



แนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศและ
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อ
โรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

วิทยานิพนธ์

ของ

วิทยา ผิวงาม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

ธันวาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แนวใหม่และการเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศและ
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อ
โรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

วิทยานิพนธ์
ของ
วิทยา ผิวงาม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
ธันวาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

TRENDS AND CHANGES IN TEMPERATURE AND PRECIPITATION
EXTREME AND THE RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE
VARIABLES AND DENGUE IN THAILAND

BY

WITTAYA PIWNGAM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
The Master of Physics Degree
at Sakon Nakhon Rajabhat University
December 2020

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ แนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงสถานะความรุนแรงของภูมิภาคและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
ทางอุณหภูมิมหาวิทยาลัยที่มีผลต่อโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ วิทยา ผิวงาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....^{สุมาลย์ ขรรค์เท}.....ประธานกรรมการสอบ กรรมการสอบและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลย์ ขรรค์เท) และผู้ทรงคุณวุฒิ (รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ คำหาญ) ประธานที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

.....^{วรรณ}..... กรรมการสอบ^{อัครณ}..... กรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร) แต่งตั้งเพิ่มเติม (ดร.อัครณ วรรณ) แต่งตั้งเพิ่มเติม

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....^{วรรณ}.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

.....^{อัครณ}.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 25 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือ เป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัณย์ คำหาญ ประธานกรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลย์ บรรเทิง กรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ที่กรุณาแนะนำ เสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจ ใส่ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สถานีอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลจากเว็บไซต์ของกระทรวง สาธารณสุขแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการวิจัย

ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราช ภัฏสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดาของ ผู้วิจัย และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนจนผู้วิจัยสามารถดำรงตนและบรรลุผล สำเร็จในปัจจุบัน

วิทยา ผิวงาม

ชื่อเรื่อง	แนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงสถานะความรุนแรงของภูมิอากาศและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย
ผู้วิจัย	วิทยา ผิวงาม
กรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัรรณ์ คำหาญ
ปริญญา	วท.ม. (ฟิสิกส์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของดัชนีทางภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ จำนวน 25 ดัชนี ในช่วง 30 ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019 และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกทำการศึกษาในช่วง 16 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 พื้นที่ศึกษามีจำนวน 5 จังหวัดประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสงขลา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ การวิเคราะห์ถดถอย การทดสอบของแมนน์-เคนดอลล์ แบบจำลองการถดถอยบัวซอง และวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก โดยใช้โปรแกรม RClmDex 1.0 และ Xlstat 2020 ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับอากาศอบอุ่นส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และดัชนีสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็นมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าเพิ่มสูงสุด คือ TNmean (0.82 °C/10 ปี) พบที่เชียงใหม่ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่มีค่าเพิ่มสูงสุด คือ TR25 (42.3 วัน/10 ปี) พบที่กรุงเทพมหานคร ส่วนดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่มีค่าลดลงต่ำสุด คือ TN10p (7.39 วัน/10 ปี) พบที่เชียงใหม่ ส่วนแนวโน้มดัชนีสถานะสุดขีดของปริมาณน้ำฝน ส่วนใหญ่ไม่พบแนวโน้มที่มีนัยสำคัญทางสถิติมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน อย่างไรก็ตาม สามารถสรุปได้ว่าความถี่ของเหตุการณ์ฝนตกมีแนวโน้มลดลง แต่ความแรงของฝนและความชื้นของฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนักกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นสงขลา ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย พบว่า ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์เชิงบวก

ระหว่างโรคไข้เลือดออกกับ Tmax และ Tmin และนับว่าแบบจำลอง PRM สามารถทำนาย
ได้ด้วยข้อผิดพลาดที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา สภาพอากาศรุนแรง ดัชนีสภาวะความรุนแรง

TITLE	Trends and Changes in Temperature and Precipitation Extreme and the Relationship between Climate Variables and Dengue in Thailand.
AUTHOR	Wittaya Pivngam
ADVISORS	Assoc. Prof. Dr. Wilawan Kumharn
DEGREE	M.Sc. (Physics)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2020

ABSTRACT

This study investigated the patterns of annual trends and changes of extreme daily temperature and precipitation for the years 1990–2019 and relationship between climate variables and dengue for the years 2003–2019 in Chiang Mai, KhonKaen, Bangkok, Chonburi and Songkhla. Linear Regression, Mann–Kendall (MK), Poisson Regression Model (PRM) and Principal component analysis (PCA) were applied to analyze the trend and magnitude changes of the climate extremes by the RClimDex 1.0 software and Xlstat 2020. It was found that trends in the warm extreme indices were likely to increase, while trends in the cold extreme indices decreased significantly in most stations. The absolute index with the highest increasing value was TNmean (0.82°C/10 years) in Chiang Mai. The frequency index showing the highest increasing value was TR25 (42.3 days /10 years) in Bangkok. The index indicating the lowest decreasing trend of frequency was TN10p (7.39 days/10 years) in Chiang Mai. Trend of extreme conditions index of rainfall for most of trends were not found to be significant, with complex patterns of change, however, it can be concluded that the frequency of rainfall incidents in most areas decreased. However, the intensity of rain from heavy rain events increased, except for Songkhla. The relationship between changes in meteorological parameters and the number of dengue cases was found that the majority had a positive correlation. The PRM model can be predicted with an acceptable error.

Keywords: Meteorological parameters, Extreme weather, Extreme indices

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
ขอบเขตของโครงการวิจัย/นิยามศัพท์	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ นิยามศัพท์เฉพาะ	4 5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
สถานการณ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	7
นิยามของสภาวะความรุนแรงของอากาศ	8
การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในประเทศไทย	10
การเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ	10
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝน	11
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	13
ปัจจัยภูมิอากาศที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะนำโรค	15
อุณหภูมิ	15
ความชื้น	15
หยาดน้ำฟ้า	16
ลม	16
ปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะนำโรค	16
โรคติดต่อมาโดยแมลง	17
ภาวะโลกร้อนกับยุงลาย	18
โรคไข้เลือดออก	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า	
3	วิธีดำเนินการวิจัย	26
	ข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก	26
	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา	27
	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	28
	การวิเคราะห์ข้อมูล	29
	สถิติใช้ในการวิจัย	33
	การวิเคราะห์การถดถอย	33
	การทดสอบของแมนน์-เคลดอลล์	33
	แบบจำลองการถดถอยบัวซอง	34
	วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก	35
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	37
	ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	37
	ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน	54
	ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและโรคไข้เลือดออก	65
5	สรุปผลการทดลองและอภิปรายผล	78
	บรรณานุกรม	81
	ภาคผนวก	86
	ภาคผนวก ก แบบการขอข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	87
	ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลในงานวิจัย	89
	ภาคผนวก ค วิธีการใช้งานโปรแกรม RClimDex	94
	ภาคผนวก ง หนังสือรับรองการร่วมประชุม CAJG	100
	ประวัติย่อของผู้วิจัย	102

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ข้อมูลสถานีทางอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในพื้นที่ 5 จังหวัด	26
2 รายละเอียดของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 และปริมาณน้ำฝน ..	29
3 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดเชียงใหม่	40
4 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดขอนแก่น	43
5 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร	46
6 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดชลบุรี	49
7 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดสงขลา ..	53
8 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดเชียงใหม่	55
9 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น	58
10 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร	60
11 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดชลบุรี	62
12 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดสงขลา	65
13 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดเชียงใหม่	65
14 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในจังหวัดเชียงใหม่	66
15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกจากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดเชียงใหม่	67

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาภูมิและโรคไข้เลือดออก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดขอนแก่น	68
17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วย โรคไข้เลือดออกในจังหวัดขอนแก่น	69
18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก จากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดขอนแก่น	70
19 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร	70
20 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วย โรคไข้เลือดออกในจังหวัดกรุงเทพมหานคร	71
21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก จากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร .	72
22 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดชลบุรี.....	73
23 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วย โรคไข้เลือดออกในจังหวัดชลบุรี	74
24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก จากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดชลบุรี	75
25 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดสงขลา	75
26 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วย โรคไข้เลือดออกในจังหวัดสงขลา	76
27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออก จากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดสงขลา	77
28 ข้อมูลของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003–2019 .	90
29 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003–2019	91

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
30 ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003-2019 .	92
31 ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003-2019 .	93

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 สถานการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแบบต่าง ๆ และการคาดการณ์ อุณหภูมิผิวพื้นโลก	8
2 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิและตำแหน่งของเหตุการณ์สภาวะความ รุนแรงซึ่งมักปรากฏอยู่บริเวณปลายของการแจกแจงและการ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ ...	9
3 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิและตำแหน่งของเหตุการณ์สภาวะความ รุนแรงซึ่งมักปรากฏอยู่บริเวณปลายของการแจกแจงและการเปรียบเทียบ เทียบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝนในกรณีที่มีการ แจกแจงความถี่ของฝนเปลี่ยนแปลงภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ โลก	10
4 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ	14
5 แสดงอัตราป่วยและอัตราตายด้วยโรคไข้เลือดออกปี ค.ศ. 2011–2015	17
6 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในประเทศไทย ...	31
7 ขั้นตอนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทาง อุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย	32
8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน จังหวัดเชียงใหม่ ค.ศ. 1990–2019	37
9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน จังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 1990–2019	40
10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน จังหวัดกรุงเทพมหานคร ค.ศ. 1990–2019	44
11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน จังหวัดชลบุรี ค.ศ. 1990–2019	47
12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน จังหวัดสงขลา ค.ศ. 1990–2019	50

