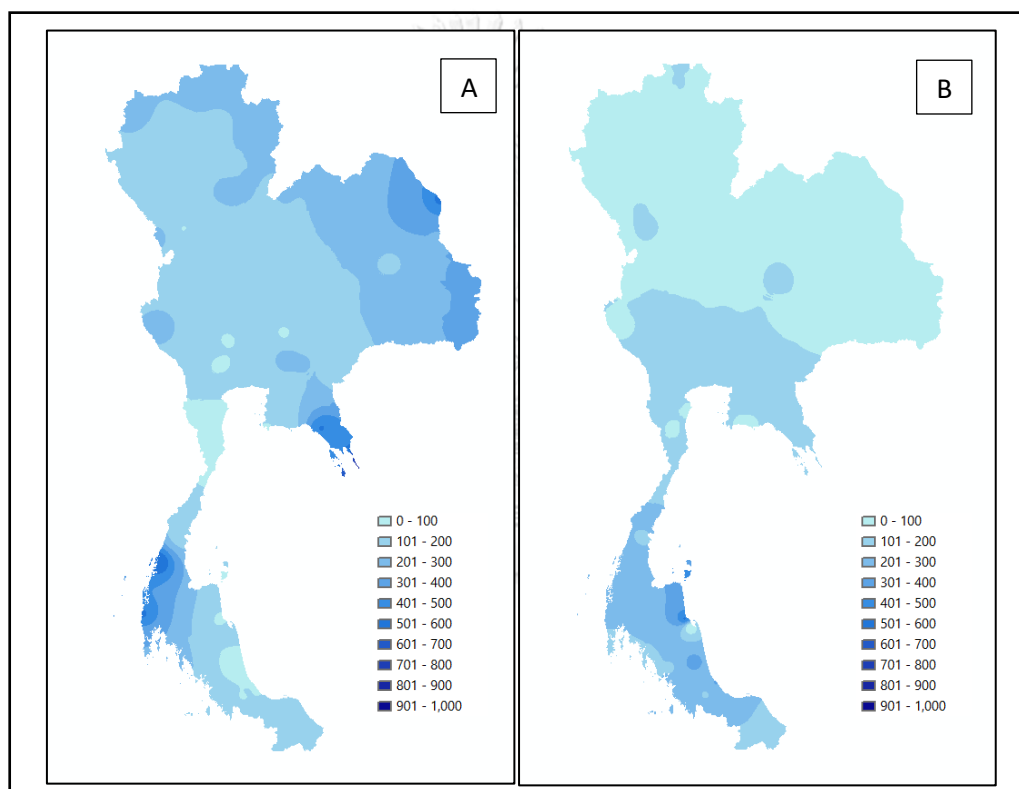


ภาพที่ 18 ตัวอย่างการประมวลผลปริมาณน้ำฝนรายปี พ.ศ.2533 โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงธันวาคมมาเฉลี่ยเป็นรายปี(หน่วย: มิลลิเมตร)

4.2 การประมวลผลปริมาณน้ำฝนโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดูและปลายฤดู

4.2.1 จัดการข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงต้นฤดูและปลายฤดู โดยช่วงต้นฤดูตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ปลายฤดูคือตั้งแต่ตุลาคมถึงธันวาคม

4.2.2 ประมวลผลโดยวิธี 4.1.1 และ 4.1.2 แสดงผลลัพธ์ดังภาพที่ 19

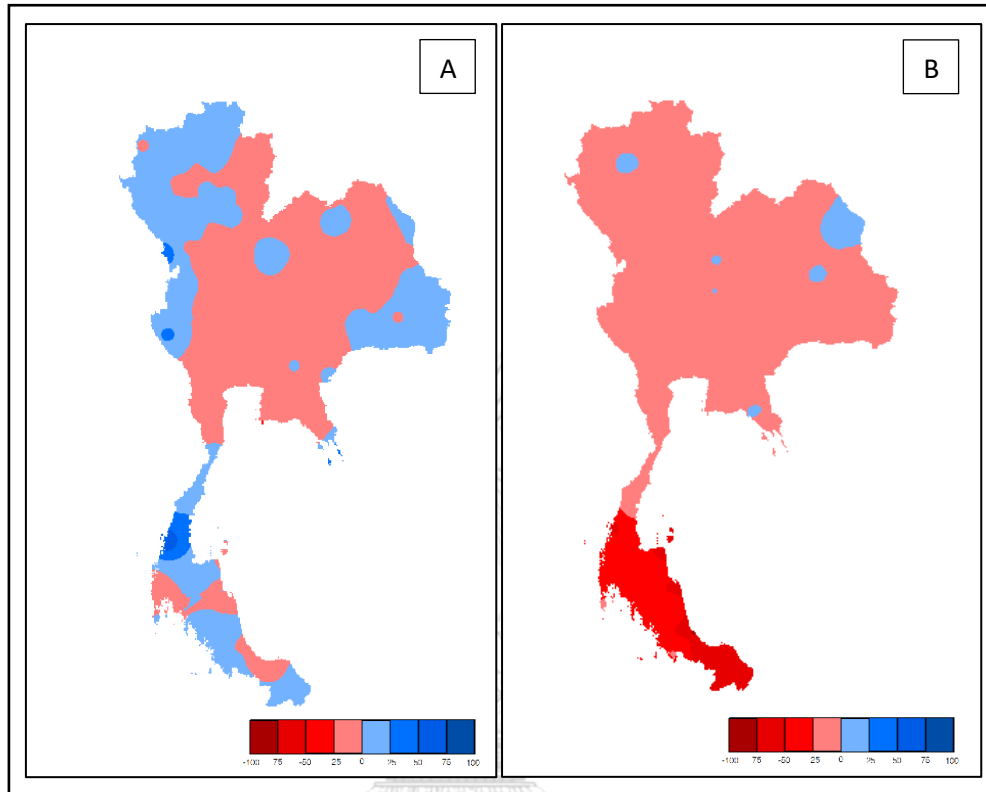


ภาพที่ 19 ตัวอย่างการประมวลผลปริมาณน้ำฝนโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดู (พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) และปลายฤดู (ตุลาคมถึงธันวาคม) พ.ศ.2533 โดยภาพ A คือต้นฤดู และ B คือปลายฤดู (หน่วย: มิลลิเมตร)

4.3 การประมวลผลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนและปรากฏการณ์เอนโซ

4.3.1 จัดการข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยหาค่าผิดปกติโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นและปลาย จากนั้นทำการวิเคราะห์คอมโพสิต (Composite analysis) เทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ

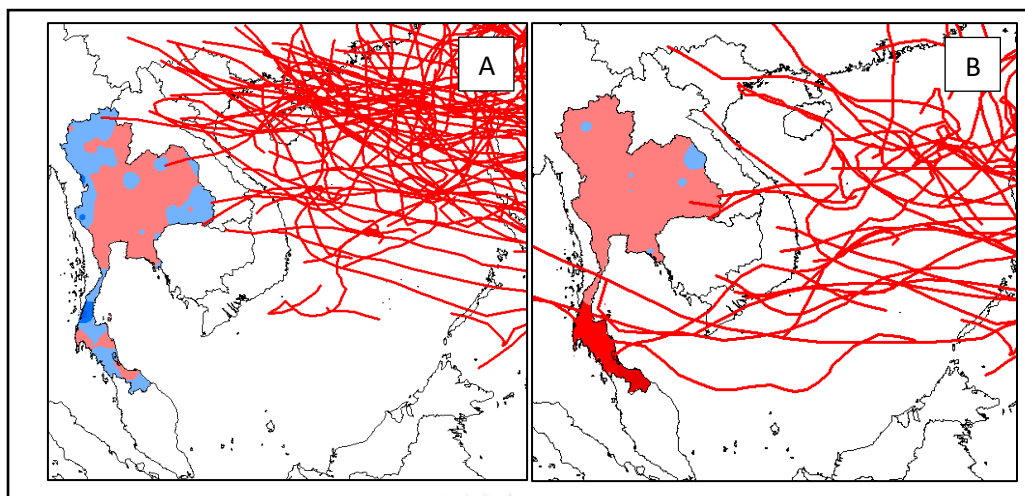
4.3.2 ประมวลผลโดยวิธี 4.1.1 และ 4.1.2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตัวอย่างการประมวลผลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดู และปลายฤดู พ.ศ.2533 โดยภาพ A คือต้นฤดู (พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) และ B คือปลายฤดู (ตุลาคมถึงธันวาคม) (หน่วย: มิลลิเมตร)

4.3 การประมวลผลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝน เส้นทาง วิเคราะห์คอมโพสิต (Composite analysis) เทียบกับปรากฏการณ์เอลนีโญ

- 4.3.1 ใช้ข้อมูลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝน 4.3.1
- 4.3.2 ประมวลผลโดยวิธี 4.1.1 และ 4.1.2
- 4.3.3 จัดการข้อมูลเส้นทางพายุในรูปแบบเส้น
- 4.3.4 ประมวลผล โดยแสดงผลลัพธ์ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ตัวอย่างการประมวลผลค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในปีเอลนีโญ เส้นทางพายุโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้นฤดูและปลายฤดู พ.ศ.2533 โดยภาพ A คือต้นฤดู (พฤษภาคมถึงเดือนกันยายน) และ B คือปลายฤดู (ตุลาคมถึงธันวาคม)

5.) การหาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

5.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบไขว้ (Cross-correlation)

การศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงใต้กับพายุหมุนเขตร้อนจะศึกษาโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation analysis) และสหสัมพันธ์ไขว้ (Cross-Correlation) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับปรากฏการณ์เอนโซ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย โดยการศึกษาความสัมพันธ์นี้จะสามารถทราบถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับใด นอกจากนี้ทำการหลีกเลี่ยงสหสัมพันธ์อัตโนมัติ (autocorrelation) โดยใช้ข้อมูลที่จะวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนในแต่ละปีของช่วงเวลา 30 ปี

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) เป็นการวัดขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่ม 2 ตัวหรือมากกว่า 2 ตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด แสดงดังสมการที่ 8

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบไขว้ (Cross-correlation) เป็นการวัดขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรหรือมากกว่า 2 ตัวขึ้นไปในช่วงเวลาที่ต่างกัน แสดงดังสมการที่ 9

$$r = \frac{n \sum x_i y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2} \sqrt{n \sum y_i^2}}$$

สมการที่ 8

$$r = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{S_x S_y}$$

สมการที่ 9

เมื่อ	r	=	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	n	=	จำนวนการวัด
	t	=	จำนวนแถว
	k	=	ช่วงเวลาระหว่างเหตุการณ์หนึ่งอีกเหตุการณ์หนึ่ง
	\bar{X}	=	ค่าเฉลี่ยของ X
	\bar{Y}	=	ค่าเฉลี่ยของ Y
	S_x	=	$\sqrt{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}$
	S_y	=	$\sqrt{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$

ขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์คือค่าตัวเลขที่อยู่ระหว่าง -1 และ +1

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ทั้งการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) และสหสัมพันธ์แบบไขว้ (Cross correlation) เนื่องจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์จะแสดงความสัมพันธ์กันโดยตรง และใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบไขว้เนื่องจากปัจจัยบางอย่างอาจส่งผลในช่วงเวลาที่ต่างกัน เช่น อุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับพายุหมุน เป็นต้น

5.2 การวิเคราะห์ถดถอย

การหาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และความรุนแรงของพายุ หาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และปริมาณน้ำฝน โดยการสมการดังกล่าวจะแสดงความสัมพันธ์กันและกัน

การวิเคราะห์ถดถอย (Regression analysis) เป็นการศึกษาความเป็นต้นเหตุของกันและกันระหว่างตัวแปรสุ่มที่มุ่งศึกษาตัวแปรสุ่มตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมีลักษณะคล้ายการวิเคราะห์แบบสหสัมพันธ์ แต่จะอธิบายความเป็นเหตุผลกันได้มากกว่า โดยวิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยสามารถกำหนดตัวแบบ (Model) และสมการถดถอย (regression equation) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ นอกจากนี้ยังสามารถพยากรณ์ (Predict) ตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระตามสมการถดถอยได้ โดยตัวแบบ (Model) ถดถอยอย่างง่าย (Simple regression) เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัวที่มีผลต่อตัวแปรตาม 1 ตัว ดังสมการต่อไปนี้

$$y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

สมการที่ 10

เมื่อ α และ β คือพารามิเตอร์

ε คือ เศษตกค้างจากสมการถดถอยตัวอย่าง

X และ y คือตัวแปรที่จะศึกษา โดยที่ X คือตัวแปรอิสระและ y คือตัวแปรตาม

โดยข้อมูลที่จะใส่ในตัวแบบถดถอยอย่างง่ายคือดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน ของพายุหมุนเขตร้อนและอุณหภูมิผิวน้ำทะเล

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination: r^2 หรือ R^2) หมายถึงสัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ ดังนั้นถ้า r^2 มีค่ามากแสดงว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันมากหรือ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่า Y ได้มาก (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552) แสดงดังสมการที่ 11

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}$$

สมการที่ 11

เมื่อ R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

\bar{Y} = ค่าเฉลี่ยของ Y

\hat{Y} = ค่าประมาณของ Y

5.5 การทดสอบความเหมาะสมของสมการความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยการทดสอบที (t test)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบว่าสมการที่ได้จากการหาสมการความถดถอยเชิงเส้นนี้มีความสัมพันธ์จริงหรือไม่ โดยจะต้องทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad \text{หรือ} \quad H_0 : Y \text{ ไม่มีความสัมพันธ์กับ } X \text{ ในรูปเชิงเส้น}$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad \text{หรือ} \quad H_1 : Y \text{ มีความสัมพันธ์กับ } X \text{ ในรูปเชิงเส้น}$$

โดยใช้สถิติที่ทดสอบคือการทดสอบที สำหรับสมมติฐานของการทดสอบเมื่อใช้สถิติที่จะแบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

ก. $H_0 : \beta_1 = 0$ หรือ $H_0 : Y$ และ X ไม่มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ หรือ $H_1 : Y$ และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น

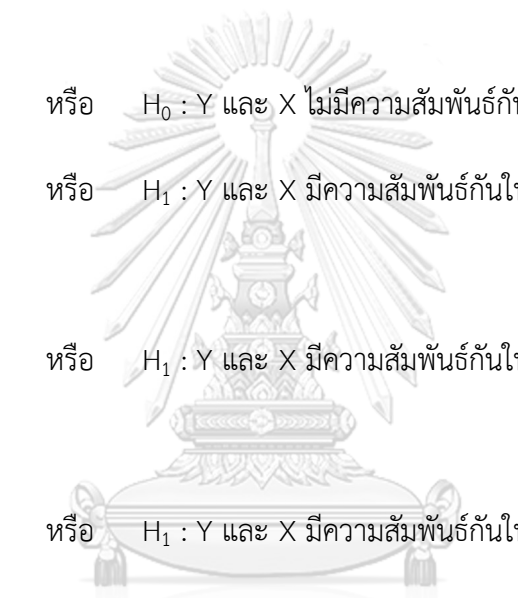
ข. $H_0 : \beta_1 \leq 0$

$H_1 : \beta_1 > 0$ หรือ $H_1 : Y$ และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ในด้านบวก

ค. $H_0 : \beta_1 \geq 0$

$H_1 : \beta_1 < 0$ หรือ $H_1 : Y$ และ X มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น ในด้านลบ

สถิติทดสอบ



$$t = \frac{b_1 - 0}{SE(b_1)}$$

สมการที่ 12

โดยที่ b_1 คือ ตัวแปรจากสมการถดถอย

SE คือ ผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนจากสมการถดถอย

ตารางที่ 1 ตารางแสดงเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0

สมมติฐาน	เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0
$\text{ก. } H_0 : \beta_1 = 0$ $H_1 : \beta_1 \neq 0$	เมื่อ $t > t_{1-(\alpha/2)}$ หรือ $t < -t_{1-(\alpha/2)}$ ที่องศาอิสระ $n-1$ ใช้ผลลัพธ์จาก SPSS จะเป็น Significance ของ t น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด เช่น $\text{Sig.}(2\text{-tailed}) < \alpha$ หรือ $\frac{\text{Sig.}(2\text{-tailed})}{2} < \frac{\alpha}{2}$ <ul style="list-style-type: none"> ถ้าปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_1 = 0$ จะสรุปได้ว่า ตัวแปร X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด
$\text{ข. } H_0 : \beta_1 \leq 0$ $H_1 : \beta_1 > 0$	เมื่อ $t > t_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ $n-1$ หรือเมื่อใช้ผลลัพธ์จาก SPSS จะเป็น <ol style="list-style-type: none"> t มีค่าบวกและ เมื่อ $\frac{\text{Significance ของ } t}{2}$ น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α) <ul style="list-style-type: none"> ถ้าปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงเส้นโดยมีความสัมพันธ์เป็นบวก
$\text{ค. } H_0 : \beta_1 \geq 0$ $H_1 : \beta_1 < 0$	เมื่อ $t < t_{1-\alpha}$ ที่องศาอิสระ $n-1$ หรือเมื่อใช้ผลลัพธ์จาก SPSS จะเป็น <ol style="list-style-type: none"> t มีค่าลบและ เมื่อ $\frac{\text{Significance ของ } t}{2}$ น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α) <ul style="list-style-type: none"> ถ้าปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า ตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงเส้นโดยมีความสัมพันธ์เป็นบวก

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.6 การประมาณช่วงของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t_{1-\frac{\alpha}{2}; df} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} < \mu_1 - \mu_2 < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t_{1-\frac{\alpha}{2}; df} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

สมการที่ 13

โดยที่ $df = \frac{(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2})^2}{\frac{(\frac{s_1^2}{n_1})^2}{n_1-1} + \frac{(\frac{s_2^2}{n_2})^2}{n_2-1}}$ ถ้า df เป็นจุดทศนิยมให้ปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม

5.7 การหาค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ โดยวิธี Root Mean Square Error (RSME)

$$RSME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (error)^2}$$

สมการที่ 14

เมื่อ error = ค่าจริง - ค่าที่จากการพยากรณ์

7. การหาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

7.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล แปซิฟิกตะวันตกเฉียงใต้กับพายุหมุนเขตร้อนจะศึกษาโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation analysis) และสหสัมพันธ์ไขว้ (Cross-Correlation) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับปรากฏการณ์เอนโซ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย โดยการศึกษาความสัมพันธ์นี้จะสามารถทราบถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับใด นอกจากนี้ทำการหลีกเลี่ยงสหสัมพันธ์อัตโนมัติ (Autocorrelation) โดยใช้ข้อมูลที่จะวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายเดือนในแต่ละปีของช่วงเวลา 30 ปี

7.2 การหาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และความรุนแรงของพายุ หาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และปริมาณน้ำฝน โดยการสมการดังกล่าวจะแสดงความเป็นต้นเหตุของกันและกัน

7.3 การศึกษาเส้นทาง (track) ของพายุกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ปีที่เป็นเอลนีโญ ปีที่เป็นลานีญา และปีที่เป็นปกติจะใช้วิธีการวิเคราะห์คอมโพสิต (Composite analysis) เพื่อทราบถึงเส้นทางของพายุต่อข้อมูลนั้น ๆ โดยแสดงในรูปแบบแผนที่ที่ประกอบด้วยตำแหน่งเส้นทางของพายุ ข้อมูลแรสเตอร์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ดังกล่าว

บทที่ 4 ผลการศึกษา

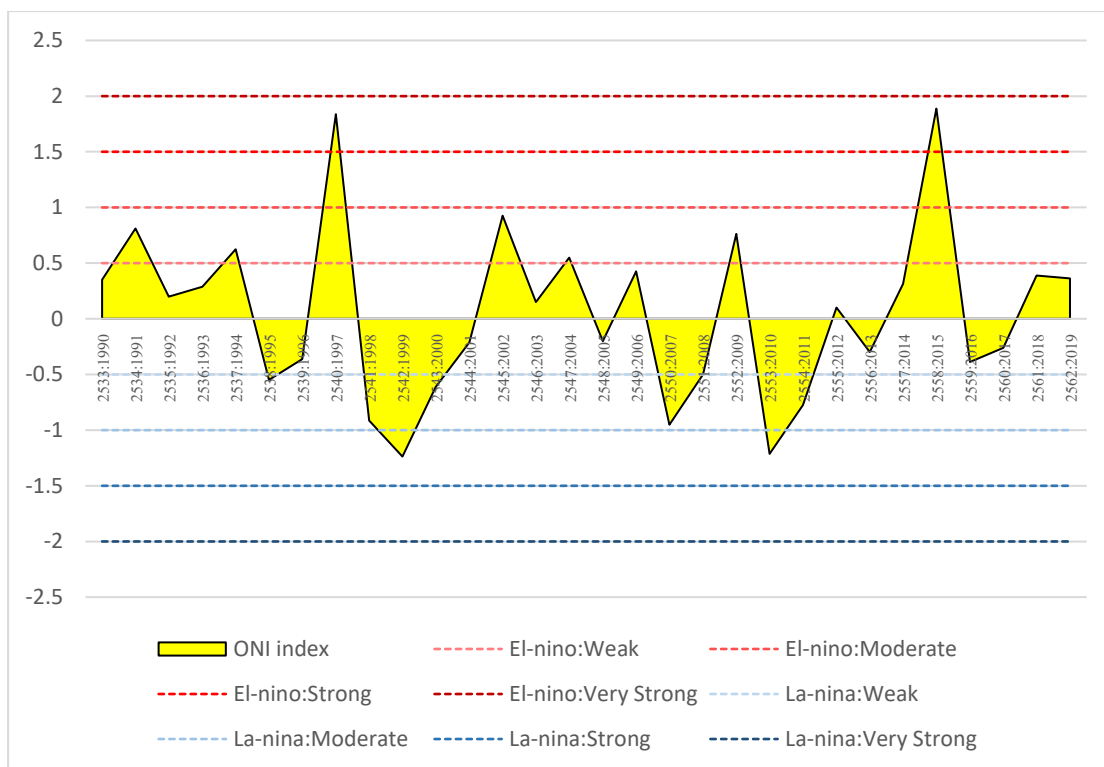
4.1 ปราบกฏการณ์เอนโซ

ข้อมูลปราบกฏการณ์เอนโซจากดัชนี ONI ในระยะเวลา 30 ปีแบ่งออกเป็นปีเอลนีโญ และปีลานีญา ปีปกติ ดังนี้ มีปีเอลนีโญ 10 ปีคือ พ.ศ. 2534 2537 2540 2545 2547 2549 2552 2557 2558 2561 มีปีลานีญา 11 ปีคือ 2538 2541 2542 2543 2548 2550 2551 2553 2554 2559 2560 และมีปีปกติ 9 ปีคือ พ.ศ. 2533 2535 2536 2539 2544 2546 2555 2556 2561 2562 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลปราบกฏการณ์เอนโซแยกตามรายปี

ปีเอลนีโญ (9ปี)	ปีลานีญา (11ปี)	ปีปกติ (10ปี)
2534	2538	2533
2537	2541	2535
2540	2542	2536
2545	2543	2539
2547	2548	2544
2549	2550	2546
2552	2551	2555
2557	2553	2556
2558	2554	2561
	2559	2562
	2560	

นอกจากนี้ปราบกฏการณ์เอนโซยังสามารถจำแนกตามความรุนแรงดังภาพที่ 2 โดยจากการศึกษาพบว่าดัชนี ONI ในระยะเวลา 30 ปี ปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงปานกลางคือปี พ.ศ.2537 2538 2545 2546 ปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงมากคือปี พ.ศ.2534 2535 2552 2553 และปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงมากที่สุดคือปี พ.ศ.2540 2541 2558 2559 ปีที่ลานีญามีความรุนแรงปานกลางคือปี พ.ศ. 2538 2539 2554 2555 ปีที่ลานีญามีความรุนแรงมากคือปี พ.ศ.2541 2542 2543 2550 2551 2553 2554 ปีที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเอลนีโญเป็นลานีญาคือ พ.ศ.2541 และ พ.ศ.2553 แสดงดังภาพที่



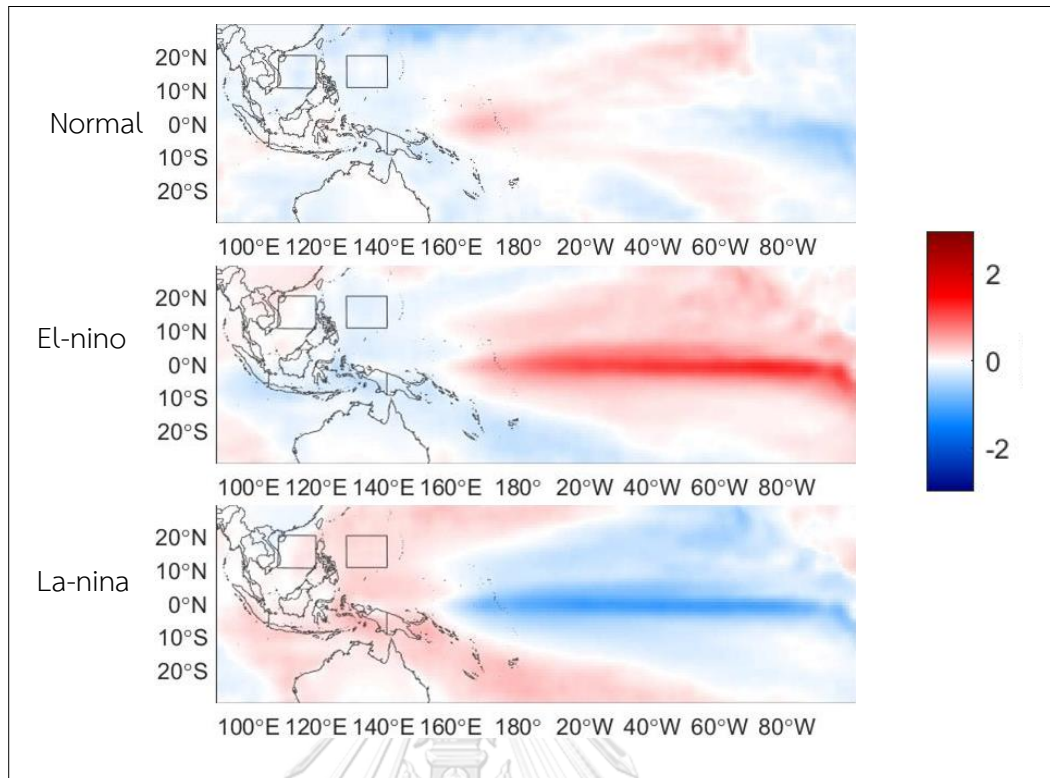
ภาพที่ 22 ปรากฏการณ์เอนโซจากดัชนี ONI

4.2 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล

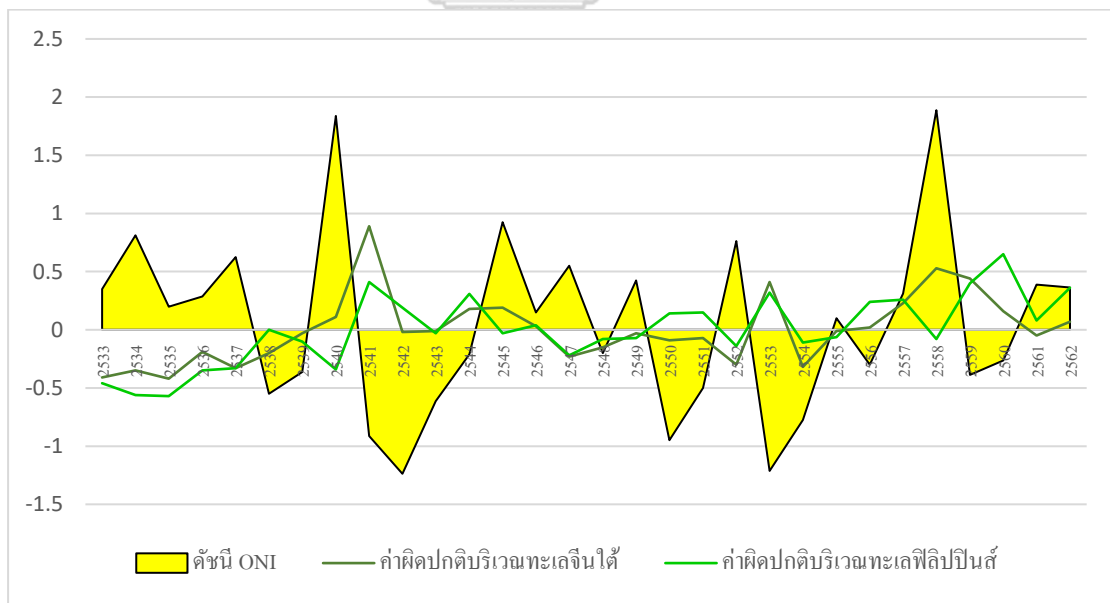
4.2.1 ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ของทะเลจีนใต้และฟิลิปปินส์

การศึกษาเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในปีปกติในพื้นที่ศึกษาในทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์มีค่าที่ไม่ต่างกันมาก ขณะที่ในปีเอลนีโญอุณหภูมิผิวน้ำทะเล แปซิฟิกฝั่งตะวันออกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัด ในพื้นที่ศึกษาทะเลจีนใต้มีอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นกว่าปีปกติ และทะเลฟิลิปปินส์มีอุณหภูมิเย็นขึ้นกว่าปีปกติ ในปีลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล แปซิฟิกตอนกลางเย็นขึ้นกว่าปกติ โดยจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในพื้นที่ศึกษาทั้งทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์นั้นสูงขึ้นกว่าปีปกติและปีลานีญา ดังภาพที่ 23

ค่าผิดปกติในแต่ละปีเมื่อเทียบกับดัชนี ONI พบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในทะเลจีนใต้จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปีเอลนีโญเป็นปีลานีญา โดยอุณหภูมิของบริเวณดังกล่าวจะเพิ่มสูงมากเมื่อ ปีนั้นเป็นปีลานีญาที่รุนแรง อุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในทะเลฟิลิปปินส์นั้นเมื่อเป็นปีเอลนีโญจะต่ำกว่าค่าของอุณหภูมิฝั่งทะเลจีนใต้ จากการศึกษาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ทั้งสองฝั่งพบว่าอุณหภูมิจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เอนโซ ดังภาพที่ 24

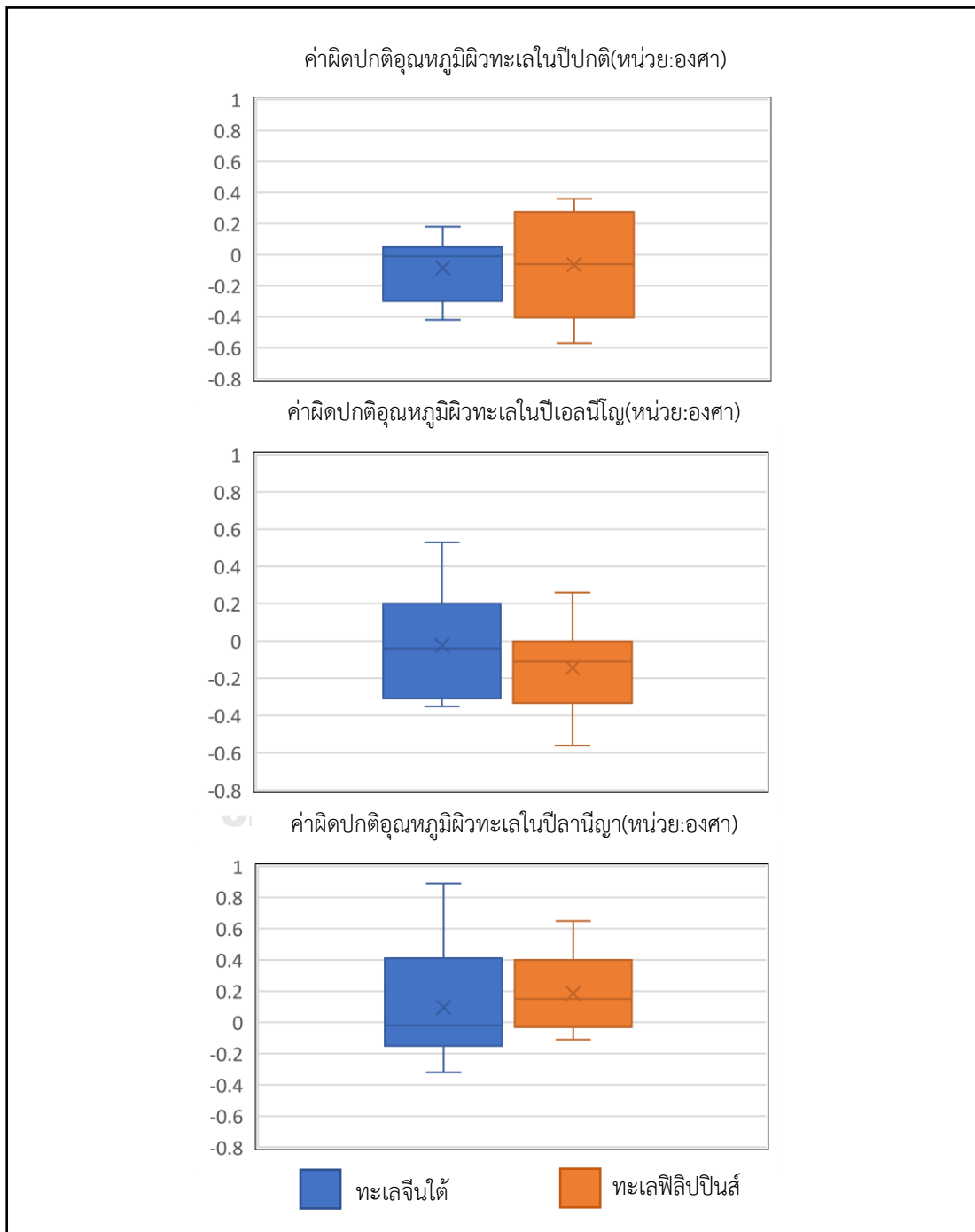


ภาพที่ 23 การประมวลผลค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล(หน่วย:องศาเซลเซียส) และปรากฏการณ์เอนโซ



ภาพที่ 24 ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล(หน่วย:องศาเซลเซียส)ของทะเลจีนใต้และฟิลิปปินส์

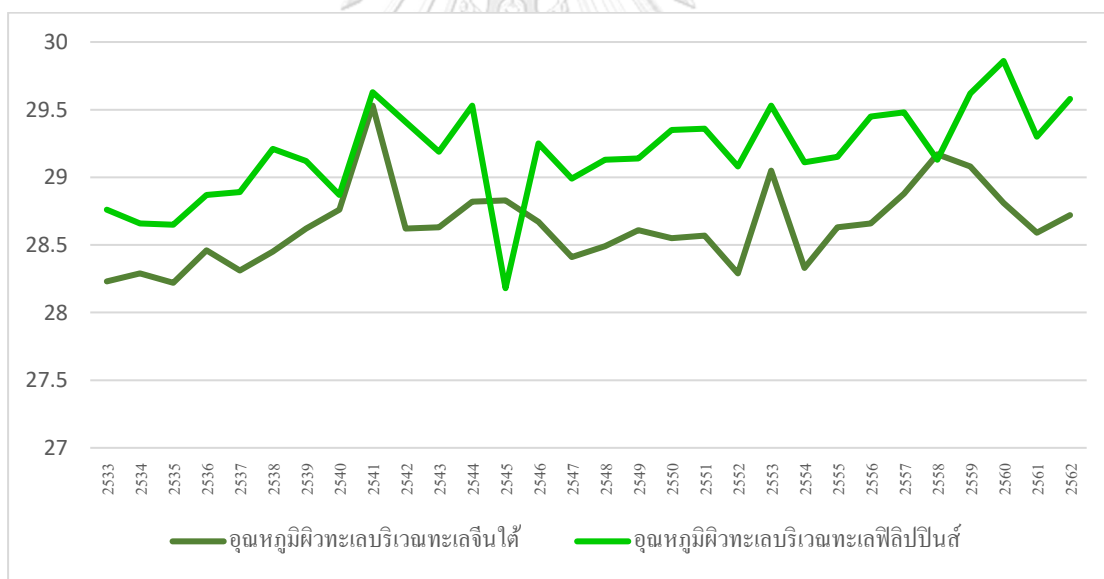
เมื่อพิจารณาบ็อกพล็อตแล้วพบว่าในปีปกติค่าผิดปกติอุณหภูมิมิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้ และทะเลฟิลิปปินส์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยไม่ต่างกันมาก ในปีเอลนีโญค่าผิดปกติอุณหภูมิมิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้สูงกว่าค่าผิดปกติอุณหภูมิมิวน้ำทะเลฟิลิปปินส์ และในปีลานีญาค่าผิดปกติอุณหภูมิมิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้ต่ำกว่าค่าผิดปกติอุณหภูมิมิวน้ำทะเลฟิลิปปินส์ แสดงดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 บ็อกพล็อตแสดงค่าผิดปกติอุณหภูมิมิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์

4.2.2 อนุกรมเวลาของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้และฟิลิปปินส์