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน ในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019	54
14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน ในจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019	56
15 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019	58
16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน ในจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019	61
17 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน ในจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019	63
18 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rian และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดเชียงใหม่	66
19 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rian และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดขอนแก่น	68
20 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rian และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร	71
21 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rian และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดชลบุรี	73
22 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rian และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดสงขลา	76

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันสภาพอากาศและภูมิอากาศมีความแปรปรวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วนโดยเฉพาะทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม จากการประเมินของของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) พบว่า มนุษย์มีบทบาทที่สำคัญให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันมีสาเหตุมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลช่วงปฏิวัติอุตสาหกรรมในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งเป็นตัวเร่งสำคัญที่ก่อให้เกิดการสะสมปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศทำให้ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกและความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นในทุกภูมิภาคของโลก อาทิ อุณหภูมิเฉลี่ยที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในฤดูฝนและน้อยลงในฤดูแล้ง จำนวนวันที่อากาศร้อนเพิ่มมากขึ้นและจำนวนวันที่อากาศเย็นลดลง โดยส่งผลให้เกิดภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย ภัยแล้ง และวาตภัยที่รุนแรงและบ่อยครั้งขึ้นเป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559) นอกจากนี้ยังพบว่า ปรากฏการณ์ "เอลนีโญ" และ "ลานีญา" เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญในการกำหนดทิศทางของการเกิดพายุ จะเกิดขึ้นบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้บางประเทศมีฝนตกชุกและในบางประเทศประสบกับปัญหาความแห้งแล้ง (Chivapak, 2007) จากหลักฐานพบว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลกระทบที่รุนแรงมากที่สุดต่อระบบนิเวศทางธรรมชาติในหลายภูมิภาค ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน การละลายของหิมะ และการละลายของธารน้ำแข็ง (วิกานดา, 2015) ซึ่งกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในหลายสาขารวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ ชนิดพันธุ์พืช ชนิดพันธุ์สัตว์ การย้ายถิ่นฐานของประชากร และการแพร่กระจายของโรค โดยเฉพาะ Germanwatch ภาวะภูมิอากาศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งรายงานของ IPCC

ได้ระบุให้เป็นภูมิภาคที่มีความเปราะบางสูงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับประเทศไทยได้รับการจัดลำดับจากกลุ่มนักคิดเยอรมันวอช (German Watch) ให้เป็นประเทศหนึ่งในสิบที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว” (S. Kreft, 2016) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อระบบทางกายภาพและชีวภาพของโลก และระบบธรรมชาติ (natural systems) ในทุกทวีป ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) หรือภาวะโลกร้อน (global warming) ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ในทุกพื้นที่

ในส่วนของผลกระทบทางด้านชีวภาพ ภาวะโลกร้อนผลักดันให้เกิดโรคอุบัติใหม่ (emerging diseases) ขึ้น เช่น โรคซาร์ส โรคไข้หวัดนก รวมถึงการเกิดโรคอุบัติซ้ำ (reemerging diseases หรือ resurgent diseases) ซึ่งเคยเกิดการระบาดในอดีตเมื่อหลายสิบปีก่อน เช่น โรคชิคุนกุนยาและโรคไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ผันแปรเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ อีกทั้งประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งเอื้อต่อการเป็น “แหล่งรังโรค (reservoir)” ของโรคต่าง ๆ ดังนั้น ปัจจัยหลายอย่างมีความเอื้อต่อการระบาดของโรคในหลายทิศทาง เช่น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการแพร่กระจายของยุงและแมลงให้มีปริมาณมากกว่าเดิม ส่งผลให้โรคที่มีแมลงเป็นพาหะ (vector-borne diseases) มีอัตราเพิ่มขึ้น เช่น โรคมาลาเรีย โรคไข้เลือดออก ไข้เหลือง และไข้สมองอักเสบ นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณฝนสามารถเพิ่มฤดูกาลการแพร่กระจายของโรคให้มีความยาวนานกว่าเดิมในพื้นที่ที่เกิดการระบาดของโรค (นาคะภากร & จันทร์แสง, 2012) สำหรับพื้นที่อื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจจะลดการแพร่กระจาย เนื่องจากปริมาณฝนลดลงหรืออุณหภูมิสูงเกินกว่าจะสามารถแพร่กระจายโรคได้ เนื่องจากต้องอาศัยอุณหภูมิและความชื้นที่พอเหมาะสำหรับการแพร่กระจายของเชื้อบางชนิด ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสามารถเป็นแรงผลักดันของเชื้อโรคและพฤติกรรมของพาหะให้มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากรูปแบบเดิม ซึ่งทำให้เป็นเรื่องยากต่อการเฝ้าระวังของโรคติดต่อต่าง ๆ จากการศึกษายังพบว่า การระบาดของโรคไข้เลือดออกมีแนวโน้มมากขึ้น เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเฝ้าระวังและสาธารณสุขไม่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะประเทศด้อยพัฒนาและประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งโรคไข้เลือดออกเป็นโรคหนึ่งที่มีการระบาดและยากต่อการควบคุมเป็นอย่างมาก (ปภานิจ สวงโท, 2556) ไข้เลือดออก (dengue) เป็นโรคที่เกิดขึ้นมาประมาณ 60 กว่าปีที่ผ่านมาได้มีรายงานการระบาดครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ.1958 ในจังหวัดกรุงเทพฯ แล้ว

ต่อจากนั้นก็มีการตรวจพบคนเป็นโรคไข้เลือดออกทุกปี โดยโรคไข้เลือดออกเป็นโรคติดต่อที่เกิดจากยุงลายบ้าน เป็นพาหะสำคัญยุงตัวเมียจะไปกัดผู้ป่วยที่ติดเชื้อแล้วไปกัดผู้อื่นต่อเชื้อสามารถอยู่ในตัวยุงได้ประมาณ 1-2 เดือน ทำให้สามารถติดต่อกันได้โดยง่ายสายพันธุ์ไข้เลือดออกมีอยู่ 4 สายพันธุ์การติดเชื้อครั้งแรกมักจะไม่มีอาการรุนแรง แต่ถ้าติดเชื้อครั้งที่ 2 โดยเชื้อที่ต่างสายพันธุ์กันกับครั้งแรก อาการมักจะรุนแรงถึงขั้นเลือดออกหรือช็อค หรือเสียชีวิตโรคนี้อาจจะมักในผู้ป่วยที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี การระบาดของโรคไข้เลือดออกสายพันธุ์เดงกี (dengue virus) เกิดจากเชื้ออาร์โบไวรัส (arboviral) ซึ่งเป็นเชื้อที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ พบว่าส่วนมากมีความสัมพันธ์กับ ENSO เช่น อินโดนีเซียมีปรากฏการณ์เอลนีโญที่ชัดเจนและการระบาดของเดงกีเกิดขึ้นเสมอหลังจากปีที่เกิดเอลนีโญ (+1 ปี) อีกทั้งการระบาดของเดงกีที่ตามฤดูกาลนั้นปกติเกี่ยวข้องกับความอบอุ่นมากกว่าความชื้น มีหลักฐานสนับสนุนว่าการเพิ่มปริมาณฝนในหลายพื้นที่มีผลกับความหนาแน่นของพาหะและการแพร่กระจาย (Nakhapakorn K., 2005)

ในการเตรียมตัวรับมือกับโรคต่าง ๆ ประชาชนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและโรคไข้เลือดออก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับโรคไข้เลือดออก โดยการวิเคราะห์จากแบบจำลองแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วง 30 ปี ระหว่างปี 1990-2019 โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (linear regression), การทดสอบของแมนน์-เคนดอลล์ (Mann-Kendall test, MK) ในการศึกษาตัวแปรภูมิอากาศและไข้เลือดออกในกรุงเทพมหานคร ในช่วง 17 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA), และการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยปัวส์ซอง (Poisson Regression Model, PRM) ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาใน 5 จังหวัด ที่มีความสำคัญในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสงขลา เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจแก่ประชาชน ช่วยในสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายของรัฐบาล และการศึกษาต่อยอดในบริบทของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสุขภาพของประชาชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของอุณหภูมิในประเทศไทย
2. เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

ขอบเขตของโครงการวิจัย/นิยามศัพท์

งานวิจัยนี้ศึกษาเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในช่วง 30 ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในช่วง 17 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ซึ่งข้อมูลผู้ป่วยไข้เลือดออกได้จากกระทรวงสาธารณสุข พื้นที่ศึกษามีจำนวน 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสงขลา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำผลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ไปประยุกต์ใช้ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในด้านเกษตรกรรมได้
2. สามารถนำไปจัดทำฐานข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอดีตและอนาคต
3. ใช้เป็นข้อมูลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ในการกำหนดนโยบายในการรับมือและปรับตัว (adaptation) จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต
4. ใช้เป็นข้อมูลในการทำนายจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกที่เพิ่มขึ้นในแต่ละพื้นที่ สำหรับการเตือนภัยเพื่อเตรียมความพร้อมในการรับมือกับการระบาดของโรคไข้เลือดออกในอนาคต