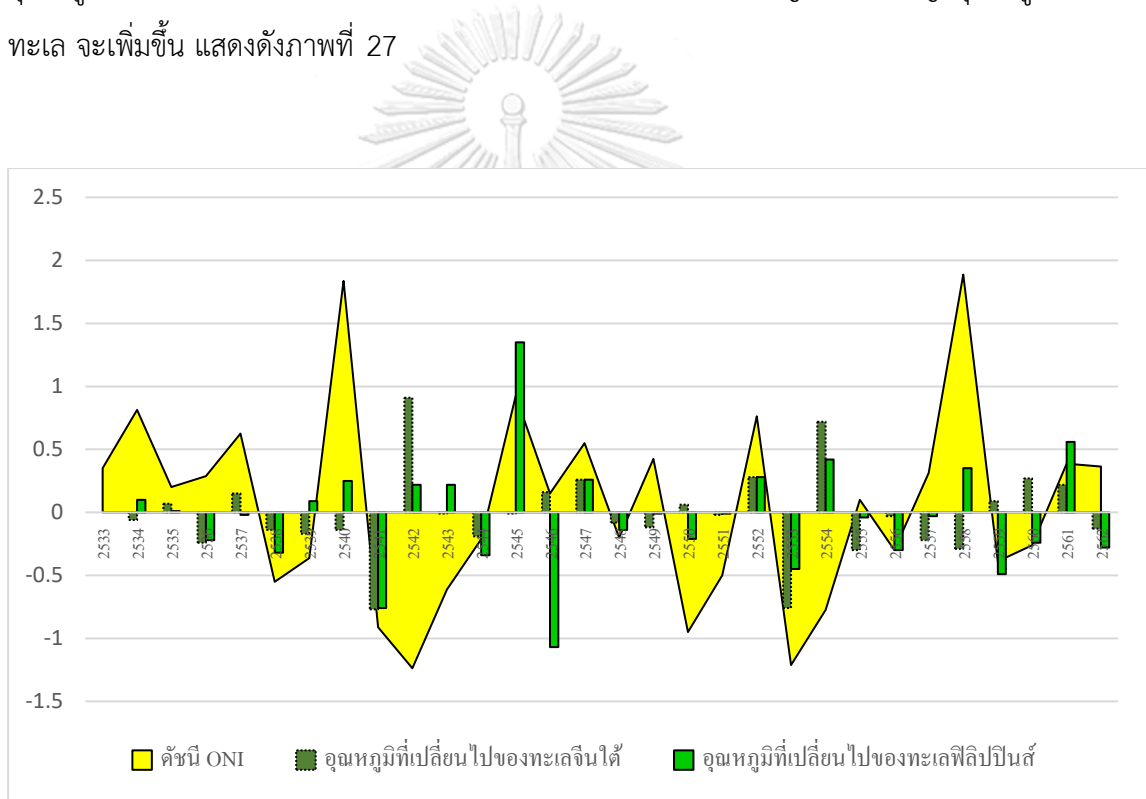
อุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้มีอุณหภูมิอยู่ในระหว่าง 28.22 องศาเซลเซียสถึง 29.53 องศาเซลเซียส โดยปีที่มีอุณหภูมิมากที่สุดคือปี พ.ศ.2541 มีอุณหภูมิประมาณ 29.53 องศาเซลเซียส และปีที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือปี พ.ศ.2535 มีอุณหภูมิประมาณ 28.22 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีอุณหภูมิระหว่าง 28.18 องศาเซลเซียสถึง 29.86 องศาเซลเซียส โดยปีที่มีอุณหภูมิมากที่สุดคือปี พ.ศ.2560 มีอุณหภูมิประมาณ 29.86 องศาเซลเซียส และปีที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือปี พ.ศ.2545 มีอุณหภูมิประมาณ 28.18 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 12 เมื่อพิจารณาภาพที่ 2 และ 22 พบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ผิวน้ำทะเลในทะเลจีนใต้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าทะเลฟิลิปปินส์ ยกเว้นปี พ.ศ.2545 และ พ.ศ.2558 ซึ่งปีดังกล่าวเป็นปีเอลนีโญ โดยปี พ.ศ.2544-2545 เป็นปีที่มีการเปลี่ยนแปลงจากปีลานีญาเป็นปีเอลนีโญ ขณะที่ปี พ.ศ.2558 เป็นปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงมาก แสดงดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 อนุกรมเวลาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์(หน่วย:องศาเซลเซียส)

4.2.3 อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เปลี่ยนไปของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในทะเลจีนใต้เมื่อเทียบกับปรากฏการณ์เอนโซในปีเอลนีโญอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในทะเลจีนใต้จะเพิ่มขึ้น ขณะที่ในปีลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในทะเลจีนใต้จะลดลง ในปีที่มีการเปลี่ยนแปลงจากปีเอลนีโญเป็นปีลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะเพิ่มขึ้นและในปีที่มีการเปลี่ยนแปลงจากปีลานีญาเป็นปีเอลนีโญอุณหภูมิจะลดลง อุณหภูมิผิวน้ำทะเล ที่เปลี่ยนไปของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ในทะเลฟิลิปปินส์เมื่อเทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ ในปีเอลนีโญอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะลดลง ขณะที่ในปีลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะเพิ่มขึ้น ในปีที่มีการเปลี่ยนแปลงจากปีเอลนีโญเป็นปีลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 27

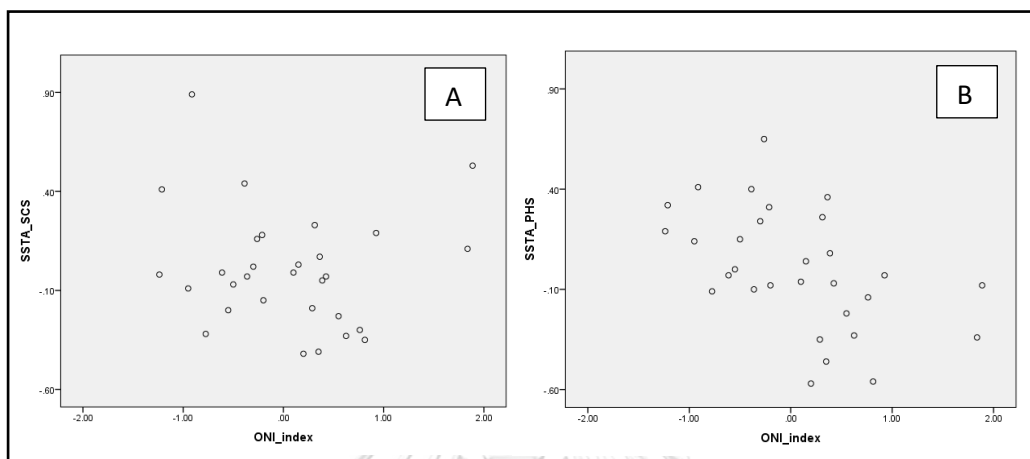


ภาพที่ 27 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เปลี่ยนและค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เทียบกับปรากฏการณ์เอนโซ

4.2.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และดัชนี ONI

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากแผนภูมิแบบกระจายพบว่าดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ทั้งบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงลบ แสดงดังภาพที่ 28 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสหสัมพันธ์ค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีค่า

ความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 3 กล่าวคือปรากฏการณ์เอลนีโญจะมีความสัมพันธ์ในเชิงลบต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ เมื่อเกิดเอลนีโญอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณบริเวณทะเลฟิลิปปินส์จะต่ำลง เมื่อเทียบกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในปีปกติ เมื่อเกิดลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเล



ภาพที่ 28 แผนภูมิแบบกระจายโดยภาพ A คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์

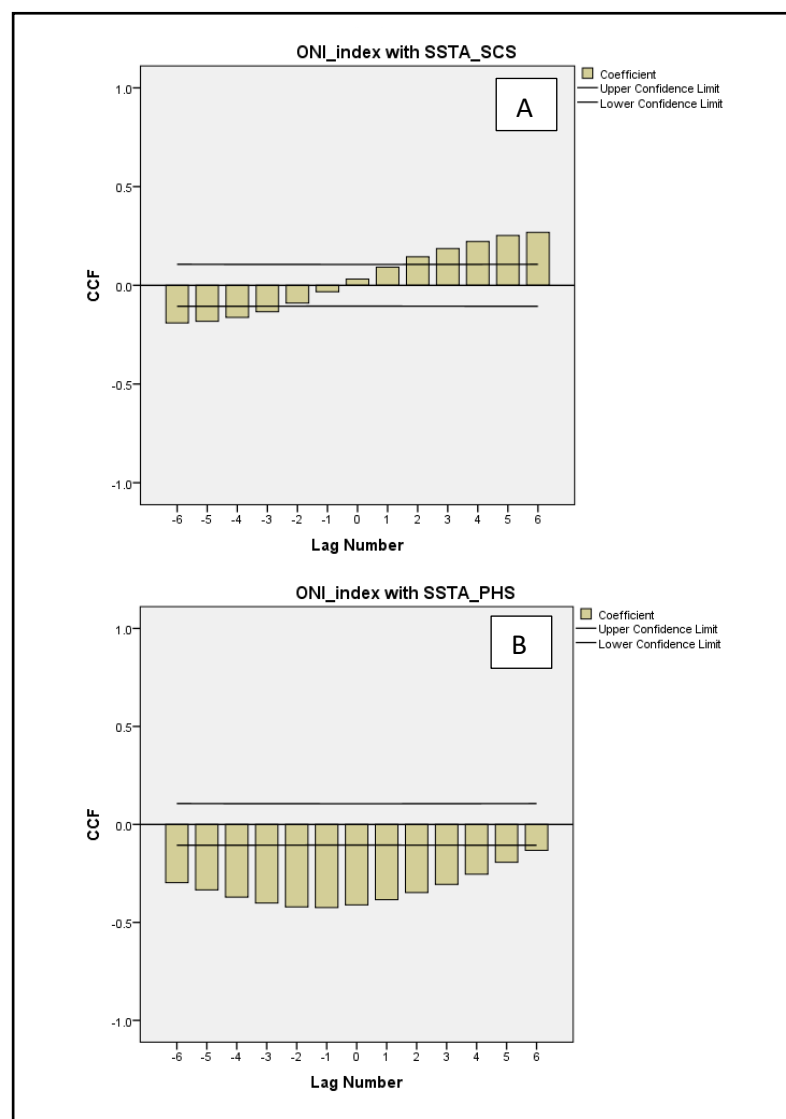
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล

ความสัมพันธ์ระหว่าง	ค่าสหสัมพันธ์ (N=30)
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้	-0.106
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์	-0.503*

*ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบไขว้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาโดยเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2533 ถึงธันวาคม พ.ศ.2562 จากการศึกษาพบว่าดัชนี ONI มีความสัมพันธ์กับค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้ในช่วง 3-6 เดือน นั่นคือดัชนี ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลโดยที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้

ใต้ในปีเอลนีโญจะเพิ่มขึ้นจากค่าปกติหลังจากที่ค่าของดัชนี ONI มีค่าสูงกว่าค่าปกติไปแล้ว 3-6 เดือน ซึ่งจะไม่ใช้ความสัมพันธ์ ณ ช่วงเวลาเดียวกัน ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์ในช่วงระยะ 0-6 นั่นคือดัชนี ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลโดยที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ในปีเอลนีโญจะลดลงจากค่าปกติหลังจากที่ค่าของดัชนี ONI มีค่าสูงกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-6 เดือน โดยจะมีค่าความสัมพันธ์ที่มากในช่วงเวลาที่ 0 เดือนและลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป แสดงดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 สหสัมพันธ์แบบไขว้โดย ภาพ A คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และ ค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์

4.3 ผลการศึกษาพายุหมุนเขตร้อน

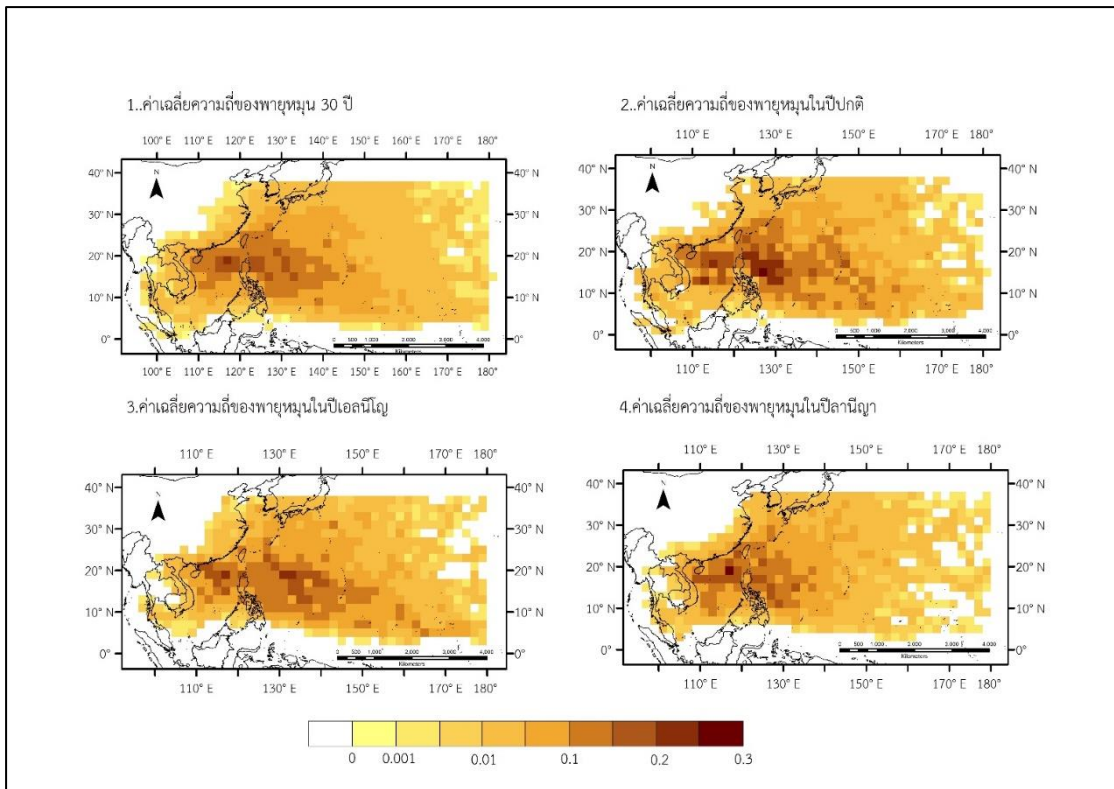
4.3.1 ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน

ในปีที่อุณหภูมิมิวน้ำทะเล เป็นปกติความถี่ของพายุหมุนนั้นจะมีในทะเลฟิลิปปินส์มากกว่าทะเลจีนใต้ โดยพายุมีอยู่ ณ ตำแหน่งที่ไม่ต่างจากเดิมและมีความถี่ของพายุที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ภาคใต้และบางส่วนของภาคเหนือ ในปีเอลนีโญพายุหมุนในทะเลจีนใต้จะมีความถี่มากโดยมีพายุที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และภาคใต้ ในปีลานีญาทะเลจีนใต้ ความถี่ของพายุที่มากขึ้นและมีทิศทางเข้าใกล้ประเทศไทยมากขึ้นโดยมีพายุที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออก ภาคใต้ และบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังภาพที่ 30

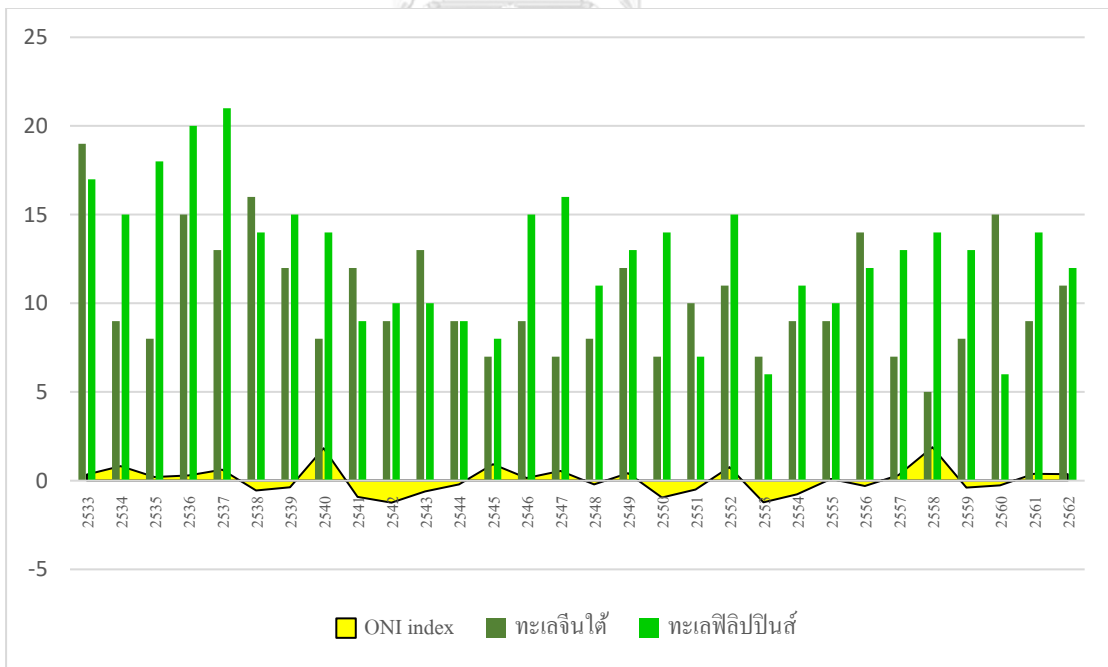
จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในทะเลจีนใต้ในปีเอลนีโญพายุหมุนเขตร้อนมีจำนวนลดลงและเพิ่มขึ้นในปีลานีญา โดยในปีที่มีจำนวนพายุมากที่สุดคือ พ.ศ.2533 มีจำนวนพายุ 19 ลูกโดยในปีดังกล่าวเป็นปกติที่เริ่มจะมีการเปลี่ยนแปลงจากปีปกติเป็นปีเอลนีโญ ปีที่มีจำนวนพายน้อยที่สุดคือปี พ.ศ.2558 มีจำนวนพายุ 5 ลูกโดยปีดังกล่าวเป็นปีเอลนีโญ แสดงดังภาพที่ 31 เมื่อศึกษาภาพที่ 2 พบว่าปีดังกล่าวเป็นปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงมาก

จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในทะเลฟิลิปปินส์ในปีเอลนีโญพายุหมุนเขตร้อนมีจำนวนมากขึ้นและลดลงในปีลานีญา โดยในปีที่มีจำนวนพายุมากที่สุดคือ พ.ศ.2537 มีจำนวนพายุ 21 ลูกโดยปีดังกล่าวเป็นปีเอลนีโญ ปีที่มีจำนวนพายน้อยที่สุดคือปี พ.ศ.2553 และ พ.ศ.2560 มีจำนวนพายุ 6 ลูกโดยปีดังกล่าวเป็นปีลานีญาและปีปกติตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 32

เมื่อพิจารณาความถี่ของพายุตามช่วงต้นและช่วงปลายพบว่าในช่วงต้นและปลายบริเวณทะเลจีนใต้มีพายุมากในช่วงปีลานีญา ขณะที่ทะเลฟิลิปปินส์มีจำนวนพายุมากในช่วงปีเอลนีโญ ในช่วงปลาย แสดงดังภาพที่ 33

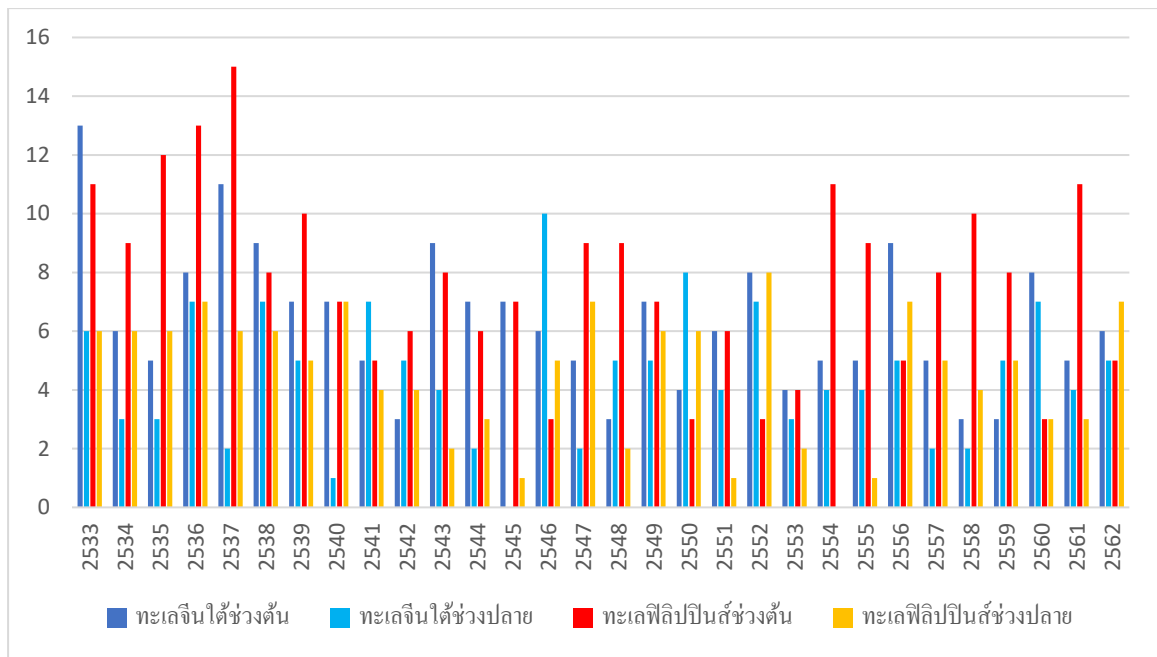


ภาพที่ 30 ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อน



ภาพที่ 31 จำนวนพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์เทียบกับปรากฏการณ์เอน

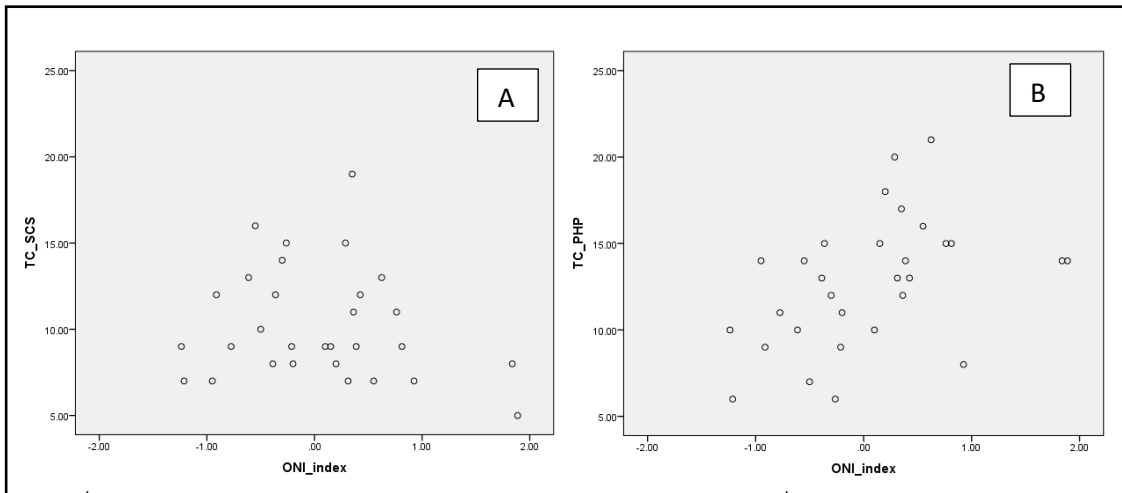
โซ



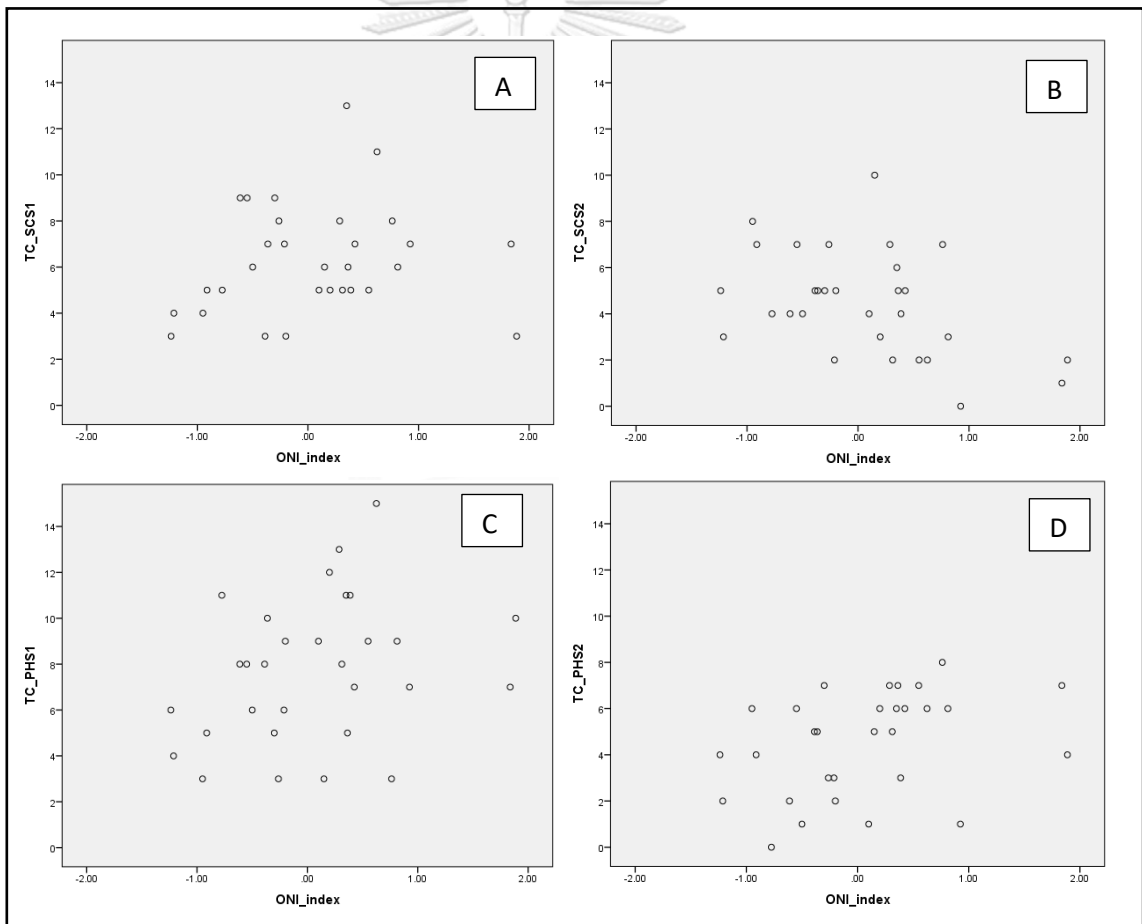
ภาพที่ 32 ความถี่พายุกุมนุเขตร้อน

4.3.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่ของพายุกุมนุเขตร้อน

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากแผนภูมิแบบกระจายพบว่าดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความถี่ของพายุกุมนุเขตร้อนบริเวณทะเลเงินได้ และดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความถี่ของพายุกุมนุเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ แสดงดังภาพที่ 34 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสหสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่พายุกุมนุเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 4 กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นจำนวนพายุกจะมีมากในทะเลฟิลิปปินส์ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากแผนภูมิแบบกระจายพบว่าดัชนี ONI และความถี่ของพายุกุมนุเขตร้อนโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้น(เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน)และปลาย(ตุลาคมถึงธันวาคม)พบว่าช่วงต้นฤดูของทะเลเงินได้มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก ช่วงปลายฤดูของทะเลเงินได้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ และช่วงต้นและปลายของทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกแสดงดังภาพที่ 33 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสหสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่พายุกุมนุเขตร้อนในช่วงต้นและปลายพบว่าความสัมพันธ์ของดัชนี ONI และความถี่พายุกุมนุเขตร้อนบริเวณทะเลเงินได้ในช่วงปลายฤดูมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงปลายฤดูของทะเลเงินได้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ และโดยช่วงปลายฤดูของทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกซึ่งหมายถึงเมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลเงินได้สูงขึ้นความถี่ของพายุกจะลดลง ขณะที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์สูงขึ้นความถี่ของพายุกจะเพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 5



ภาพที่ 33 แผนภูมิแบบกระจายโดยภาพ A คือ ดัชนี ONI และ ความถี่พายุมุมเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และ ความถี่พายุมุมเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์



ภาพที่ 34 แผนภูมิแบบกระจายระหว่างดัชนี ONI และจำนวนพายุมุมเขตร้อนโดยที่ภาพคือบริเวณทะเลจีนใต้ช่วงต้นฤดู(พฤษภาคมถึงกันยายน) ภาพ B คือ บริเวณทะเลจีนใต้ช่วงปลายฤดู(ตุลาคมถึงธันวาคม) ภาพ C คือ บริเวณทะเลฟิลิปปินส์ช่วงต้นฤดู(พฤษภาคมถึงกันยายน) ภาพ D คือ บริเวณทะเลฟิลิปปินส์ช่วงปลายฤดู(ตุลาคมถึงธันวาคม)

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อน

ความสัมพันธ์ระหว่าง	ค่า สหสัมพันธ์ (N=30)
ดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณ ทะเลจีนใต้	-0.173
ดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณ ทะเลฟิลิปปินส์	0.441*

*ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.050

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนโดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงต้น(เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน)และปลาย(เดือนตุลาคมถึงธันวาคม)

ความสัมพันธ์ระหว่าง	ค่า สหสัมพันธ์ (N=30)
ดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณ ทะเลจีนใต้ช่วงต้น	0.172
ดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณ ทะเลจีนใต้ช่วงปลาย	-0.432*
ดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณ ทะเลฟิลิปปินส์ช่วงต้น	0.298
ดัชนี ONI และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณ ทะเลฟิลิปปินส์ช่วงปลาย	0.356*

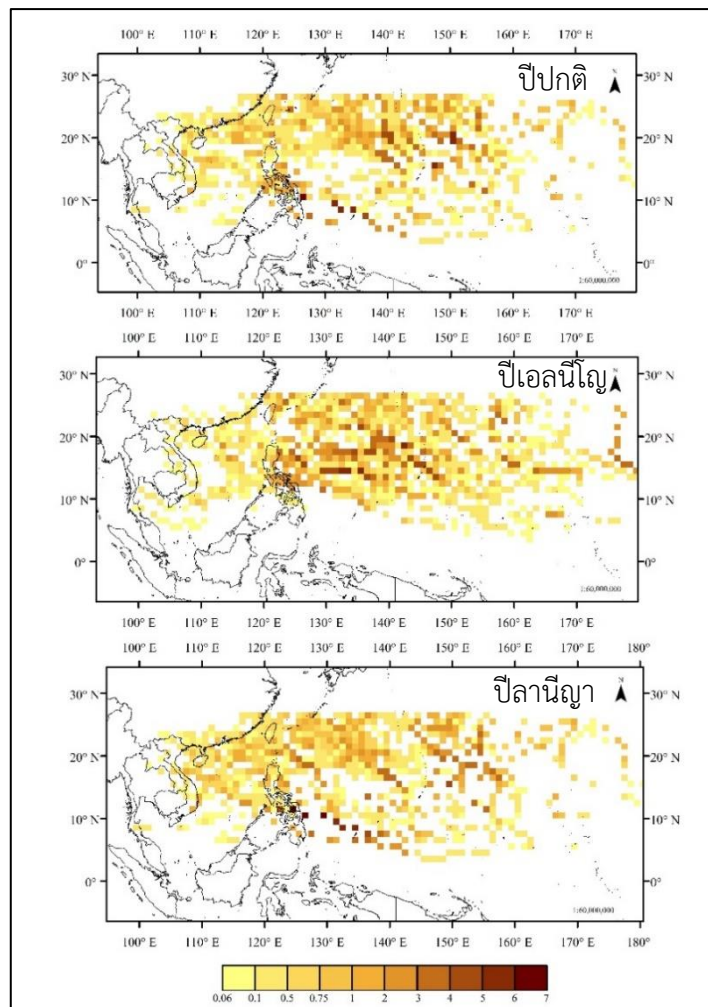
*ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.3.3 ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนและค่าผิดปกติความรุนแรงจากดัชนี PDI

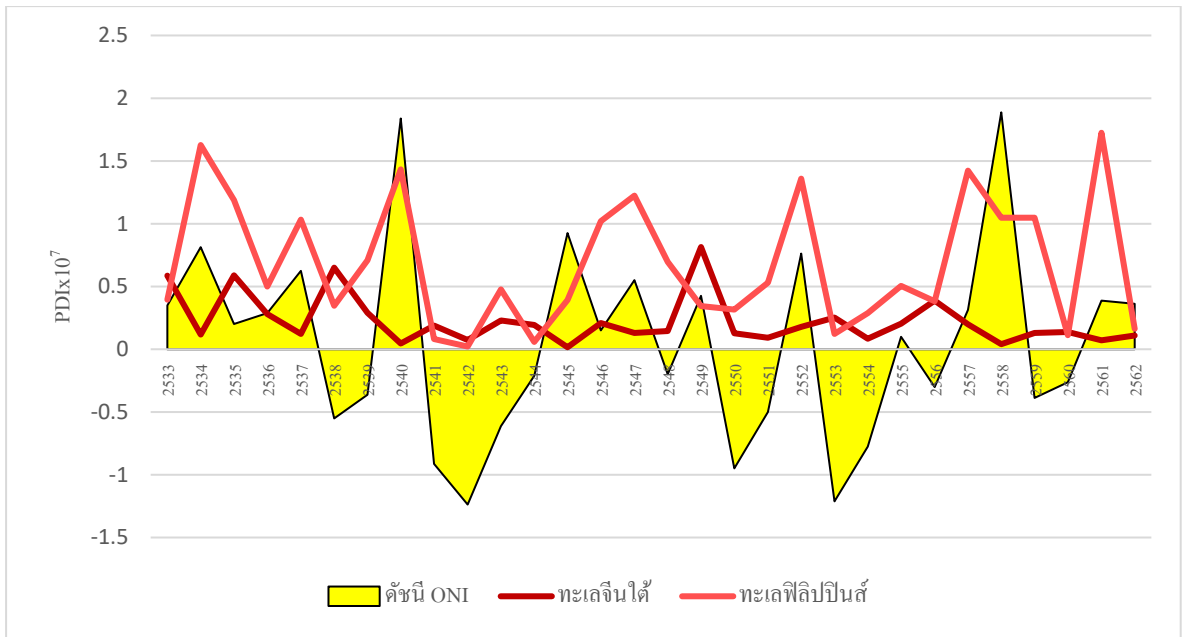
ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนใช้ดัชนี The Power Dissipation Index (PDI) เป็นตัววัด โดยดัชนี PDI นี้รวมทั้งความรุนแรง ความถี่ ความยาวนานของพายุหมุนเขตร้อน

การศึกษาเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนในทะเลจีนใต้ จะมีความรุนแรงของพายุที่น้อยกว่าทะเลฟิลิปปินส์ ทะเลจีนใต้ในปีปกติมีความรุนแรงของพายุที่ ตำแหน่งภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน ในปีเอลนีโญมีความรุนแรงของพายุที่ตำแหน่ง ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน และบริเวณอ่าวไทยซึ่งจะส่งผลกับภาคตะวันออกเฉียง และ ภาคกลาง ในปีลานีญามีความรุนแรงของพายุที่ตำแหน่งภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน ความรุนแรงจะมีมากในบริเวณชายฝั่งที่ใกล้ประเทศเวียดนามซึ่งจะส่งผลกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทะเลฟิลิปปินส์ในปีปกติแทบจะไม่มีพายุที่มีความรุนแรงพายุ แต่ปีเอลนีโญพายุจะรุนแรงมากในฝั่ง ทะเลฟิลิปปินส์ และในปีลานีญาพายุจะมีความรุนแรงในฝั่งทะเลจีนใต้ โดยมีบางส่วนมีพายุที่ไม่ถึง ระดับความรุนแรงที่จะเอามาใช้ในการคำนวณได้ แสดงดังภาพที่ 35