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะ ไว้ดังนี้

1. Extreme weather หมายถึง สภาพอากาศรุนแรง
2. Meteorological parameters หมายถึง ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา
3. Extreme indices หมายถึง ดัชนีสภาวะความรุนแรง ประกอบด้วย
 - 3.1 TXmean หมายถึง ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดรายปี
 - 3.2 TNmean หมายถึง ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดรายปี
 - 3.3 TXx หมายถึง ค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดรายวัน
 - 3.4 TXn หมายถึง ค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดรายวัน
 - 3.5 TNx หมายถึง ค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน
 - 3.6 TNn หมายถึง ค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน
 - 3.7 DTR หมายถึง ความแตกต่างระหว่างช่วงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด
 - 3.8 TX10p หมายถึง วันที่อุณหภูมิสูงสุด ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10
 - 3.9 TX90p หมายถึง วันที่อุณหภูมิสูงสุด สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90
 - 3.10 TN10p หมายถึง วันที่อุณหภูมิต่ำสุด ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10
 - 3.11 TN90p หมายถึง วันที่อุณหภูมิต่ำสุด สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90
 - 3.12 SU35 หมายถึง จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C ในรอบปี
 - 3.13 TR25 หมายถึง จำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า 25°C ในรอบปี
 - 3.14 WSDI หมายถึง จำนวนวันที่ต่อเนื่องอย่างน้อย 6 วันที่อุณหภูมิสูงสุด สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 ในรอบปี
 - 3.15 CSDI หมายถึง จำนวนวันที่ต่อเนื่องอย่างน้อย 6 วันที่อุณหภูมิต่ำสุด ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 ในรอบปี
 - 3.16 SDII หมายถึง ปริมาณฝนรวมรายปีต่อจำนวนวันฝนตกรวม (นิยามจาก $PRCP \geq 1 \text{ mm}$)
 - 3.17 RX1day หมายถึง ปริมาณฝนรวมรายเดือน สูงสุดในรอบ 1 วัน
 - 3.18 Rx5day หมายถึง ปริมาณฝนรวมรายเดือน สูงสุดในรอบ 5 วัน
 - 3.19 R95p หมายถึง ปริมาณฝนรวมในรอบปีของเหตุการณ์ฝนที่มากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95

3.20 R99p หมายถึง ปริมาณฝนรวมในรอบปีของเหตุการณ์ฝนที่มากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 99

3.21 PRCPTOT หมายถึง ปริมาณฝนรวมรายปี (มากกว่า 1 mm)

3.22 R10 หมายถึง จำนวนวันในรอบปีที่ฝนตกมากกว่า 10 mm

3.23 R20 หมายถึง จำนวนวันในรอบปีที่ฝนตกมากกว่า 20 mm

3.24 CDD หมายถึง จำนวนวันสูงสุดที่ปริมาณฝนน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรอย่างต่อเนื่อง

3.25 CWD หมายถึง จำนวนวันสูงสุดที่ปริมาณฝนมากกว่า 1 มิลลิเมตรอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

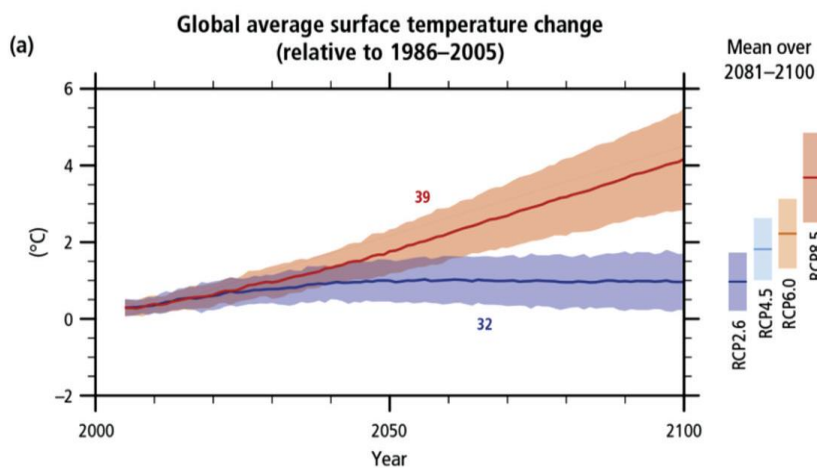
สถานการณ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นความท้าทายสำคัญระดับโลกไม่เพียงแต่เฉพาะประเทศไทย ซึ่งจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นและมีแนวโน้มสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝน และระดับน้ำทะเลมีค่าสูงขึ้น โดยในรายงานการประเมินครั้งที่ 4 ของ IPCC ระบุว่าอุณหภูมิผิวพื้นของโลกในช่วงปี ค.ศ. 1995–2006 เป็นช่วงที่ร้อนที่สุดเท่าที่เคยบันทึกได้โดยตรงตั้งแต่ ค.ศ. 1850 และในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1906–2005) อุณหภูมิผิวพื้นของโลกเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 0.75°C ในช่วงปี ค.ศ. 1979–2005 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวพื้นของโลกมีอัตราสูงกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลประมาณ 2 เท่า คือ $0.27^{\circ}\text{C}/10$ ปี เทียบกับ $0.13^{\circ}\text{C}/10$ ปี (Solomon, 2007)

สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกมาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHGs) ตั้งแต่ยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม ทั้งจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น กิจกรรมด้านเศรษฐกิจ วิธีการดำเนินชีวิต การใช้พลังงาน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น โดยในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1970–2004 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ เพิ่มขึ้นถึง 70% จาก 28.7 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี เมื่อปี ค.ศ. 1970 เพิ่มขึ้นเป็น 49 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีเมื่อปี ค.ศ. 2004 โดย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 80% และมีปริมาณคิดเป็น 77% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อปี ค.ศ. 2004 นอกจากนี้ อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในระบบภูมิอากาศ ภายใต้สถานการณ์จำลอง ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศในระดับต่าง ๆ คาดการณ์ว่าภายในสิ้นศตวรรษนี้ (ค.ศ. 2099) อุณหภูมิผิวพื้นของโลกเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจาก ค.ศ. 1980–1999

เฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น 1.8–4°C (Qin D., 2012) ซึ่งสถานการณ์เช่นนี้จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการพัฒนาประเทศ (ภาพประกอบ 1)



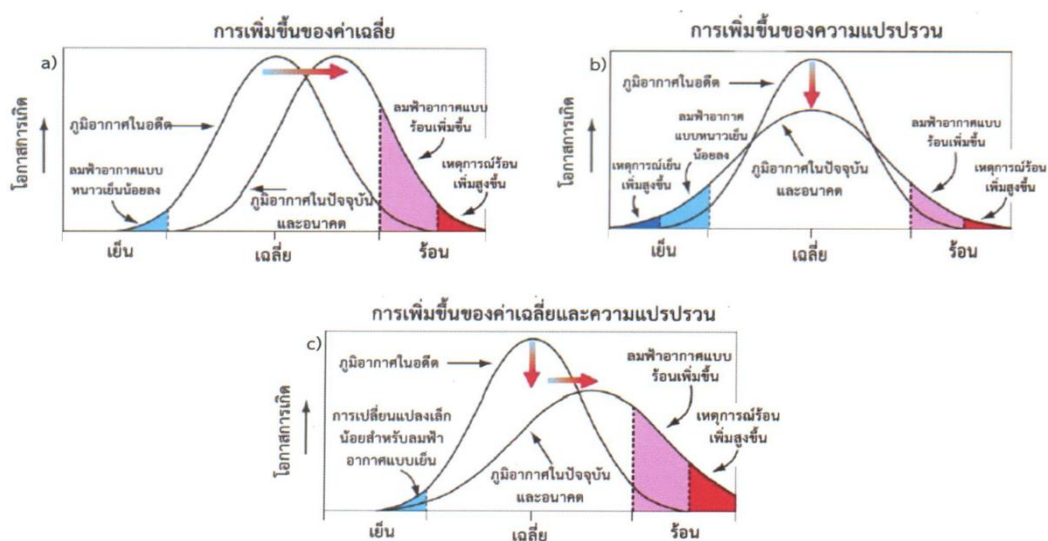
ภาพประกอบ 1 สถานการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแบบต่าง ๆ และการคาดการณ์ อุณหภูมิผิวพื้นโลก (Qin D., 2012)

นิยามของสภาวะความรุนแรงของอากาศ

สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ คือ เหตุการณ์ทางภูมิอากาศ รวมถึงลมฟ้า อากาศ ณ พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งและเวลาใดเวลาหนึ่งในรอบปี ที่เกิดขึ้นในระดับที่รุนแรงแต่มี ความถี่การเกิดไม่บ่อยครั้งนัก (Field, 2012) จากงานวิจัยของ Easterling และคณะ (2000) รายงานว่าความหมายสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศจะเกี่ยวข้องกับอุตุนิยามวิทยาใน ขณะที่งานวิจัยอื่น ๆ ได้รวมผลกระทบสืบเนื่องทางกายภาพอื่น ๆ เช่น อุทกภัย ซึ่งอาจมี ปัจจัยอื่น ที่ไม่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศเป็นสาเหตุร่วม (Young, 2002) ตัวอย่างของสภาวะ ความรุนแรงของภูมิอากาศที่รู้จักและคุ้นเคยกันโดยทั่วไป ได้แก่ ภาวะความแห้งแล้ง น้ำท่วม และพายุไซร่อน ตามทฤษฎีทางสถิติแล้ว สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศเป็น เหตุการณ์ที่มักปรากฏอยู่บริเวณด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านของการแจกแจงความถี่ ของตัวแปรภูมิอากาศ (ภาพประกอบ 1) ซึ่งความถี่และความรุนแรงของการเกิดมักแปรผัน เชิงยกกำลังกับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (mean state)

ในสภาวะปกติแล้วความแปรปรวนของสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศเกิด จากการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยหรือลักษณะการแจกแจงในแง่ของความแปรปรวนอย่าง ใดอย่างหนึ่งหรือสองปัจจัยรวมกัน การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางภูมิอากาศที่กำหนด

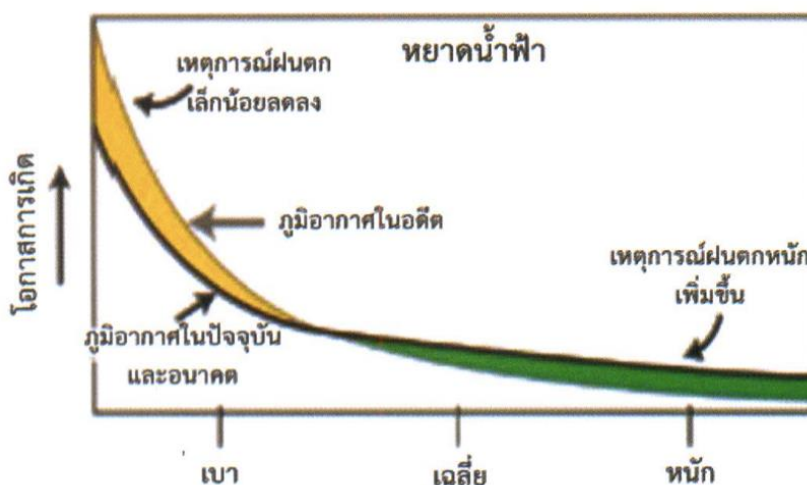
ความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์ สภาวะความรุนแรงมักเชื่อมโยงกับกระบวนการตามธรรมชาติของระบบภูมิอากาศโลกที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรบรรยากาศ และพื้นดิน (Alexander, L.V., Uotila, & P. and Nicholls, 2009) ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศจากกิจกรรมมนุษย์หลังจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ได้กลายเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลให้สภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศมีแนวโน้มทวีความรุนแรงและความถี่เพิ่มขึ้น รวมทั้งความแปรปรวนสูงทั้งเชิงพื้นที่และเวลา



ภาพประกอบ 2 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิและตำแหน่งของเหตุการณ์สภาวะความรุนแรงซึ่งมักปรากฏอยู่บริเวณปลายของการแจกแจงและการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ (Stocker, 2014)

เมื่อพิจารณาจากการแจกแจงความถี่ทางสถิติแล้ว กรณีที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีการขยับตัวสูงขึ้นภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกจะส่งผลให้รูปแบบการแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิขยับเลื่อนไปทางด้านขวาเมื่อเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ในอดีต ทำให้ความรุนแรงและความถี่ของเหตุการณ์สภาวะรุนแรงของอุณหภูมิปลายด้านขวาของการแจกแจงเพิ่มขึ้น เช่น จำนวนวันและคืนที่ร้อน ในทางตรงกันข้ามความรุนแรงและความถี่ของสภาวะรุนแรงของอุณหภูมิปลายด้านซ้ายของการแจกแจงกลับลดลง (Stocker, 2014) เช่น จำนวนวัน และคืนที่อบอุ่น (ภาพประกอบ 2) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝนภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกมีลักษณะและรูปแบบที่ค่อนข้างซับซ้อนกว่าสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ ส่วนหนึ่งเกิดจากการแจกแจงที่แตกต่างกันของทั้งสองตัวแปร กล่าวคือ อุณหภูมิมีการแจกแจงแบบปกติในขณะที่ฝน มีการแจกแจง

แบบเบ้บวก ซึ่งทำให้สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของสถานะความรุนแรงในแง่ความรุนแรงและความถี่ เมื่อค่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก ส่งผลให้สถานะความรุนแรงของฝนเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ความถี่และความรุนแรงของเหตุการณ์ฝนหนัก หรือเหตุการณ์สถานะความรุนแรงบริเวณปลายด้านขวาของการแจกแจงเพิ่มขึ้น (ภาพประกอบ 3)



ภาพประกอบ 3 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิและตำแหน่งของเหตุการณ์สถานะความรุนแรงซึ่งมักปรากฏอยู่บริเวณปลายของการแจกแจงและการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสถานะความรุนแรงของฝนในกรณีที่การแจกแจงความถี่ของฝนเปลี่ยนแปลงภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Stocker, 2014)

การเปลี่ยนแปลงของสถานะความรุนแรงของภูมิอากาศในประเทศไทย

1. การเปลี่ยนแปลงของสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิ

1.1 จำนวนคืน/วันที่หนาวและอบอุ่น (Cold and warm nights/days) เป็นดัชนีที่บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นควบคู่กับการขยับตัวร้อนขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ผลการวิเคราะห์ของ Limjirakan and Limsakul (2012) พบว่า 83.1% ถึง 90.8% ของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศผิวพื้นทั้งหมดของกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของดัชนีจำนวนคืน/วันที่หนาวและอบอุ่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยแล้ว พบว่า จำนวนคืนวันที่หนาวในประเทศไทย

ลดลง 12 และ 8 วันในรอบ 40 ปี ในทางกลับกัน จำนวนคืน/วันที่อบอุ่น เพิ่มขึ้น 14.4 และ 13.6 วันในรอบ 40 ปี

1.2 ช่วงระยะเวลาที่หนาวและอบอุ่น (Cold/warm spell duration) ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงระยะเวลาที่หนาวและอบอุ่น แสดงถึงช่วงระยะเวลาที่หนาวในประเทศไทยมีจำนวนวันลดลงอย่างชัดเจนทั่วทุกภาค ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและการลดลงของคืน/วันที่หนาว (Limjirakan, 2012) เมื่อพิจารณาสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงแล้ว พบว่า 61.5% ของสถานีทั้งหมดแสดงการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางตรงกันข้ามช่วงระยะเวลาที่อบอุ่นในประเทศไทยมีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและจำนวนคืน/วันที่อบอุ่นเช่นกัน (Limjirakan, 2012) ทั้งนี้ 78.5% ของสถานีทั้งหมดแสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาในภาพรวมของประเทศไทย พบว่า ช่วงระยะเวลาที่หนาวมีค่าลดลง 6.8 วันในรอบ 40 ปี ส่วนช่วงระยะเวลาที่อบอุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่ากล่าวคือ 19.6 วัน ในรอบ 40 ปี

1.3 จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C (Summer day: SU35) และจำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า 25°C (Tropical night, TR25) ทั้ง SU35 และ TR25 เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงทางสุขภาพต่อสภาวะความเครียดจากความร้อน ผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 และ 25°C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหลายสถานีในบริเวณพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือบางส่วน เมื่อพิจารณาในภาพรวมของประเทศแล้ว จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 35°C ในประเทศไทยมีการขยับตัวสูงขึ้น 21.6 วันในรอบ 40 ปี ส่วนจำนวนคืนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25°C มีจำนวนวันเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าของจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C หรือ 45.6 วันในรอบ 40 ปี การเพิ่มขึ้นดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงโอกาสเสี่ยงของประชาชนในการสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นและยาวนานขึ้นทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หากระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของความชื้นในอากาศความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนจะเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ (Gaffen, 1998)

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะความรุนแรงของฝน

2.1 ดัชนีความเข้มของฝนรายวันอย่างง่าย (Simple daily intensity index: SDII) ความเข้มของฝนรายวันเป็นดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนอย่างง่ายที่คำนวณจาก