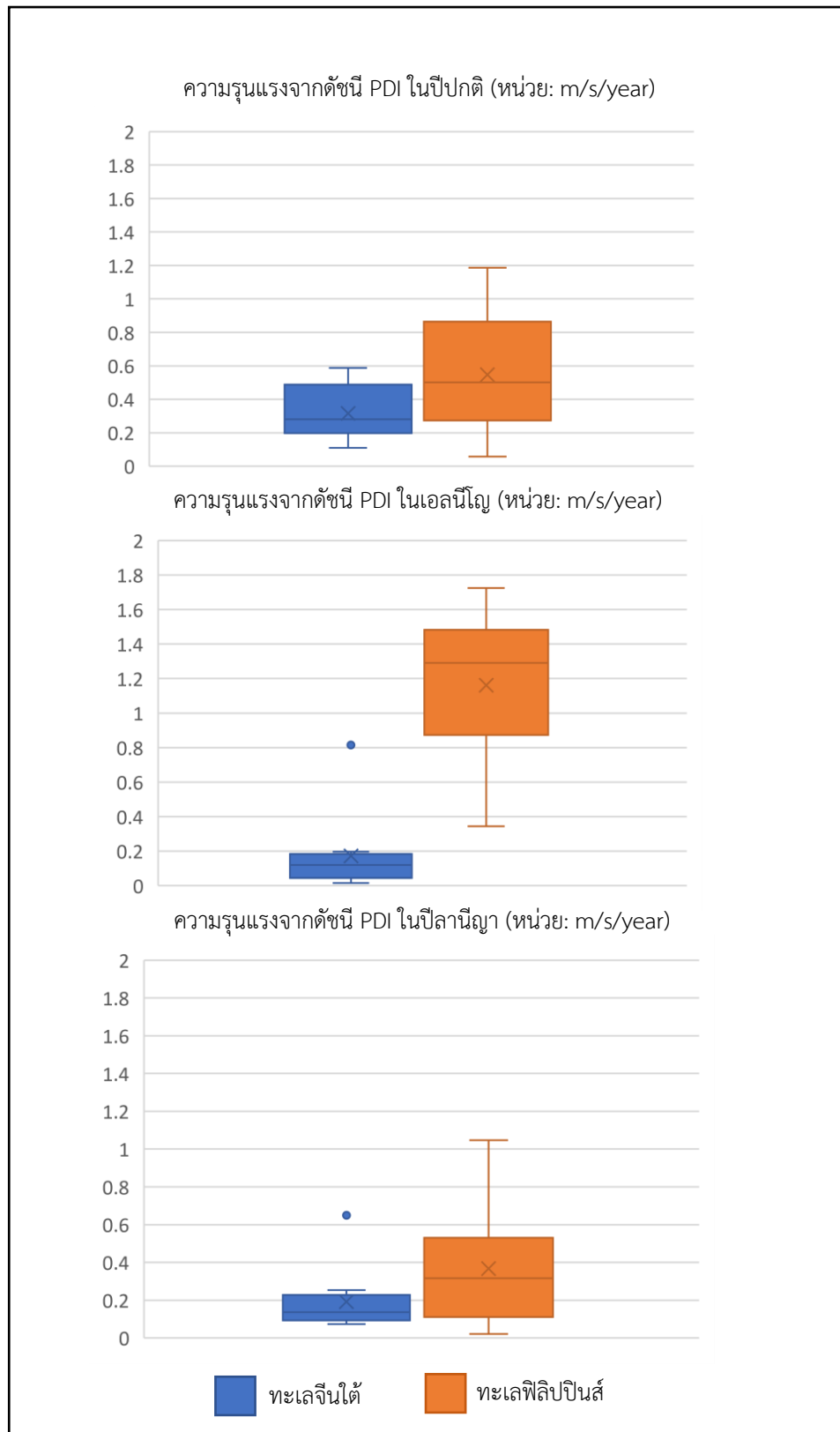
ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้มีความรุนแรงน้อยลงในปีเอลนีโญและมีความรุนแรงมากในปีลานีญารวมถึงปีที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากเอลนีโญเป็นลานีญา เมื่อพิจารณาบ้ ออกพล็อตพบว่าค่าเฉลี่ยความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้น้อยกว่าบริเวณทะเล ฟิลิปปินส์ โดยความรุนแรงสูงสุดจะอยู่ที่ปี พ.ศ.2558 ซึ่งเป็นปีเอลนีโญ ความรุนแรงต่ำสุดจะอยู่ที่ปี พ.ศ.2540 ซึ่งเป็นปีลานีญา ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนทะเลฟิลิปปินส์มีความรุนแรงมากขึ้นใน ปีเอลนีโญและน้อยลงในปีลานีญา แสดงดังภาพที่ 36-38



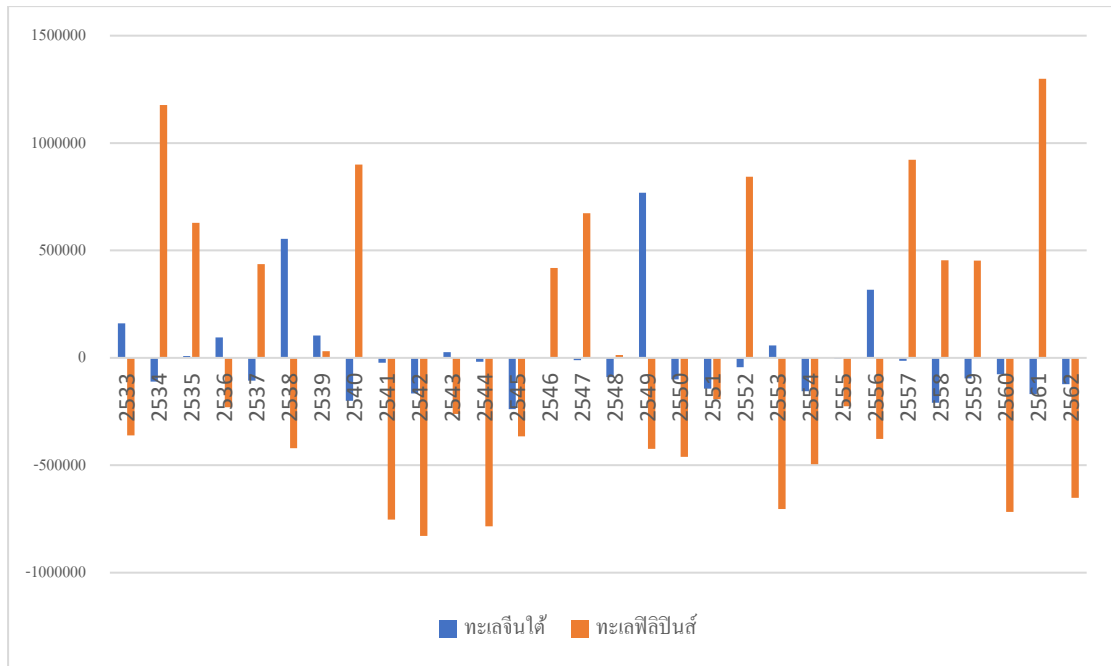
ภาพที่ 35 ความรุนแรงของพายุจากดัชนี The Power Dissipation Index (PDI) โดยมีหน่วยคือ $m/s/year$



ภาพที่ 36 ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน

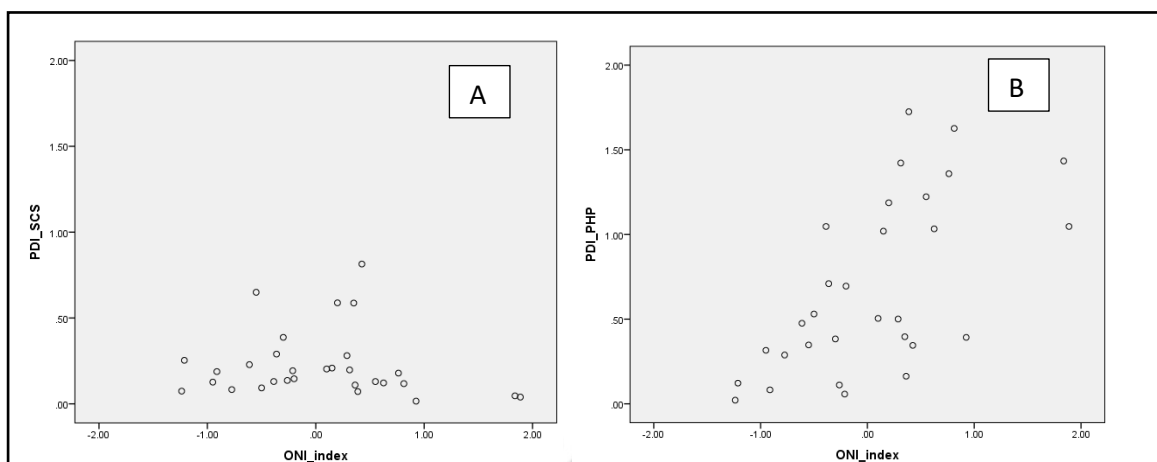


ภาพที่ 37 บ็อกพล็อตแสดงความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์



ภาพที่ 38 ค่าผิดปกติความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน

4.3.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากแผนภูมิแบบกระจายพบว่าดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้ และดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ แสดงดังภาพที่ 39 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสหสัมพันธ์พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังตารางที่ 6 กล่าวคือบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ พายุจะมีความรุนแรงในปีเอลนีโญ



ภาพที่ 39 แผนภูมิแบบกระจายโดยภาพ A คือ ดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลจีนใต้ ภาพ B คือ ดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนบริเวณทะเลฟิลิปปินส์

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีไอนและความรุนแรงของพายุ

ความสัมพันธ์ระหว่าง	ค่าสหสัมพันธ์ (N=30)
ดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุบริเวณทะเลจีนใต้	-0.120
ดัชนี ONI และความรุนแรงของพายุบริเวณทะเลฟิลิปปินส์	0.627*

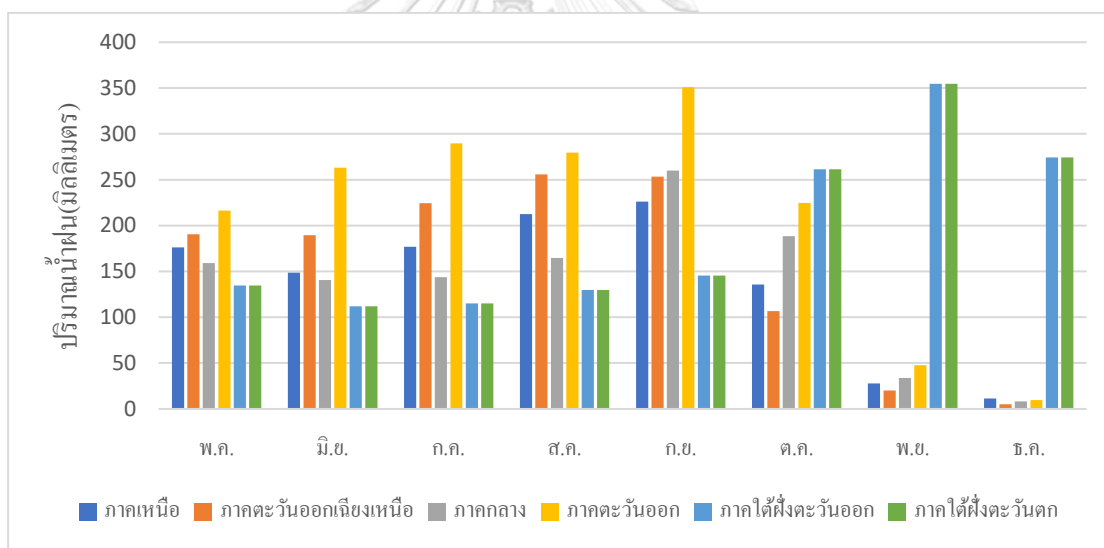
*ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.4 ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

4.4.1 ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยรายเดือนแบบแบ่งตามภาคเกณฑ์การแบ่งภาคใช้ตามกรมอุตุนิยมวิทยา ในเดือนพฤษภาคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออก ตามลำดับ ในเดือนมิถุนายนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออก ตามลำดับ ในเดือนกรกฎาคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณ

น้ำฝนมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ในเดือนสิงหาคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ในเดือนกันยายนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาคือภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ในเดือนตุลาคมภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ในเดือนพฤศจิกายนในเดือนตุลาคมภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ในเดือนธันวาคมในเดือนตุลาคมภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด รองลงมาภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 40

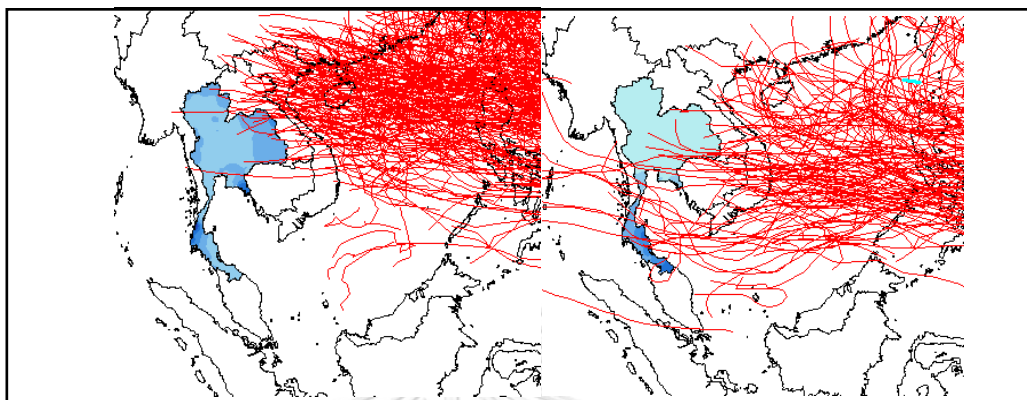


ภาพที่ 40 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละภาค

4.4.2 เส้นทางพายุและปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

การศึกษาปริมาณฝนและเส้นทางของพายุหมุนเขตร้อนแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงต้นและช่วงปลาย ช่วงต้นคือพฤษภาคมถึงกันยายนและช่วงปลายคือตุลาคมถึงธันวาคม พบว่าในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายนเส้นทางของพายุมักจะอยู่บริเวณตอนบนของประเทศไทยส่งผลต่อปริมาณน้ำฝนที่มากในทางตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก บางส่วนของภาคใต้ และช่วง

เดือนตุลาคมถึงธันวาคมเส้นทางพายุของพายุเริ่มมีทิศทางลงใต้ทางใต้ของประเทศไทยส่งผลให้ทางใต้ของประเทศไทยมีปริมาณฝนรวมที่มากกว่าทางตอนบน แสดงดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 เส้นทางของพายุและปริมาณน้ำฝนรวมโดยแบ่งออกเป็นช่วงต้น(พฤษภาคมถึงกันยายน) และช่วงปลาย(ตุลาคมถึงธันวาคม)

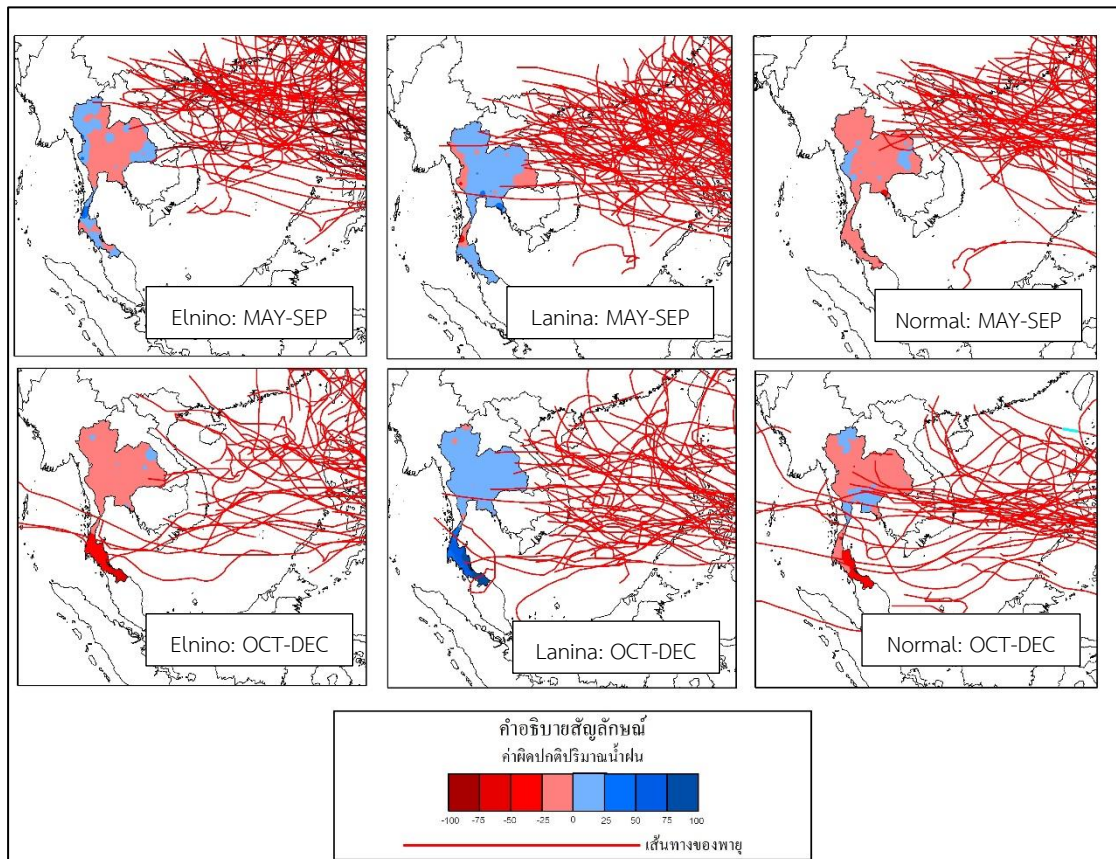
4.4.3 เส้นทางพายุและค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

ในปีเอลนีโญช่วงต้นค่าผิดปกติของปริมาณฝนสูงบริเวณบางส่วนของภาคเหนือ บางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางส่วนของภาคใต้ โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือบางส่วนของภาคใต้ ในปีเอลนีโญช่วงปลายปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดคือทางภาคใต้ตอนล่าง

ในปีลานีญาช่วงต้นปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่สูงกว่าค่าเฉลี่ย โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคือบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ตอนบน ในปีลานีญาช่วงปลายส่วนใหญ่สูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ยคือภาคใต้

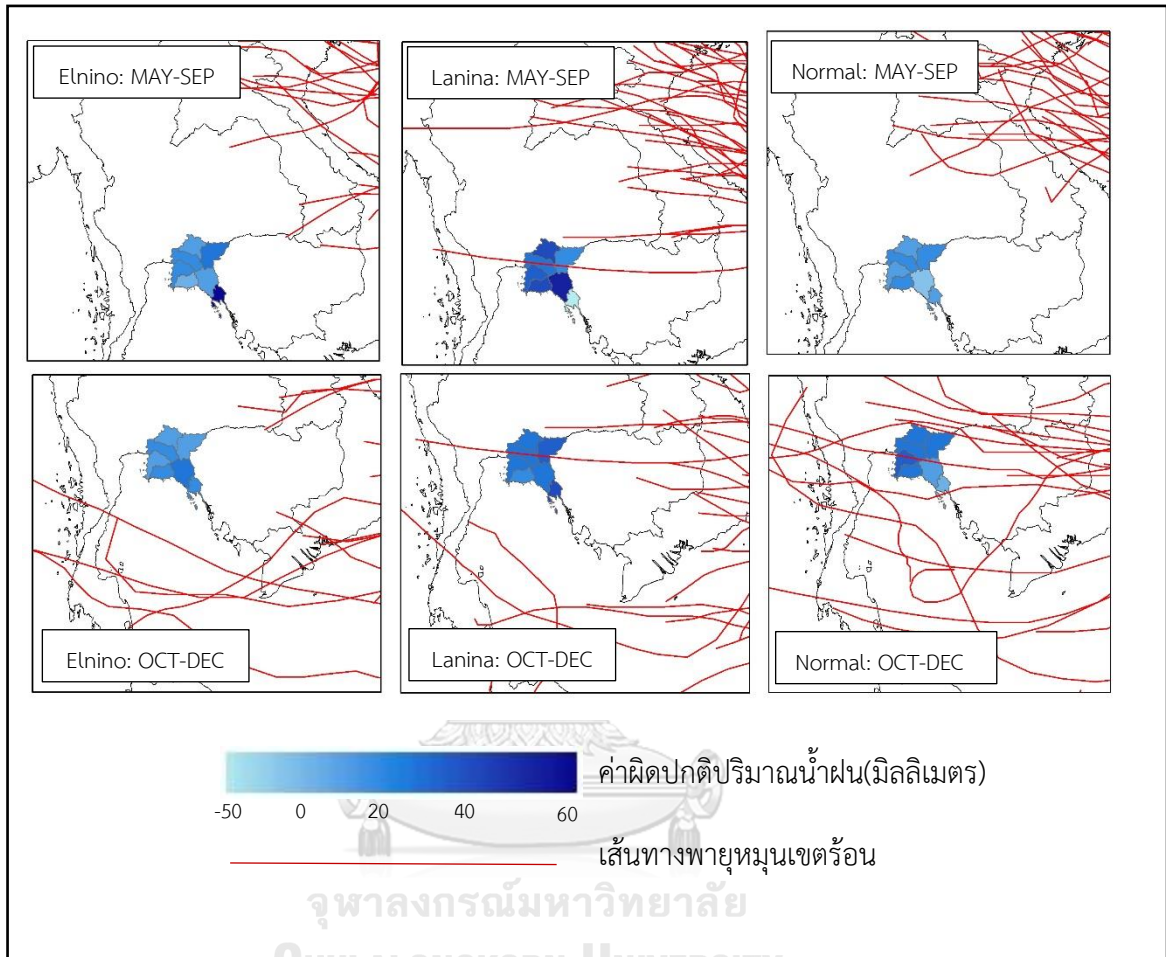
ในปีปกติช่วงต้นปริมาณฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ยคือบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางส่วนของภาคกลาง บางส่วนของภาคตะวันออก ในปีปกติช่วงปลายปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ยคือบางส่วนของภาคเหนือ บางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางส่วนของภาคใต้