ปริมาณฝนรวมรายปีและจำนวนวันฝนตก ดังนั้น ดัชนีความชื้นของฝนจึงขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรวมรายปีหรือจำนวนวันฝนตกหรือทั้งสองปัจจัยรวมกัน ผลการวิเคราะห์ดัชนีความชื้นของฝนรายวันอย่างง่าย พบว่า ความชื้นของฝนส่วนใหญ่ (92.7%) ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสถานีที่ดัชนีความชื้นของฝนรายวันอย่างง่ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคิดเป็น 46.3% หรือ 19 สถานีในอัตราระหว่าง 0.28 ถึง 0.67 mm day⁻¹/10 ปี การเพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกันเป็นบริเวณกว้างของความชื้นของฝน สะท้อนให้เห็นถึงการลดลงของจำนวนวันฝนตกรวมรายปีมากกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ ฝนสะสมรายปี (Limsakul, 2015) ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในแต่ละภาค พบว่า ความชื้นของฝนมีการเพิ่มขึ้นทั่วทุกภาค ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของความชื้นของฝนใน ภาพรวมของประเทศไทยมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 1.16 mm day⁻¹ ในรอบ 57 ปี เมื่อพิจารณาดัชนีความชื้นของฝนร่วมกับจำนวนวันฝนตกรวมรายปีและปริมาณฝน ตกสะสมรายปี พบว่า ความถี่ของเหตุการณ์ฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยลดลงแต่ ความชื้นของฝนกลับเพิ่มขึ้น (Limsakul, 2015) ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้อง กับการเพิ่มขึ้นของความชื้นของฝนในหลายพื้นที่ของโลก (Alexander L. e., 2006; Caesar, 2011)

2.2 ดัชนีปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนหนัก (Very wet day: R95p) คือ ปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนหนักหรือเหตุการณ์บริเวณปลายด้านบนของการแจกแจง ข้อมูลสำหรับประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1955–2011 พบว่า ดัชนี ปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลายพื้นที่เช่นเดียวกันกับดัชนีความ ชื้นของฝนรายวันอย่างง่าย โดยสถานีที่ดัชนีปริมาณฝนจากเหตุการณ์ฝนหนักเพิ่มขึ้นอย่าง มีนัยสำคัญในอัตราระหว่าง 21.0 ถึง 116.8 mm/ทศวรรษ คิดเป็น 31.7% สถานีที่ดัชนี R95p เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งอยู่ทุกภาคของประเทศไทย เป็นที่น่าสังเกตว่าดัชนี R95p ในกรุงเทพมหานคร มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกันกับดัชนีความชื้นของฝน รายวันอย่างง่าย เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของดัชนี R95p ในภาพรวมของประเทศไทย ในช่วงระหว่าง ปี ค.ศ. 1955–2011 พบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 62.7 mm /วัน ในรอบ 57 ปี (Alexander L' e', 2006)

2.3 ดัชนีจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive wet day: CWD) และดัชนีจำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (Consecutive dry days: CDD) ทั้งสองดัชนีเป็น ดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงระยะเวลาที่ยาวนานที่สุดในรอบปีที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องและฝนไม่ตก

อย่างต่อเนื่องซึ่งมักใช้ประเมินระยะเวลาที่ฝนตกชุกในช่วงฤดูฝนและสภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในรอบปี สำหรับประเทศไทยผลการวิเคราะห์ดัชนี CWD จำนวน 41 สถานี พบว่าจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มลดลง อย่างเด่นชัดและมีรูปแบบที่สอดคล้องในพื้นที่กว้างโดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ได้แสดงถึงจำนวนวันที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องมีระยะเวลาสั้นลง เช่นเดียวกันกับจำนวนวันฝนตกรวมรายปี ดัชนี CWD ส่วนใหญ่แสดงแนวโน้มลดลง เมื่อเฉลี่ยทุกสถานีรวมกันแล้วสำหรับระยะเวลา 57 ปี (ค.ศ. 1955–2011) ดัชนี CWD ในภาพรวมของประเทศไทยลดลงอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 1.5 วันในรอบ 57 ปี สำหรับดัชนี CDD เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทย พบว่า การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.4 ดัชนีปริมาณฝนสูงสุดในรอบหนึ่งวัน (Maximum 1-day precipitation; RX1day) และดัชนีจำนวนวันฝนตกหนัก (Heavy precipitation day: R20) ดัชนีปริมาณฝนสูงสุดในรอบหนึ่งวัน (RX1day) ในประเทศไทย ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงเหตุการณ์พายุหรือฝนตกหนัก มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามสถานีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมีสัดส่วนมากกว่าสถานีที่มีแนวโน้มลดลง (68.3%) ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้ดัชนี RX1day ในภาพรวมของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์แนวโน้มความถี่ของฝนตกหนัก พบว่าดัชนี R20 ในบริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนในขณะที่สถานีที่กรุงเทพมหานครและภาคตะวันออก เชียงเหนือ กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของดัชนี R20 อย่างมีนัยสำคัญ

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคติดต่อกับอาหารและน้ำ โรคจากความร้อน ภาวะทุพโภชนาการ ภาวะสุขภาพจิต เป็นต้น ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ
(Centers for Disease Control and Prevention, 2014)

ตัวอย่างเช่น อันตรายจากคลื่นความร้อนจะรุนแรงขึ้นเมื่อความชื้นในอากาศสูง ซึ่งเป็นสภาพที่พบในประเทศไทย เนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น โดยปกติเหงื่อช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย แต่ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงเหงื่อระเหยได้ยาก ความร้อนจึงถูกระบายออกจากร่างกายได้น้อย ทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบทำงานของร่างกาย นอกจากนี้ อุณหภูมิสูงขึ้นในเขตเมืองสามารถเร่งปฏิกิริยาของมลพิษในอากาศซึ่งเป็นอันตราย ทำให้เกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจและเยื่อต่าง ๆ ในระยะยาวจะก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง เช่น โรคหืดหอบและภูมิแพ้ นอกจากนี้ โรคที่เกิดจากแมลงเป็นพาหะ เช่น โรคมาเลเรียและโรคไข้เลือดออก อาจเกิดการระบาดบ่อยครั้งขึ้นหรือเกิดการระบาดในพื้นที่ใหม่ เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นช่วยเร่งวงจรชีวิตของแมลงที่เป็นพาหะนำโรค ทำให้ระยะพักตัวของเชื้อลดลง อุณหภูมิและน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลง ทำให้มีสภาพที่อยู่อาศัยใหม่เหมาะแก่การขยายพันธุ์ของยุงเป็นพาหะ และวิถีชีวิตของคนไทยอาจเพิ่มโอกาสการสัมผัสกับเชื้อโรคได้มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคติดต่อทางอาหารและน้ำ เช่น โรคอุจจาระร่วง เนื่องจากปัญหาด้านสุขอนามัยในภาวะที่เกิดน้ำท่วมหรือภัยแล้งสถานการณ์นี้จะยิ่งรุนแรงในพื้นที่การดูแลด้านสุขอนามัยยังไม่ทั่วถึง รวมทั้งส่งผลกระทบต่อภาวะสุขภาพจิตของประชาชน เนื่องจากสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง การต้องย้ายถิ่นฐาน การขาดแคลนทรัพยากรในการดำรงชีวิตอาจทำให้เกิดปัญหาสังคม เกิดการเปลี่ยนแปลง

โครงสร้างประชากร และกระทบต่อความมั่นคงทางจิตใจประชาชนได้ โดยองค์การอนามัยโลกได้คาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2593 ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำให้การตายเพิ่มขึ้น 250,000 รายต่อปี อันเนื่องจากภาวะทุพโภชนาการ มาลาเรีย ท้องร่วงและโรคจากความร้อน (World Health Organization, 2015) รวมทั้งได้คาดการณ์ค่าเสียหายด้านสุขภาพอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ไม่รวมค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับด้านเกษตร น้ำและสุขอนามัย) ประมาณ 20–40 ล้านดอลลาร์ในปี พ.ศ. 2030 (World Health Organization, 2015)

ปัจจัยภูมิอากาศที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะนำโรค

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะเป็นตัวเร่งกระบวนการเจริญเติบโต ของตัวนำเชื้อโรค ผลที่ตามมา คือ ตัวนำเชื้อโรคต้องการอาหารเพื่อบำรุงมากยิ่งขึ้น ต้องการเลือดหล่อเลี้ยง ถิ่นมากยิ่งขึ้น ดังนั้น อัตราการกัดเจาะดูดจะสูงมากซึ่งนำไปสู่การวางไข่เพิ่มสูงขึ้นด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะกระทบกระเทือนต่อการกระจายของตัวนำเชื้อโรคในแมลง เพราะว่า อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด จะเป็นตัวจำกัดการกระจายตามพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ของตัวนำเชื้อโรคในแมลง ยิ่งกว่านั้นลักษณะทางสรีระวิทยาทั้งหมดของตัวนำเชื้อโรคในแมลงนี้จะอยู่ได้ภายใต้อุณหภูมิที่พอเหมาะเท่านั้นอุณหภูมิต่ำสุดที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลอย่างมากต่อการอยู่รอดของตัวนำเชื้อโรคในแมลง เช่น ฤดูหนาวที่ร้อนจนไม่มีโอกาสเกิดน้ำค้างแข็ง จะทำให้ ยุง แมลงสาบ และปลวก มีจำนวนเพิ่มสูงมากขึ้นได้

2. ความชื้น

ความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้สิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวนำเชื้อโรคเติบโตได้ดี ในขณะที่ อุณหภูมิสูงและความชื้นค่อนข้างสูงตัวนำเชื้อโรคในแมลงจะมีชีวิตอยู่ได้ยาวนานแม้ว่าจะมีความไวต่อเชื้อราและแบคทีเรียที่สูงขึ้นด้วยก็ตาม หากความชื้นต่ำ ตัวนำเชื้อโรคบางชนิดต้องการอาหารบ่อยมากขึ้น เพื่อชดเชยการสูญเสียน้ำนั่นคือในบริเวณที่อุณหภูมิสูง ความชื้นต่ำแมลงหรือสัตว์เล็ก ๆ ที่เป็นตัวนำเชื้อโรคจะแพร่กระจายได้ 2 ครั้งต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่อุณหภูมิต่ำแต่มีความชื้นสูงกว่าที่แพร่กระจายได้ปีละ 1 ครั้ง