จากการศึกษาปริมาณฝนและเส้นทางของพายุหมุนเขตร้อนเทียบกับปรากฏการณ์เอลนีโญ พบว่าปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะสูงกว่าปกติเมื่อเป็นปีลานีญา โดยจะมากที่สุดในปีลานีญาช่วงปลาย โดยประเทศไทยจะแห้งแล้งมากที่สุดในช่วงเอลนีโญช่วงปลายเช่นกัน แสดงดังภาพที่ 42



ภาพที่ 42 ค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนและเส้นทางพายุแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงต้นคือตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน และช่วงปลายคือเดือนตุลาคมถึงธันวาคม โดยแสดงปีเอลนีโญ ลานีญา และปกติตามลำดับ แถวบนคือช่วงต้น และแถวล่างคือช่วงปลาย

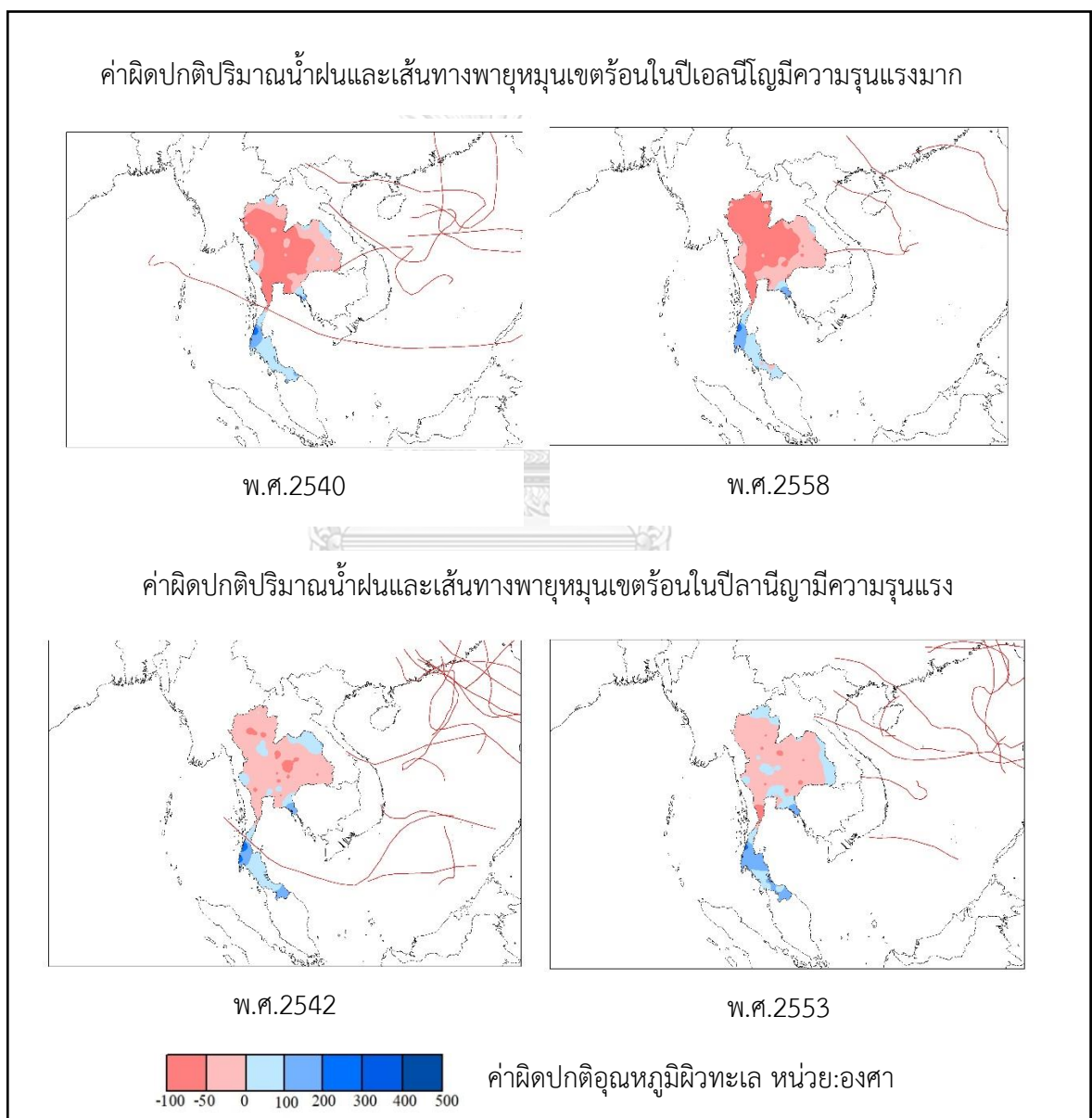
จากการศึกษาเส้นทางพายุหมุนเขตร้อนโดยศึกษาจาก Station base ในภาคตะวันออกเฉียง
พบว่าบางสถานีมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรวมมากเมื่อมีพายุผ่าน ขณะที่บางสถานีมีค่าเฉลี่ยน้อยเมื่อมี
พายุผ่าน แสดงดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ปริมาณน้ำฝนรวมและเส้นทางพายุแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงต้นคือตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึง
กันยายน และช่วงปลายคือเดือนตุลาคมถึงธันวาคม โดยแสดงปีเอลนีโญ ลานีญา และปกติตามลำดับ
แถวบนคือช่วงต้น และแถวล่างคือช่วงปลาย

4.4.4 เส้นทางพายุและปริมาณน้ำฝนในปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงมากและปีลานีญาที่มีความรุนแรง

ในปีที่เอลนีโญมีความรุนแรงมาก ค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนมากคือบางส่วนของภาคใต้ฝั่งตะวันตกและบางส่วนของภาคตะวันออก ในปีที่ลานีญาที่มีความรุนแรงปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยมากกว่าปีเอลนีโญ โดยบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนมากคือบางส่วนของภาคใต้และบางส่วนของภาคตะวันออก แสดงดังภาพที่ 44



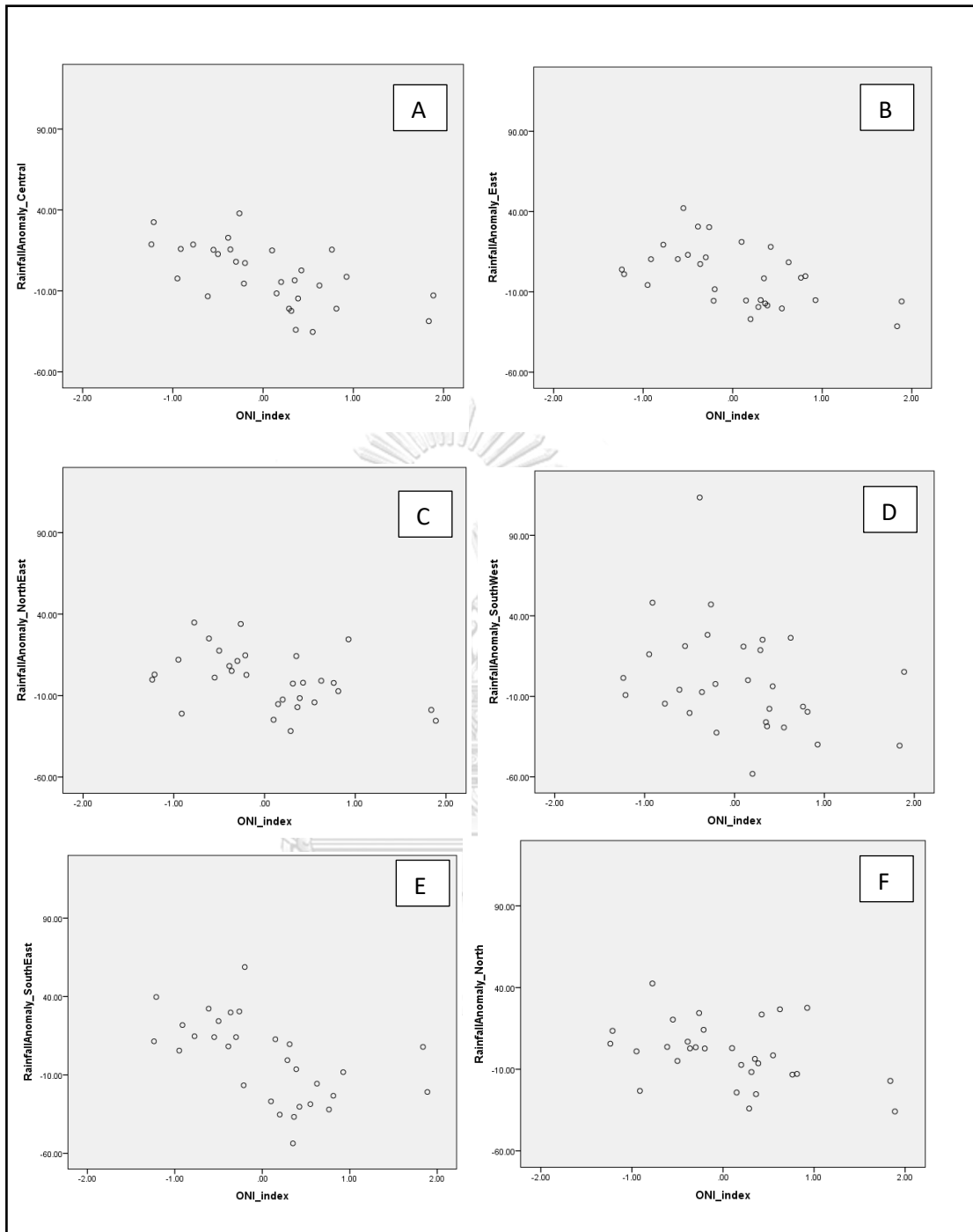
ภาพที่ 44 ปริมาณฝนรวมโดยเฉลี่ยและเส้นทางพายุหมุนเขตร้อนในปีที่เอลนีโญมีความแข็งแกร่งคือ พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2558

4.4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

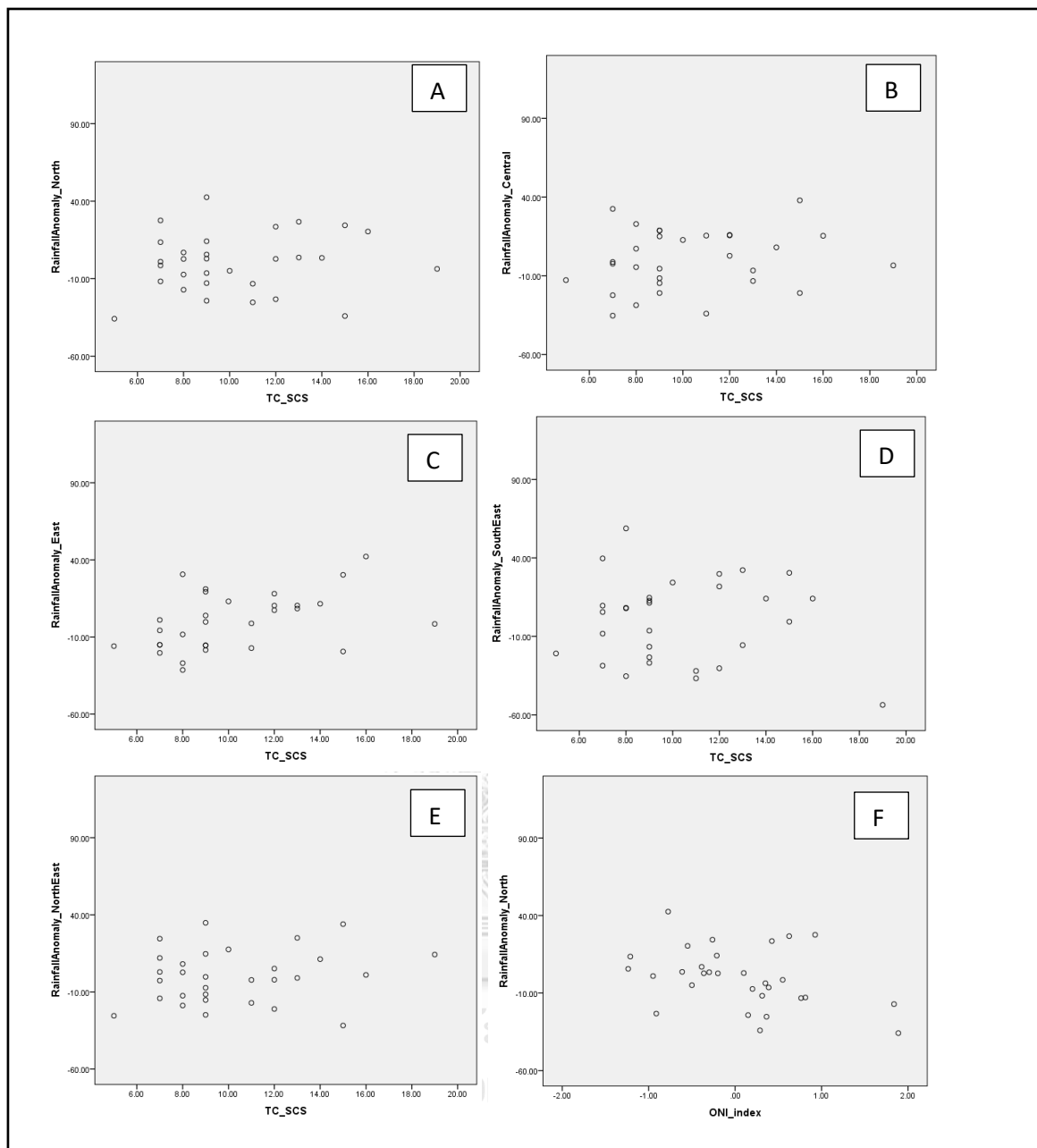
เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากแผนภูมิแบบกระจายพบว่าดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนแสดงดังภาพที่ 45 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสหสัมพันธ์พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาคพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญแสดงดังตารางที่ 7 กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้นปริมาณฝนจะลดลง และเมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลต่ำลงปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้น โดยในปีเอลนีโญจะมีปริมาณฝนน้อยลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย ขณะที่ปีลานีญามีปริมาณฝนมากขึ้นเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย

4.4.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่พายุและค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์จากแผนภูมิจุดแบบกระจายพบว่าความถี่ของพายุมีความสัมพันธ์กับค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ภาคเหนือในเชิงบวก ความถี่ของพายุมีความสัมพันธ์กับค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ฝั่งตะวันออกในเชิงลบ แสดงดังภาพที่ 46 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสหสัมพันธ์พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของความถี่พายุและค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังตารางที่ 8 กล่าวคือเมื่อมีพายุที่มีความถี่มากขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณน้ำฝนที่มากขึ้นในภาคตะวันออกเฉียง



ภาพที่ 45 แผนภูมิแบบกระจายระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาคได้แก่ (A) ภาคกลาง (B) ภาคตะวันออก (C) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (D) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (E) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และ (F) ภาคเหนือ



ภาพที่ 46 แผนภูมิแบบกระจายระหว่างจำนวนพายุก่อนฤดูฝนที่บันทึกได้ กับค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค ได้แก่ (A) ภาคกลาง (B) ภาคตะวันออก (C) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (D) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (E) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และ (F) ภาคเหนือ

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค

ความสัมพันธ์ระหว่าง	ค่าสหสัมพันธ์
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคกลาง	-0.612*
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออก	-0.516*
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-0.429*
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-0.326*
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.547*
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคเหนือ	-0.379*

*ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.050

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบไขว้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาโดยเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2533 ถึงธันวาคม พ.ศ.2562 จากการศึกษาพบว่าดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าปริมาณน้ำฝนในภาคกลาง 0-6 เดือน นั่นคือ ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนในภาคกลางโดยที่ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับค่าปกติหลังจากที่ดัชนี ONI มีค่าต่ำกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-6 เดือน

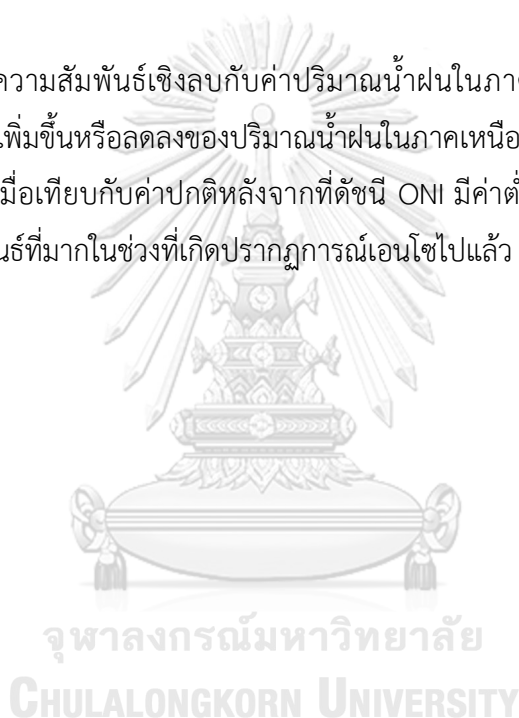
ดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออก 0-5 เดือน นั่นคือ ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกโดยที่ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับค่าปกติหลังจากที่ดัชนี ONI มีค่าต่ำกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-5 เดือน โดยจะมีค่าความสัมพันธ์ที่มากในช่วงเวลาที่ 0 เดือนและลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป

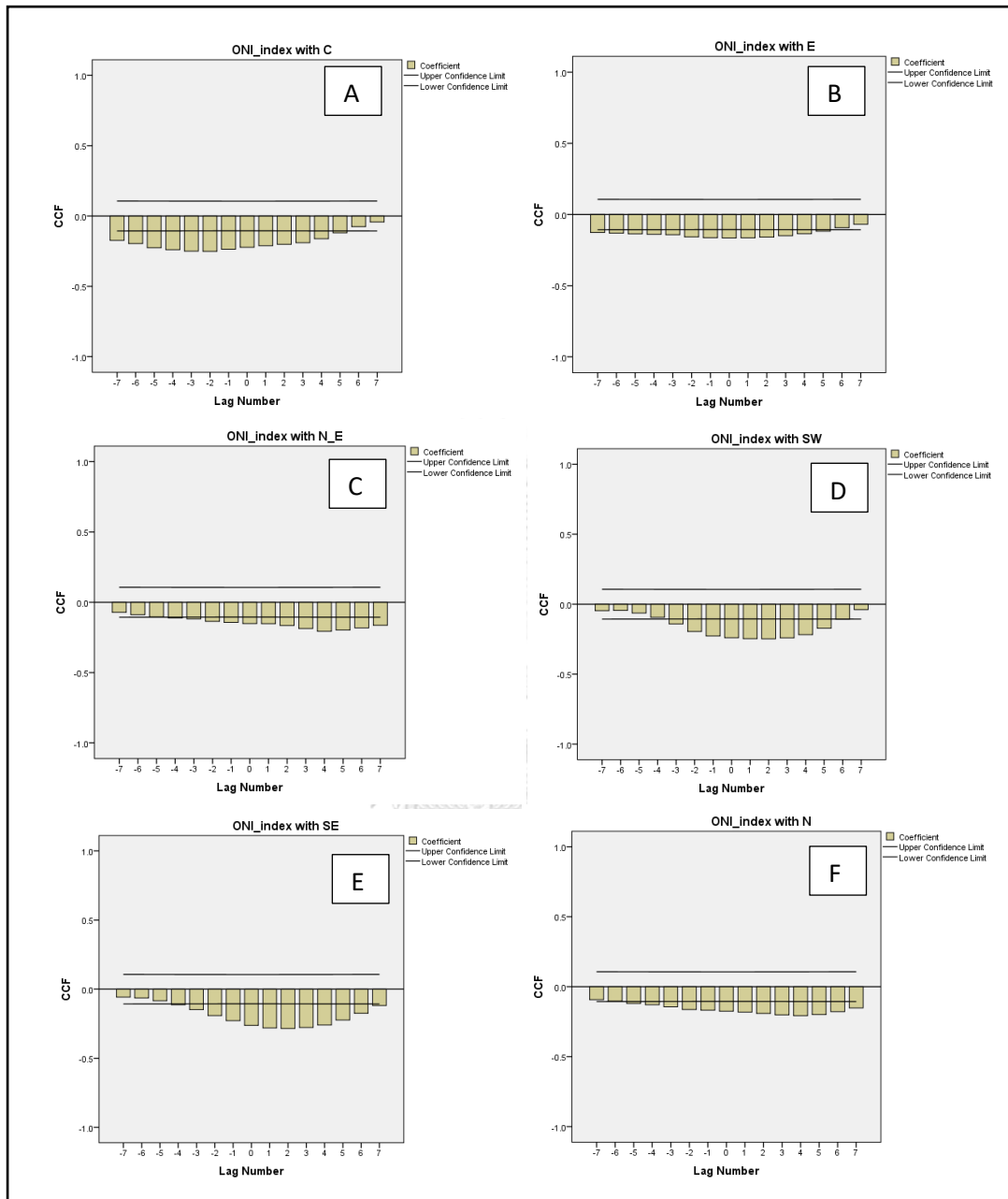
ดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 0-3 เดือน นั่นคือ ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยที่ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับค่าปกติหลังจากที่ดัชนี ONI มีค่าต่ำกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-3 เดือน โดยจะมีค่าความสัมพันธ์ที่มากในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอนไซโซไปแล้ว 4 เดือน

ดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าปริมาณน้ำฝนในภาคใต้ฝั่งตะวันตก 0-5 เดือน นั่นคือ ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนในภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยที่ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับค่าปกติหลังจากที่ดัชนี ONI มีค่าต่ำกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-5 เดือน โดยจะมีค่าความสัมพันธ์ที่มากในช่วงเวลาที่ 0 เดือนและลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป

ดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าปริมาณน้ำฝนในภาคใต้ฝั่งตะวันออก 0-5 เดือน นั่นคือ ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนในภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยที่ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับค่าปกติหลังจากที่ดัชนี ONI มีค่าต่ำกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-5 เดือน โดยจะมีค่าความสัมพันธ์ที่มากในช่วงเวลาที่ 0-1 เดือนและลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป

ดัชนี ONI มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าปริมาณน้ำฝนในภาคเหนือ 0-6 เดือน นั่นคือ ONI สามารถพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนในภาคเหนือ โดยที่ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับค่าปกติหลังจากที่ดัชนี ONI มีค่าต่ำกว่าค่าปกติไปแล้ว 0-6 เดือน โดยจะมีค่าความสัมพันธ์ที่มากในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญไปแล้ว 4 เดือน แสดงดังภาพที่ 47





ภาพที่ 47 สหสัมพันธ์แบบไขว้ระหว่างดัชนี ONI และปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค ได้แก่ (A) ภาคกลาง (B) ภาคตะวันออก (C) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (D) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (E) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และ (F) ภาคเหนือ

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาค

ความสัมพันธ์ระหว่าง	ค่าสหสัมพันธ์
ความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคกลาง	0.180
ความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.444*
ความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออก	0.193
ความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ฝั่งตะวันตก	0.182
ความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-0.065
ความถี่พายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้ และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคเหนือ	0.120

*ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.050

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการหาความสัมพันธ์

การหาสมการความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยเลือกจากความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากสมการถดถอยพบว่าในแต่ละสมการมีค่า R^2 น้อย โดยมีทศลองการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยใช้ RSME พบว่าค่า RSME จากสมการถดถอยของดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีค่าน้อยที่สุด แสดงดังตารางที่ 9 อย่างไรก็ตามอุณหภูมิผิวน้ำทะเลไม่ใช่ปัจจัยหลักเพียงปัจจัยเดียวที่ส่งผลต่อตัวแปรที่ศึกษา เมื่อนำมาพยากรณ์จะได้ค่าที่ไม่ดีและมีค่า R^2 ต่ำ

ตารางที่ 9 ตรงแสดงสมการถดถอยและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	สมการถดถอย	R ²	RSME
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวทะเล บริเวณทะเลฟิลิปปินส์	$y = 0.01 + (-0.19 * x)$	0.253	0.255
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาค กลาง	$y = 0.76 + (-15.19 * x)$	0.375	14.881
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาค ตะวันออก	$y = 0.62 + (-12.33 * x)$	0.266	15.540
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	$y = 0.49 + (-9.72 * x)$	0.184	15.526
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ ฝั่งตะวันตก	$y = 0.71 + (-14.22 * x)$	0.106	31.309
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนภาคใต้ ฝั่งตะวันออก	$y = 0.95 + (-18.91 * x)$	0.299	21.994
ดัชนี ONI และค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝน ภาคเหนือ	$y = 0.47 + (-9.33 * x)$	0.144	17.301

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา

5.1 อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือที่มีต่อลักษณะของพายุหมุนเขตร้อนและส่งผลกระทบต่อประเทศไทยโดยการนำข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ข้อมูลพายุหมุนเขตร้อน ข้อมูลปรากฏการณ์เอลนีโญ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนมาประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์โดยวิธีสหสัมพันธ์และสหสัมพันธ์แบบไขว้ โดยการศึกษาดังกล่าวได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 พื้นที่คือทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์โดยเลือกจากบริเวณที่เกิดพายุและส่งผลกระทบต่อประเทศไทยรวมถึงมีอุณหภูมิที่มากกว่า 26 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือในพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่ศึกษาที่มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าผิดปกติบริเวณทะเลจีนใต้และดัชนี ONI พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ ขณะที่บริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงลบแบบมีนัยสำคัญ กล่าวคืออุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ในปีเอลนีโญอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะต่ำกว่าค่าปกติ และปีลานีญาอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะสูงกว่าค่าปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Xu et al. (2019) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เอลนีโญในแปซิฟิกกลางและค่าผิดปกติอุณหภูมิผิวน้ำทะเล โดยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณแปซิฟิกกลางมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ นอกจากนี้ผลการศึกษาของผู้ศึกษายังขัดแย้งกับการศึกษาของ Maisyarah et al. (2019) ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้และปรากฏการณ์เอลนีโญ ในส่วนของปีเอลนีโญมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกล่าวคือในปีเอลนีโญอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้จะมีค่าสูงกว่าปกติ นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้คือความเร็วลม โดยความเร็วลมส่งผลต่อความแปรปรวนของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้ในระดับสูงเช่นกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Maisyarah et al. (2019) มีวิธีการศึกษาที่ต่างกันในส่วนองปีเอลนีโญ โดยการศึกษาของ Tan et al. (2016) ได้อธิบายสาเหตุของการตอบสนองแตกต่างกันของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในทะเลจีนใต้ต่อเหตุการณ์เอลนีโญรูปแบบต่างๆ โดยมีรูปแบบหลัก 2 แบบ แบบที่ 1 ในปีที่เกิดเอลนีโญแปซิฟิกตะวันออก มีแอนตี้ไซโคลนเกิดขึ้นบริเวณทะเลฟิลิปปินส์ โดยลมที่พัดหมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อศูนย์กลางอยู่บริเวณฟิลิปปินส์ ณ บริเวณทะเลจีนใต้จะเกิดความผิดปกติของลมใต้ ส่งผลให้ความเร็วลมลดลงเนื่องจากความผิดปกติของลมใต้ เมื่อพัดสวนทางกับลมทางด้านเหนือจากทิศตะวันออก ส่งผลให้ความเร็วลมลดลง เมื่อความเร็วลมลดลง พัดให้น้ำมีการระเหยลดลง ส่งผลต่อการพาความร้อนของน้ำทะเลไปสู่

บรรยากาศ เมื่อมีการระเหยลดลงความร้อนจะสะสมในทะเลมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลอุ่นขึ้น แบบที่ 2 ในปีที่เกิดเอลนีโญแปซิฟิกกลาง โดยความผิดปกติในรูปแบบนี้คือทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น การระเหยมากขึ้น ทำให้น้ำทะเลมีการสูญเสียความร้อน อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้จึงมีการเย็นตัวลง ทั้งนี้การศึกษาของผู้ศึกษาไม่ได้ศึกษาอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในส่วนของประเภทต่างๆของเอลนีโญ ดังนั้นการตอบสนองของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้จึงมีการตอบสนองต่อปรากฏการณ์เอนโซที่ไม่เห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจน โดยความต่างของการตอบสนองของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์มีการตอบสนองที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยอื่นร่วมด้วยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจีนใต้จะได้รับอิทธิพลจากลมซึ่งส่งผลต่อความผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณทะเลจีนใต้

ลักษณะพายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้และทะเลฟิลิปปินส์มีความแตกต่างกัน จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลจีนใต้มีมากในปีลานีญา และมีจำนวนน้อยในปีเอลนีโญ ขณะที่บริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีจำนวนพายุมากในปีเอลนีโญและมีจำนวนพายน้อยลงในปีลานีญา ในการศึกษาครั้งนี้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี ONI และความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนในบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อเกิดปรากฏการณ์เอนโซในปีเอลนีโญความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนจะมีมากขึ้น ขณะที่ปีลานีญาความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนจะน้อยลง เมื่อวิเคราะห์ช่วงต้นฤดู(เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน) และปลายฤดู(เดือนตุลาคมถึงธันวาคม) พบว่าดัชนี ONI และความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนช่วงปลายในบริเวณทะเลจีนใต้มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ดัชนี ONI และความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนช่วงปลายในบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อเกิดปรากฏการณ์เอนโซในปีเอลนีโญบริเวณทะเลจีนใต้จะมีความถี่ของพายน้อยลงเมื่อเทียบกับปีลานีญา ขณะที่ทะเลฟิลิปปินส์ในปีเอลนีโญจะมีความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนมากขึ้นเมื่อเทียบกับปีลานีญา ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Ye et al. (2020) ที่กล่าวว่าพายุมีความถี่และมีบางส่วนเริ่มเคลื่อนตัวเข้าใกล้ประเทศไทยคือปีปกติและปีลานีญา นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Song et al. (2021) ที่กล่าวว่าจำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือในช่วงต้นฤดูมีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างจำนวนพายุหมุนเขตร้อนและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือในปีเอลนีโญจำนวนพายุหมุนในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือจะมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับปีลานีญา

การศึกษาความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนจากดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (Power Dissipation Index :PDI) ต่อดัชนี ONI พบว่าบริเวณทะเลจีนใต้ไม่มีความสัมพันธ์ ขณะที่บริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือเมื่อเกิดปรากฏการณ์เอนโซ ในปีเอลนีโญมีความรุนแรงน้อยเมื่อเทียบกับปีลานีญา โดย Ye et al. (2020) ได้กล่าวถึงสาเหตุที่อุณหภูมิน้ำทะเลในบริเวณทะเลฟิลิปปินส์มีความสัมพันธ์เชิงลบ เนื่องจากอิทธิพลของปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation: MJO (ความผันผวนภายในฤดูกาลของระบบชั้นบรรยากาศที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและลม) ความชื้นระดับกลางในปีที่มีเอลนีโญ รวมถึงปัจจัยลมตะวันตกซึ่งส่งผลต่อการเกิดพายุในช่วงที่มีเอลนีโญและลานีญา โดยการศึกษาในครั้งนี้ดัชนีการกระจายพลังงานของพายุหมุนเขตร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (PDI) ต่อดัชนี ONI พบว่าบริเวณทะเลจีนใต้ไม่มีความสัมพันธ์ เนื่องรูปแบบของเอลนีโญ ความชื้น รูปแบบลมส่งผลต่อบริเวณทะเลจีนใต้ Choi et al. (2019) กล่าวถึงเหตุการณ์เอลนีโญส่งผลต่อการเกิดพายุและฤดูกาลของพายุหมุนเขตร้อนในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือซึ่งมีสัมพันธ์กับดัชนีศักยภาพของแหล่งกำเนิด (Genesis Potential Index: GPI) การเปลี่ยนแปลงของ GPI ที่เกิดจากปรากฏการณ์เอนโซในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือมาจากความสัมพันธ์ การหมุนวนของลมระดับบน โดยการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์เอนโซนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ GPI นอกจากนี้ Ta-Huu et al. (2019) ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของปรากฏการณ์เอนโซต่อการสนับสนุนของตัวแปรสิ่งแวดล้อมต่อการเกิดพายุหมุนเขตร้อนในแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือว่าความไวของความแปรปรวนระหว่างปีของแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อนต่อปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิน้ำทะเล ความชื้นสัมพันธ์ที่ 600 hPa การหมุนวนของลมระดับบนที่ 850 hPa ลมเฉือนในแนวตั้ง โดยมีการศึกษาปัจจัยดังกล่าวพบว่าค่าความชื้นสัมพันธ์ที่ 600 hPa และค่าการหมุนวนของลมระดับบนที่ 850 hPa มีบทบาทสำคัญในการควบคุมค่าผิดปกติของแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อนที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เอนโซ ในขณะที่เดียวกันอุณหภูมิน้ำทะเลและลมเฉือนในแนวตั้งส่งผลกระทบต่อค่าผิดปกติของแหล่งกำเนิดพายุหมุนเขตร้อน ในการศึกษาของผู้ศึกษานั้นศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิน้ำทะเลเป็นหลัก ไม่ได้ศึกษาปัจจัยแวดล้อมอื่นๆด้วย

นอกจากนี้มีการศึกษาอุณหภูมิน้ำทะเลและค่า PDI ในมหาสมุทรต่างๆ ดังนี้ Emanuel, (2005) ศึกษาอุณหภูมิน้ำทะเลและความรุนแรงของพายุในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ (ละติจูด 6-18 องศาเหนือและลองจิจูด 20-60 องศาตะวันตก) และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (ละติจูด 5-15 องศาเหนือ และลองจิจูด 130-180 องศาตะวันออก) ว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับมากกับค่า

PDI ขณะที่ Sebastian & Behera, (2015) ศึกษาบริเวณมหาสมุทรอินเดีย (ละติจูด 0.5-25.5 องศาเหนือ และลองจิจูด 49.5-99.5 องศาตะวันออก) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับน้อยมากหรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์นอกจาก Bhardwaj et al. (2019) ศึกษาความรุนแรงของพายุในบริเวณอ่าวเบงกอลต่อดัชนี ONI พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ โดยในปีลานีญาจะมีจำนวนพายุและความรุนแรงของพายุมากเมื่อเทียบกับปีเอลนีโญ โดยผลการศึกษาของ Sebastian & Behera, (2015) และ Bhardwaj et al. (2019) มีการมีผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน เนื่องจาก Sebastian & Behera, (2015) ใช้ปัจจัยอุณหภูมิผิวน้ำทะเล และ Bhardwaj et al. (2019) ใช้ปัจจัยดัชนี ONI ในการหาความสัมพันธ์กับความรุนแรงของพายุ อย่างไรก็ตาม Liu et al. (2020) ได้มีการศึกษานี้ศึกษาแนวโน้มศักยภาพความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่แผ่นดิน PDI เฉลี่ยหลังจากที่พายุเริ่มเข้าใกล้แผ่นดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดย Sun et al. (2013) กล่าวว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมสูงสุดในรัศมี 2-3 เท่า โดยมีส่วนทำให้พายุมีความรุนแรงในเชิงบวกอย่างมาก ในขณะที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่อยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางของพายุสามารถลดความรุนแรงของพายุได้ นอกจากนี้การศึกษาของ Vecchi & Soden (2007) กล่าวว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในท้องถิ่นไม่เพียงพอสำหรับการระบุลักษณะเฉพาะของพายุ การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของศักยภาพความรุนแรงนั้นสัมพันธ์มากกับโครงสร้างระดับภูมิภาคของภาวะโลกร้อน การตอบสนองของการเกิดพายุหมุนเขตร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศตามธรรมชาติซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลในท้องถิ่นซึ่งจะจากการตอบสนองจากภาวะโลกร้อน