3. หยาดน้ำฟ้า

หยาดน้ำฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีต่อแมลง เช่น ยุง และ แมลงดำ ช่วงเวลาในการวางไข่และเป็นตัวอ่อนของแมลงเหล่านี้จะเกิดขึ้นในน้ำ นั่นคือ หยาดน้ำฟ้าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงว่ามีหรือไม่มีที่เพาะพันธุ์ของแมลงเหล่านี้ ผลกระทบของหยาดน้ำฟ้าที่จะมีต่อที่เพาะพันธุ์ขึ้นอยู่กับอัตราการระเหยน้ำ อัตราการซึมของน้ำลึกลงไปใต้ดินชั้นล่าง ความลาดเอียงของพื้นที่ และความห่างไกล จากแหล่งน้ำใหญ่ ๆ และแม่น้ำ ลำธาร นอกจากนี้ยังมีแมลงหลายชนิด ที่สามารถเพาะพันธุ์ได้ในแหล่งน้ำในที่อยู่อาศัยของมนุษย์ที่หลงเหลือภายหลังน้ำท่วมในฤดูฝน อย่างไรก็ตาม หยาดน้ำฟ้าที่ตกรุนแรงมาก ๆ อาจเป็นตัวการทำให้ไข่ของตัวนำเชื้อโรคและตัวนำเชื้อโรคเอง ถูกกวาดล้างสูญหายไป หรือถูกทำลายลงได้ แหล่งน้ำที่ระเหยน้ำได้ดี มีออกซิเจนผสมอยู่อย่างสมบูรณ์และในลำธารเล็ก ๆ บนภูเขาเป็นแหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์ของแมลงดำตัวนำเชื้อโรคอื่น ๆ

4. ลม

ลมเป็นตัวช่วยให้แมลงที่บินได้สามารถแพร่กระจายได้ดีมากยิ่งขึ้น ทิศทางและความเร็วลมประจำมีผลกระทบต่อการกระจายของตัวนำเชื้อโรค ตัวนำเชื้อโรคที่เป็นแมลงบางชนิด เช่น Anophedes (ยุงที่เป็นตัวนำไข้มาลาเรีย) ชนิดต่าง ๆ Simuliidae (แมลงดำ) และ Phlebotoninae (andlies) สามารถแพร่กระจายไปได้นับร้อยกิโลเมตรจากแหล่งกำเนิด (กรมอุตุฯ มวทศ., 2014)

ปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะนำโรค

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศน่าจะมีอิทธิพลทางอ้อมต่อชนิด และจำนวนของตัวนำเชื้อโรค เช่น ตัวนำเชื้อโรคชนิดหนึ่งอาจจะถูกแทนที่โดยตัวนำอีกชนิดหนึ่งได้ ตามการเคลื่อนย้ายไปของสภาพแวดล้อม ตัวนำเชื้อโรคที่เข้ามาแทนที่จะแตกต่างจากตัวนำเชื้อโรคเดิมอย่างสิ้นเชิงเพราะว่า ความสามารถจะอยู่รอดได้ ของตัวนำเชื้อโรคแต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ การแพร่กระจายของโรค จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยตามชนิดของตัวนำเชื้อโรคนั้น ๆ

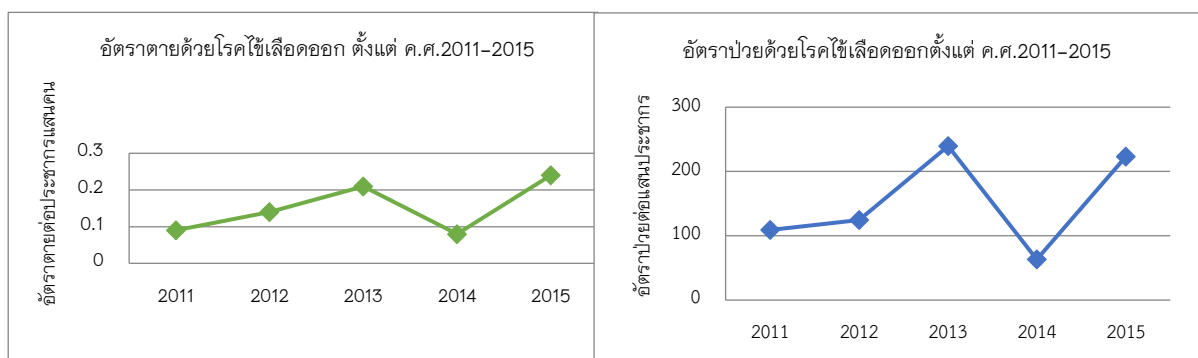
การทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปอาจเป็นผลดีต่อตัวนำเชื้อโรคบางชนิดได้ เช่น การทำลายป่าในบริเวณประเทศอินโดนีเซีย-ออสเตรเลีย ทำให้ตัวนำเชื้อโรคที่อยู่ในกลุ่มของ AN. Punctulatus เจริญเติบโตได้ดี ทำให้โรคไข้มาลาเรียแพร่กระจายได้มากขึ้น เรียกโรคไข้มาลาเรีย ที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ว่า “ไข้มาลาเรียที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

(Human-made malaria) การเปลี่ยนแปลงวิถีทำการเกษตร อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ก็จะมีผลกระทบต่อชนิดของตัวนำเชื้อโรคด้วยเช่นกัน เช่น ในพื้นที่ที่มีการชลประทาน เท่ากับเป็นการเพิ่มแหล่งเพาะพันธุ์ยุงให้มากขึ้น และยังทำให้ จำนวนதாகเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งเสี่ยงต่อการเป็นโรค Schistosomiasis การเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล จะทำให้พื้นที่ชายฝั่งน้ำท่วมมากขึ้น กลายเป็นบริเวณน้ำกร่อย ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของตัวนำเชื้อโรคที่ชอบน้ำกร่อย คือ An. Subpictus และ An. Sundanicus (กรมอุตุฯ มวท, 2014)

โรคติดต่อมาโดยแมลง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้โรคติดต่อมาโดยแมลง เช่น ไข้เลือดออก มาลาเรียมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน หรือกรณีภัยพิบัติ ส่งผลให้แหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรคมีมากขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นได้เร่งวงจรชีวิตของแมลงที่เป็นพาหะนำโรค ทำให้ระยะพักตัวของเชื้อลดลงและแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็ว

สถานการณ์โรคติดต่อมาโดยแมลงในประเทศไทย พบว่า การเจ็บป่วยและเสียชีวิตด้วยไข้เลือดออก ในปี ค.ศ. 2011-2015 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2011-2013 และลดลงในปี 2014 และเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยปี ค.ศ. 2014 มีอุบัติการณ์การเกิดโรคสูงสุด (ภาพประกอบที่ 5) ซึ่งพบอัตราป่วยสูงสุดในกลุ่มอายุ 10-14 ปี รองลงมาคือกลุ่มอายุ 5-9 ปี กลุ่มอาชีพที่พบผู้ป่วยสูงสุด คือ นักเรียน



ภาพประกอบ 5 แสดงอัตราป่วยและอัตราตายด้วยโรคไข้เลือดออกปี ค.ศ. 2011-2015

(กรมควบคุมโรค, 2559)

การคาดการณ์ความเสี่ยงในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง ในช่วงปี ค.ศ. 2010–2039, 2050–2059 และ 2080–2089 พบว่า จะมีผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจำนวน 107,870 ราย 143,190 ราย และ 170,280 ราย ตามลำดับ (โดยคำนวณจากปี ค.ศ. 1989–2006 เป็นปีฐาน ซึ่งมีผู้ป่วยเฉลี่ย 66,200 ราย) โดยที่ช่วงปี ค.ศ. 2050–2059 คาดการณ์ว่าจะมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่าจากจำนวนผู้ป่วยในปี ค.ศ. 2006

ภาวะโลกร้อนกับยุงลาย

ปัจจุบันสภาวะโลกร้อนเป็นคำพูดที่ทุกคนใช้อ้างถึงในทุกโอกาส โดยเฉพาะหากเกิดความแปรปรวนของอากาศ เช่น ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ฝนตกมากกว่าปกติ อากาศร้อนจัดความแห้งแล้งยาวนาน ต่างก็กล่าวอ้างว่าเกิดเนื่องจากสภาวะโลกร้อนทั้งสิ้น สภาวะโลกร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากโลกไม่สามารถระบายความร้อนที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ออกไปได้อย่างปกติจึง ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นและทำให้สภาพอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก และเชื่อกันว่าทำให้ภัยธรรมชาติรุนแรงขึ้นดังข่าวที่ปรากฏในเรื่องพายุเฮอริเคนพัดเข้าถล่มประเทศสหรัฐอเมริกาหลายลูก ในช่วง 2–3 ปีที่ผ่านมาซึ่งสร้างความเสียหายอย่างมากมายแต่ในบางประเทศกับส่งผลในเรื่องสภาวะแห้งแล้งอย่างมาก ส่วนในเขตร้อน ส่งผลกระทบต่อพายุหมุน เขตร้อน ปรากฏการณ์เอลนีโญ ลานีญา เป็นต้น ทำให้มีผลกระทบต่อการณ์แปรภูมิอากาศใน ประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2014)

ภาวะโลกร้อนกำลังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกเรามากขึ้นเรื่อย ๆ จนอาจทำให้บางสายพันธุ์ที่แข็งแกร่งไม่พอสูญพันธุ์ไปจากโลกใบนี้ได้ แต่ดูเหมือนบางสายพันธุ์ไม่ได้หวั่นเกรงต่อภาวะโลกร้อนนี้เลย แต่กลับยิ่งขยายพันธุ์ได้เร็วขึ้น และยิ่งร้ายมากขึ้นอีกด้วย สายพันธุ์ที่กำลังพูดถึงนั่นก็คือเจ้ายุงลาย ซึ่งเป็นพาหะของโรคไข้เลือดออก ที่คอยคร่าชีวิตมนุษย์อย่างพวกเรานี้เอง

เฉพาะในประเทศอินเดียและทวีปอเมริกาใต้มีผู้ป่วยที่เป็นโรคไข้เลือดออกถึง 500,000 คนต่อปี และในปีสองปีที่ผ่านมา ไข้เลือดออกระบาดรุนแรงมากขึ้นกว่าเดิม นักวิจัยได้ให้ความเห็นตรงกันว่าสาเหตุที่ทำให้เป็นแบบนี้ก็เพราะเจ้าภาวะโลกร้อนนั่นเอง

ภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้วงจรชีวิตของยุงลายเปลี่ยนไป คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำยุงลายฟักตัวเร็วขึ้นจากเดิม 7 วันกลายเป็น 5 วัน ซึ่งแน่นอนทำให้พวกยุงลายเพิ่มจำนวนประชากรได้เร็วขึ้น

และจากเดิมที่ยุงลายเคยออกหากินเฉพาะในตอนกลางวัน แต่ภาวะโลกร้อนทำให้ยุงลายออกหากินในช่วงกลางคืนถึง 5 ทุ่มด้วย ซึ่งแต่ก่อนจะมีแค่ยุงรำคาญที่ออกหากินในเวลานี้ ทำให้การควบคุมโรคนั้นยากขึ้นไปกว่าเดิมที่ร้ายกว่านั้นก็คือไวรัสเดงกี (Dengue Virus) ซึ่งเป็นไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้เลือดออกนั้น แต่เดิมจะมีอยู่ในเฉพาะยุงลายตัวเมีย เพราะการที่ยุงลายจะติดไวรัสเดงกีได้นั้น จะต้องไปกัดคนที่เป็นไข้เลือดออกและรับไวรัสนี้มาเท่านั้น แต่ตอนนี้พบว่ามีไวรัสเดงกีในยุงลายตัวผู้ด้วย จึงเกิดข้อสงสัยว่าทำไมยุงลายตัวผู้ถึงมีไวรัสนี้ เพราะอย่างที่เรารู้กันว่ายุงลายที่กินเลือดคนนั้นมีแต่ยุงตัวเมีย และก็ได้พบว่าเกิดจากการที่แม่ของมันที่มีไวรัสเดงกีถ่ายทอดไวรัสนี้มาให้ตั้งแต่เกิด เพราะว่ามีการพบไวรัสเดงกีนี้ในลูกน้ำยุงลายด้วย

ยุงลายตัวผู้ที่มีไวรัสเดงกี เวลาที่มันไปผสมพันธุ์กับตัวเมียก็จะแพร่ไวรัสนี้ผ่านทางน้ำเชื้อไปติดตัวเมียด้วย และยุงลายตัวผู้สามารถผสมพันธุ์ได้หลายครั้ง จึงทำให้เชื้อไวรัสนี้แพร่กระจายไปเร็วมากขึ้นกว่าเดิม และยังจะถูกถ่ายทอดไปยังลูกของมันได้อีกด้วย พอได้รู้แบบนี้จึงไม่สงสัยเลยว่าทำไมโรคไข้เลือดออกถึงได้ระบาดหนักมากขึ้น ตอนนี้ผู้ที่เกี่ยวข้องก็กำลังคิดค้นหาวัคซีนป้องกันไข้เลือดออกอยู่ แต่คงต้องใช้เวลาอีกหลายปี ตอนนี้เราก็ได้แต่ป้องกันไม่ให้ยุงลายกัด และช่วยกันทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ของมัน ดูเหมือนว่าพวกมันปรับตัวได้ดีเหลือเกินกับภาวะโลกร้อนที่เป็นอยู่ในตอนนี้

โรคไข้เลือดออก

โรคไข้เลือดออกเดงกี เป็นโรคติดเชื้อไวรัสเดงกีที่มียุงลายเป็นแมลงนำโรค โรคนี้ได้กลายเป็นปัญหา สาธารณสุขในหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากโรคได้แพร่กระจายอย่างกว้างขวางและจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างมาก ใน 30 ปีที่ผ่านมา มากกว่า 100 ประเทศที่โรคนี้กลายเป็นโรคประจำถิ่น และโรคนี้อย่างคุกคามต่อสุขภาพของประชากรโลกมากกว่าร้อยละ 40 (2,500 ล้านคน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะพบมากในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น เมื่อมีการติดเชื้อไวรัสเดงกีชนิดหนึ่งจะมีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสเดงกีชนิดนั้นตลอดไป และจะมีภูมิคุ้มกันต่อชนิด ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 6-12 เดือน ดังนั้น ผู้ที่อยู่ในพื้นที่ที่มีไวรัสเดงกีชุกชุมอาจมีการติดเชื้อ 3 หรือ 4 ครั้งได้

โรคไข้เลือดออกเดงกีติดต่อกันได้โดยมียุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นแมลงนำโรคที่สำคัญและในชนบทบางพื้นที่ จะมียุงลายสวน (*Aedes albopictus*) เป็นแมลงนำโรคร่วมกับ ยุงลายบ้าน เมื่อยุงลายตัวเมียกัดและดูดเลือดผู้ป่วยที่อยู่ในระยะไข่ ซึ่งเป็นระยะที่

มีไวรัสอยู่ในกระแสเลือดมาก เชื้อไวรัสจะเข้าสู่กระเพาะยุงและเพิ่มจำนวนมากขึ้น แล้วเดินทางเข้าสู่ต่อมน้ำลาย พร้อมทั้งจะเข้าสู่คนที่ถูกกัดต่อไป เมื่อยุงที่มีเชื้อไวรัสแดงก็ไปกัดคนอื่นก็จะปล่อยเชื้อไปยังคนที่ถูกกัด ทำให้คนนั้นป่วยได้ วงจรการติดเชื้อของโรคไข้เลือดออก ติดต่อกันได้โดยที่ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นพาหะและสาเหตุสำคัญ ยุงลายเป็นสัตว์ที่ออกหากินตอนกลางวันและกินเลือดคนเป็นอาหาร ไวรัสจะมีระยะพักตัวในยุง ใช้เวลา 3-10 วัน จากนั้นไวรัสจะมาอยู่ที่ต่อมน้ำลายของยุงพร้อมแพร่เชื้อ ไวรัสจะสามารถอยู่ในตัวยุงลายประมาณ 1-2 เดือน เมื่อไปกัดคน จะมีระยะพักตัว 3-15 วัน ระยะที่มีไวรัสในกระแสเลือด ประมาณ 5-7 วัน นับตั้งแต่เริ่มมีไข้ ยุงลายเป็นยุงที่ไม่ชอบแสงแดด และลมแรง ดังนั้นจึงหากินไม่ไกลจากแหล่งเพาะพันธุ์ โดยทั่วไปมักบินไปไม่เกิน 50-80 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่ามียุงลายชุกชุมในฤดูฝน ช่วงหลังฝนตกชุก เพราะมีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะแก่การแพร่พันธุ์ ส่วนในฤดูอื่น ๆ จะพบว่าความชุกชุมของยุงลายลดลง

การระบาดของโรคไข้เลือดออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีหลักฐานสนับสนุนว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน ในหลายพื้นที่มีผลกับความหนาแน่นของพาหะและการแพร่กระจาย รวมถึงเชื้อโรคมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และมีความสามารถทนทานกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ซึ่งทำให้โรคไข้เลือดออกมีแนวโน้มการระบาดเป็นพื้นที่กว้าง และมีการระบาดในพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งไม่เคยเกิดการระบาดอีกด้วย