ปรากฏการณ์เอลนีโญกับค่าผิดปกติปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย ในภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ภาคเหนือมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกล่าวคือในปีเอลนีโญปริมาณน้ำฝนจะน้อยลงเมื่อเทียบกับปีลานีญา นอกจากนี้ ภูเวียง ประคำมินทร์, (2543) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับดัชนีมรสุมพบว่าที่กรุงเทพฯ และภาคตะวันออกมีความสอดคล้องกัน 71.4% ภาคใต้ฝั่งตะวันออก สอดคล้องกัน 83% ภาคใต้ฝั่งตะวันตก สอดคล้องกัน 71.4% เฉลี่ยรวม 75.2% ของสถานที่ที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงกว่าปกติส่วนปริมาณฝนและความถี่พายุหมุนเขตร้อนมีแนวโน้มน้อยกว่าปกติ นอกจากนี้ Takahashi, (2015) ได้ศึกษาบทบาทของพายุหมุนเขตร้อนตามร่องมรสุมในอุทกภัยไทยพ.ศ.2554 และความแปรปรวนระหว่างปีพบว่า มีปริมาณน้ำฝนเหนืออินโดจีนสูงกว่าปกติ การไหลเวียนของพายุหมุนที่เพิ่มขึ้นโดยพายุหมุนบริเวณทางตะวันตกของร่องมรสุมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณฝนที่สูงกว่าปกติ

ไม่ได้เกิดจากมรสุมตะวันตกที่พัดปกคลุมอินโดจีน อย่างไรก็ตาม Lin et al. (2015) ยังได้กล่าวว่าพื้นที่ปริมาณน้ำฝนจากพายุหมุนเขตร้อนถูกควบคุมโดย สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นหลักโดยสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตร้อน ในขณะที่อัตราปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นระหว่างขนาดพายุหมุนเขตร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ในชั้นบรรยากาศกลาง

ผลกระทบจากพายุต่อปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยพบว่าปริมาณฝนและเส้นทางของพายุหมุนเขตร้อนเทียบกับปรากฏการณ์เอนโซพบว่าปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยจะสูงกว่าปกติเมื่อเป็นปีลานีญา โดยจะมากที่สุดในปีลานีญาช่วงปลาย โดยประเทศไทยจะแห้งแล้งมากที่สุดในช่วงเอลนีโญช่วงปลายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Limsakul & Singhruck (2016) ที่กล่าวว่าปรากฏการณ์สภาพภูมิอากาศขนาดใหญ่ในมหาสมุทรแปซิฟิกเป็นตัวขับเคลื่อน ความแปรปรวนในปริมาณฝนรวมและรุนแรงของประเทศไทย ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ น้ำฝนมากขึ้นในช่วงปีลานีญาและ Pacific Decadal Oscillation (PDO) และลดลงในช่วงปีเอลนีโญ และช่วงอบอุ่นของ PDO นอกจากนี้ วิกิจ ไชยวิจารณ์, (2547) ได้ศึกษาฝนจากพายุในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของพบว่าพายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงก่อนเข้าสู่ฝั่งมีแนวโน้มที่ฝนรวมเฉลี่ยทั้งภาคและพื้นที่ฝนตกเกิน 90 มิลลิเมตร นอกจากนี้ Limsakul, (2022) กล่าวถึงความรุนแรงของฝนว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างแนวโน้มในการสนับสนุนของเหตุการณ์ฝนตกหนักและฝนตกน้อยในประเทศไทยกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก ซึ่งสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การเพิ่มความรุนแรงของฝนตกหนักทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศตามการเพิ่มขึ้นของความชื้นในบรรยากาศที่เกิดจากมนุษย์ ค่าประมาณการตามการถดถอยสำหรับระดับภาวะโลกร้อนในอนาคตที่ 1.5 °C และ 2 °C บ่งชี้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอีกครั้งองศาจะส่งผลให้เหตุการณ์ฝนตกหนักในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเกือบ 50% อย่างไรก็ตามประเทศไทยต้องระวังผลกระทบจากปรากฏการณ์เอนโซเพื่อเตรียมตัวและวางแผนในการบริหารจัดการน้ำ โดยในปีเอลนีโญช่วงต้นให้ระวังปริมาณน้ำที่น้อยลงในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางส่วนของภาคเหนือ ในปีเอลนีโญช่วงปลายประเทศไทยต้องระวังปริมาณน้ำที่น้อยลง รวมถึงความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในปีเอลนีโญช่วงปลาย และในปีลานีญาช่วงปลายให้ระวังอุทกภัยในส่วนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ปัจจัยควบคุมการเกิดพายุหมุนเขตร้อนมีหลายปัจจัย ในการศึกษาคั้งนี้ศึกษาเฉพาะอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับปรากฏการณ์เอลนีโญคือปีเอลนีโญและปีลานีญา ทั้งอย่างไรก็ตามเอลนีโญยังมีรูปแบบการเกิดที่ส่งผลต่อบริเวณต่างๆ ควรมีการศึกษาปัจจัยนี้เพิ่มเติม

2. ความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนมาจากหลายปัจจัย ศึกษาปัจจัยแวดล้อมในเชิงของ Thermodynamic เพิ่มเติมในเรื่องของศักยภาพของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะช่วยในเรื่องของการประเมินความรุนแรงได้ดีขึ้น

3. ดัชนีที่ใช้ในการศึกษาความรุนแรงของพายุมีหลายดัชนี โดยดัชนีศักยภาพความร้อนของพายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone Heat Potential: TCHP) และดัชนีศักยภาพของแหล่งกำเนิด (Genesis Potential Index: GPI) จะช่วยประเมินความรุนแรงได้ดียิ่งขึ้น

4. การศึกษาปัจจัยควบคุมการเกิดพายุหมุนเขตร้อนเพิ่มเติม เช่น รูปแบบการไหลเวียนของลมในระดับล่างและบนของบรรยากาศ (Vertical wind shear) ความชื้นในบรรยากาศ หย่อมความกดอากาศ ความเร็วลม รวมถึงปริมาณฝนที่มาจากพายุ เพื่อความถูกต้องของข้อมูลมากขึ้น

บรรณานุกรม

- Bell, G. D., Halpert, M. S., Ropelewski, C. F., Kousky, V. E., Douglas, A. V., Schnell, R. C., & Gelman, M. E. (1999). **Climate assessment for 1998**. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(5s), S1-S48.
- Bhardwaj, P., Pattanaik, D. R., & Singh, O. (2019). **Tropical cyclone activity over Bay of Bengal in relation to El Niño-Southern Oscillation**. *International Journal of Climatology*, 39(14), 5452-5469.
- Camargo, S., & Sobel, A. (2005). **Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO**. *Journal of Climate*, 18(15), 2996-3006.
- Chansaengkrachang, K., Luadsong, A., & Ascharyaphotha, N. (2017). **Relative vorticity at the pressure level 850 hPa and SSTA in southeast Asia causing precipitation anomaly over Thailand**. *Journal of Ecological Engineering*, 18(3).
- Choi, Y., Ha, K.-J., & Jin, F.-F. (2019). **Seasonality and El Niño diversity in the relationship between ENSO and western North Pacific tropical cyclone activity**. *Journal of Climate*, 32(23), 8021-8045.
- Dare, R., & McBride, J. (2011). **Sea surface temperature response to tropical cyclones**. *Monthly Weather Review*, 139(12), 3798-3808.
- Diaz, A., Studzinski, C., & Mechoso, C. (1998). **Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans**. *Journal of Climate*, 11(2), 251-271.
- Edwards, J. (2007). Tropical Cyclone Formation. Retrieved from <https://www.hurricanezone.net/articles/tropicalcycloneformation.html>
- Emanuel, K. (2005). **Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years**. *Nature*, 436(7051), 686-688.
- Emanuel, K., DesAutels, C., Holloway, C., & Korty, R. (2004). **Environmental control of tropical cyclone intensity**. *Journal of the atmospheric sciences*, 61(7), 843-858.
- Gray, W. (1975). **Tropical cyclone genesis**. *Atmospheric science paper no. 234*, 5-16.
- Hurricane Research Division. (2012). Frequently Asked Questions: What are the average, most, and least tropical cyclones occurring in each basin?

- Limsakul, A. (2022). **Changes of daily rainfall intensity in Thailand from 1955 to 2019.** *Changes*, 6(14), 18.
- Limsakul, A., & Singhruck, P. (2016). **Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand.** *Atmospheric Research*, 169, 301-317.
- Lin, Y., Zhao, M., & Zhang, M. (2015). **Tropical cyclone rainfall area controlled by relative sea surface temperature.** *Nature Communications*, 6(1), 1-7.
- Liu, L., Wang, Y., Zhan, R., Xu, J., & Duan, Y. (2020). **Increasing destructive potential of landfalling tropical cyclones over China.** *J Journal of Climate*, 33(9), 3731-3743.
- Maisyarah, S., Wirasatriya, A., Marwoto, J., Subardjo, P., & Prasetyawan, I. B. (2019). **The Effect of the ENSO on the Variability of SST and Chlorophyll-a in the South China Sea.** Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- MetEd. (2020). **Tropical Cyclones.** Retrieved from https://www.meted.ucar.edu/training_module.php?id=868&tab=06#.X1zXycEzZPY
- Sebastian, M., & Behera, M. R. (2015). **Impact of SST on tropical cyclones in North Indian Ocean.** *Procedia Engineering*, 116, 1072-1077.
- Smith, T., & Reynolds, R. (1995). **A High-Resolution Global Sea Surface Temperature Climatology.** *National Centers for Environmental Prediction*, 3320-3323.
- Song, J., Klotzbach, P. J., & Duan, Y. (2021). **Relationship between spring tropical cyclone frequency over the western North Pacific and El Niño-Southern oscillation.** *International Journal of Climatology*, 41, E509-E516.
- Sun, Y., Zhong, Z., Ha, Y., Wang, Y., & Wang, X. (2013). **The dynamic and thermodynamic effects of relative and absolute sea surface temperature on tropical cyclone intensity.** *Acta Meteorologica Sinica*, 27(1), 40-49.
- Ta-Huu, C., & Sato, T. (2019). **Effect of ENSO phase on the contribution of environmental variables to tropical cyclone genesis in the western North Pacific.** *International Journal of Climatology*, 39(4), 2461-2473.

- Takahashi, H. G., Fujinami, H., Yasunari, T., Matsumoto, J., & Baimoung, S. (2015). **Role of tropical cyclones along the monsoon trough in the 2011 Thai flood and interannual variability.** *Journal of Climate*, 28(4), 1465-1476.
- Tan, W., Wang, X., Wang, W., Wang, C., & Zuo, J. (2016). **Different responses of sea surface temperature in the South China Sea to various El Niño events during boreal autumn.** *Journal of Climate*, 29(3), 1127-1142.
- Vecchi, G., & Soden, B. (2007). **Effect of remote sea surface temperature change on tropical cyclone potential intensity.** *Nature*, 450(7172), 1066-1070.
- Wada, A., & Usui, N. (2007). **Importance of tropical cyclone heat potential for tropical cyclone intensity and intensification in the western North Pacific.** *Journal of Oceanography*, 63(3), 427-447.
- Wada, A., Usui, N., & Sato, K. (2012). **Relationship of maximum tropical cyclone intensity to sea surface temperature and tropical cyclone heat potential in the North Pacific Ocean.** *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D11).
- Wang, C., & Wang, B. (2019). **Tropical cyclone predictability shaped by western Pacific subtropical high: integration of trans-basin sea surface temperature effects.** *Climate Dynamics*, 53(5), 2697-2714.
- World Meteorological Organization:WMO. (2020). **Tropical cyclone.** Retrieved from <https://public.wmo.int/en>
- Ye, C., Deng, L., Huang, W.-R., & Chen, J. (2020). **Comparison of the Madden–Julian Oscillation-Related Tropical Cyclone Genesis over the South China Sea and Western North Pacific under Different El Niño–Southern Oscillation Conditions.** *Atmosphere*, 11(2), 183.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563, 25 พฤษภาคม 2563). **ความรู้อุตุนิยมวิทยา.** Retrieved from <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=25>
- ภูเวียง ประคำมินทร์. (2543). **ผลกระทบของปรากฏการณ์เอนโซ ต่อปริมาณฝน อุณหภูมิ และความถี่พายุหมุนเขตร้อนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งประเทศไทย.** (วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดเบื้องต้นของสถานีน้ำฝนในประเทศไทย

ลำดับที่	รหัสสถานี	WMO Index	ชื่อสถานี	จังหวัด
1	300201	48300	แม่ฮ่องสอน แม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน
2	300202	48325	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน
3	303201	48303	เชียงราย	เชียงราย
4	303301	48304	เชียงราย สกษ.	เชียงราย
5	310201	48310	พะเยา	พะเยา
6	327501	48327	เชียงใหม่	เชียงใหม่
7	328201	48328	ลำปาง	ลำปาง
8	328301	48334	ลำปาง สกษ.	ลำปาง
9	329201	48329	ลำพูน	ลำพูน
10	330201	48330	แพร่	แพร่
11	331201	48331	น่าน	น่าน
12	331301	48333	น่าน สกษ.	น่าน
13	331401	48315	ท่าวังผา	น่าน
14	351201	48351	อุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์
15	352201	48352	หนองคาย	หนองคาย
16	353201	48353	เลย	เลย
17	353301	48350	เลย สกษ.	เลย
18	354201	48354	อุตรธานี	อุตรธานี
19	356201	48356	สกลนคร	สกลนคร
20	357201	48357	นครพนม	นครพนม
21	373301	48373	ศรีสำโรง สกษ.	สุโขทัย
22	376201	48376	ตาก	ตาก
23	376202	48375	แม่สอด	ตาก
24	376203	48377	เขื่อนภูมิพล	ตาก
25	376401	48385	อุ้มผาง	ตาก
26	378201	48378	พิษณุโลก	พิษณุโลก
27	379201	48379	เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์
28	379401	48374	หล่มสัก	เพชรบูรณ์

29	379402	48413	วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์
30	380201	48380	กำแพงเพชร	กำแพงเพชร
31	381201	48381	ขอนแก่น	ขอนแก่น
32	381301	48384	ท่าพระ สกษ.	ขอนแก่น
33	383201	48383	มุกดาหาร	มุกดาหาร
34	387401	48382	มหาสารคาม	มหาสารคาม
35	400201	48400	นครสวรรค์	นครสวรรค์
36	400301	48401	ตากฟ้า สกษ.	นครสวรรค์
37	402301	48402	ชัยนาท สกษ.	ชัยนาท
38	403201	48403	ชัยภูมิ	ชัยภูมิ
39	405201	48405	ร้อยเอ็ด	ร้อยเอ็ด
40	405301	48404	ร้อยเอ็ด สกษ.	ร้อยเอ็ด
41	407301	48408	อุบลราชธานี สกษ.	อุบลราชธานี
42	407501	48407	อุบลราชธานี (ศูนย์ฯ)	อุบลราชธานี
43	409301	48409	ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ
44	423301	48458	ฉะเชิงเทรา	ฉะเชิงเทรา
45	425201	48425	สุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี
46	425301	48427	อู่ทอง สกษ.	สุพรรณบุรี
47	426201	48426	ลพบุรี	ลพบุรี
48	426401	48418	บัวชุม	ลพบุรี
49	429201	48457	นาร่อง	สมุทรปราการ
50	430201	48430	ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี
51	430401	48439	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี
52	431201	48431	นครราชสีมา	นครราชสีมา
53	431301	48435	ปากช่อง สกษ.	นครราชสีมา
54	431401	48434	โชคชัย	นครราชสีมา
55	432201	48432	สุรินทร์	สุรินทร์
56	432301	48433	สุรินทร์ สกษ.	สุรินทร์
57	432401	48416	ท่าตูม	สุรินทร์
58	436401	48436	นางรอง	บุรีรัมย์
59	440201	48462	อรัญประเทศ	สระแก้ว

60	450201	48450	กาญจนบุรี	กาญจนบุรี
61	450401	48431	ทองผาภูมิ	กาญจนบุรี
62	451301	48451	นครปฐม	นครปฐม
63	455201	48455	กรุงเทพมหานคร	กรุงเทพมหานคร
64	455301	48453	กรุงเทพฯ บางนา สกษ.	กรุงเทพมหานคร
65	455601	48456	สนามบินดอนเมือง	กรุงเทพมหานคร
66	459201	48459	ชลบุรี	ชลบุรี
67	459202	48460	เกาะสีชัง	ชลบุรี
68	459203	48461	พัทยา	ชลบุรี
69	459204	48477	สัตหีบ	ชลบุรี
70	465201	48465	เพชรบุรี	เพชรบุรี
71	478201	48478	ระยอง	ระยอง
72	478301	48479	ห้วยโป่ง สกษ.	ระยอง
73	480201	48480	จันทบุรี	จันทบุรี
74	480301	48481	พลิว สกษ.	จันทบุรี
75	500201	48500	ประจวบคีรีขันธ์	ประจวบคีรีขันธ์
76	500202	48475	หัวหิน	ประจวบคีรีขันธ์
77	500301	48474	หนองพลับ สกษ.	ประจวบคีรีขันธ์
78	501201	48501	ตราด	ตราด
79	517201	48517	ชุมพร	ชุมพร
80	517301	48520	สวี สกษ.	ชุมพร
81	532201	48532	ระนอง	ระนอง
82	551203	48550	เกาะสมุย	สุราษฎร์ธานี
83	552201	48552	นครศรีธรรมราช	นครศรีธรรมราช
84	552301	48554	นครศรีธรรมราช สกษ.	นครศรีธรรมราช
85	560301	48560	พัทลุง สกษ.	พัทลุง
86	561201	48561	ตะกั่วป่า	พังงา
87	564201	48564	ภูเก็ต	ภูเก็ต
88	564202	48565	ภูเก็ต (ศูนย์ฯ)	ภูเก็ต
89	566201	48566	เกาะลันตา	กระบี่
90	567201	48567	ตรัง	ตรัง

91	568301	48571	คองหษ์ สกษ.	สงขลา
92	568501	48568	สงขลา	สงขลา
93	568502	48569	หาดใหญ่	สงขลา
94	570201	48570	สตูล	สตูล
95	580201	48580	ปัตตานี	ปัตตานี
96	583201	48583	นราธิวาส	นราธิวาส



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวฐานิต นุกูลราชฎ์
วัน เดือน ปี เกิด	2 กรกฎาคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง, ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2561 วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ) : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ.2565 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมสำรวจ) : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
ผลงานตีพิมพ์	Nukoolrat, T., Chayakula, T., & Singhruck, P. (2022). The effect of sea surface temperature on tropical cyclone frequency and intensity and Thailand rainfall. The 6th Conference on Natural Resources, Geoinformation and Environment. (6), 400-409
รางวัลที่ได้รับ	ผู้นำเสนอบทความแบบบรรยาย ระดับดีเด่น