จากการสำรวจพบว่าไข้เลือดออกเกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 ในระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมามีโรคไข้เลือดออกมีการระบาดเพิ่มขึ้น และได้กลายเป็นโรคประจำถิ่นมากกว่า 100 ประเทศ ทั้งใน ทวีปแอฟริกา สหรัฐอเมริกา และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีการระบาดรุนแรงที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประชากรที่อยู่ในพื้นที่ระบาดของไข้เลือดออกประมาณ 2,500 ล้านคน มีโอกาสป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกปีละ 50 ล้านคน นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานว่าโรคไข้เลือดออกเกี่ยวข้องกับภาวะโลกร้อน เนื่องจากอุณหภูมิของโลกแปรปรวนทำให้วงจรชีวิตของยุงเปลี่ยนแปลงไปเอื้อต่อการแพร่ระบาดมากขึ้น และเชื่อมีการปรับตัวเข้ากับวิถีชีวิตของคนมากขึ้น เช่น สมัยก่อนไม่เคยพบโรคไข้เลือดออกในเขตภูเขาสูง แต่ ปัจจุบันกลับพบว่ามีการระบาดในหมู่บ้านชาวเขาจังหวัดเชียงราย ส่งผลให้ป่วยกันทั้งหมู่บ้าน ซึ่งการที่ชาวเขา

ไม่เคยเป็นโรคไข้เลือดออกทำให้ไม่มีภูมิต้านทาน รวมไปถึงพบว่าเกิดโรคไข้เลือดออกในประเทศภูฏานซึ่งเป็น ประเทศที่ตั้งอยู่บนเทือกเขาสูง ดังนั้นจะสังเกตเห็นว่า เชื้อไข้เลือดออกได้คืบคลานจากบริเวณเส้นศูนย์สูตรแผ่ ขยายอาณาเขตออกไปเรื่อย ๆ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อในหลายด้าน โดยเฉพาะทางด้านการระบาดของโรคที่มี จำนวนเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งโรคบางชนิดยังเกิดการกลายพันธุ์ทำให้ยากต่อการเฝ้าระวัง ป้องกัน และรักษา ดังนั้น

ความสำคัญของระบบการเฝ้าระวัง และความเข้าใจต่อสถานการณ์ในการรับมือกับโรคติดต่อต่าง ๆ เป็นสิ่ง สำคัญที่จำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป ในประเทศไทย ตั้งแต่ช่วง ปี ค.ศ. 1997-1998 และ 2001 มีการระบาดของโรคไข้เลือดออกมากที่สุดในระยะเวลาประมาณ 10 ปี โดยมีจำนวนผู้ป่วย 101,937 ราย 130,858 ราย และ 279,285 ราย (อัตราป่วยเท่ากับ 167.61 212.89 และ 448.23 ต่อประชากรแสนคน) ตามลำดับ หลังจากการระบาดรุนแรง ในปี ค.ศ. 2001 จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออก จำนวนลดลงเป็นอย่างมากจนถึงปี ค.ศ. 2004 และปีถัดไปมีอัตราการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนกระทั่งปี ค.ศ. 2007-2008 มีการเพิ่มจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกเพิ่มมากกว่าหลายปีที่ผ่านมา โดยพบจำนวนผู้ป่วย 65,632 และ 89,712 ราย คิดเป็นอัตรา 104.29 และ 141.92 ต่อประชากรแสนคน ดังนั้นในช่วงฤดูฝนอาจพบ จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกเพิ่มมากขึ้นอีก ประกอบกับปัจจุบันสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ วงจรชีวิตของยุงมีความเหมาะสมต่อการแพร่ระบาดมากขึ้น รวมถึงเชื้อยังมีการปรับตัวเข้ากับวิถีชีวิตของ ประชากรมากขึ้น เช่น สมัยก่อนไม่เคยพบโรคไข้เลือดออกในเขตภูเขาสูง แต่ปัจจุบันกลับพบว่ามีการระบาดใน หมู่ชนเขา ในจังหวัด เชียงราย นอกจากการนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลให้การระบาดของโรคไข้เลือดออก มีการระบาดทุกฤดูกาล ไม่เฉพาะเพียงแค่ฤดูฝนอย่างในอดีตที่ผ่านมา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นงคณาถ อุประสิทธิ์วงศ์ (2002) ได้ศึกษาเหตุการณ์ผิดปกติทางภูมิอากาศมีส่วนก่อให้เกิดผลกระทบ และความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผันแปร และแนวโน้มของลักษณะอากาศหรือเหตุการณ์ผิดปกติ ทางภูมิอากาศจึงได้รับความสนใจมากขึ้นในระยะสองสามปีที่ผ่านมา สำหรับประเทศไทยการวิเคราะห์แนวโน้ม ของข้อมูลที่สูงหรือต่ำมากผิดปกติในครั้งนี้จะสามารถ

นำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาติดตาม และตรวจสอบการผันแปรและการเปลี่ยนแปลงของ ภูมิอากาศในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุดและ อุณหภูมิต่ำสุดรายวันในช่วง 40 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1961–2000 จากสถานีตรวจอากาศผิวพื้น จำนวน 46 สถานี ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพเหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าแนวโน้มของ ดัชนีชี้วัดอุณหภูมิส่วนใหญ่ เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยวันอากาศอุ่น (warm days) คือนอากาศอุ่น (warm nights) วันอากาศร้อน (hot days) และคือนอากาศร้อน (hot nights) มีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่ วันอากาศเย็น (cool days) คือนอากาศเย็น (cool nights) วันอากาศหนาว (cold days) และ คือนอากาศหนาว (cold nights) มีแนวโน้มลดลง สำหรับแนวโน้มของดัชนีชี้วัดสภาวะฝนส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยปริมาณฝนรายปี จำนวนวันที่มีฝน ความถี่ที่มีฝน มากผิดปกติ และความแรงฝนส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง ขณะที่สัดส่วนฝนมีแนวโน้มสูงขึ้น เกือบทุกสถานี

Limjirakan S. และ Limsakul A. (2012) (2015) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิในประเทศไทยพบว่า ในช่วง ค.ศ. 1970–2009 อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 1.04°C อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 0.96°C และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 0.92°C จำนวนทั้งหมด 65 สถานี พบว่า 86% ของสถานีตรวจอากาศพื้นผิวของอุตุนิยมหาวิทยาลัย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับความ เชื่อมั่น 95% ของอุณหภูมิเฉลี่ย โดยภาคตะวันออก มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดรองลงมา ได้แก่ ภาคกลางและภาคใต้ เป็นที่น่าสังเกตว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่สถานีกรุงเทพมหานคร มีอัตราการ เพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งการเพิ่มขึ้นที่สูงผิดปกติ น่าจะเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ความ ร้อน (heat island effect) มีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการขยายตัวของเมือง และความเป็นมหานครขนาดใหญ่ (mega city) ของกรุงเทพมหานคร

จิรสรณ์ สันตสิริสมบูรณ์ และคณะ (2559) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิในประเทศไทย พบว่า ในช่วง ค.ศ. 1951–2011 อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 1.22°C อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 0.55°C และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 0.68°C ส่วนค่าเฉลี่ยรายปีของ ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วง-65 ถึง 193 mm

Pornamnuaylap et al., (2014) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใน ประเทศไทยพบว่า ในช่วง ค.ศ. 1983–2012 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 0.84°C อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 0.46°C และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 0.33°C จำนวนสถานี

ทั้งหมด 19 สถานี การวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิใกล้พื้นผิวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วง ค.ศ. 1983–2012 มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยรายภูมิภาคในช่วง ค.ศ. 1970–2009 ของ Limjirakan S. and Limsakul A. (2012)

Apiratikorn et al., (2014) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพบว่า ในช่วง ค.ศ. 1980–2012 อำเภอ หาดใหญ่ จังหวัด สงขลา อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 1.16°C และ อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 1.09°C

Choi et al.z (2009); IPCC (2013); Jones et al., (2013) ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายปีของประเทศไทยในช่วง ค.ศ. 1970–2009 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อุณหภูมิต่ำสุด 1.04°C อุณหภูมิสูงสุด 0.96°C และอุณหภูมิเฉลี่ย 0.92°C โดยอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นที่ใกล้เคียง และสามารถเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ในช่วง ค.ศ. 1995–2009

Jongtanom et al., (2011) ; Hokao et al., (2012) ; Arifwidodo and Takahiro (2015) ศึกษาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิตอนกลางคืนหรืออุณหภูมิต่ำสุดที่วิเคราะห์จากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ควรแปลผลด้วยความระมัดระวัง ทั้งนี้ปัจจัยระดับท้องถิ่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ เช่น โดนความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เมือง ควรนำมาพิจารณาเป็นสาเหตุร่วมของการเพิ่มขึ้นดังกล่าว นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกสืบเนื่องจากข้อเท็จจริงที่ว่า สถานีตรวจวัดอากาศพื้นผิวของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวนไม่น้อยตั้งอยู่ใกล้หรือภายในพื้นที่ที่กลายเป็นเมืองและมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสูงในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา

Limsakul and Singhruck, (2016) ศึกษาปริมาณฝนสะสมรายปี พบว่า ปริมาณฝนสะสมรายปีในภาคใต้ฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยในช่วง ค.ศ. 1955–2014 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ตรงข้าม กล่าวคือ ลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ ผลการศึกษาล่าสุด พบความสัมพันธ์แบบไม่สมมาตร (asymmetric relationship) ระหว่างดัชนีเอ็นโซและ ความแปรปรวนในคาบเวลาระหว่างปีถึงระหว่างทศวรรษของฝนในประเทศไทย ซึ่งบ่งชี้ถึงเหตุการณ์ El Nino มีอิทธิพลต่อปริมาณฝนมากกว่าเหตุการณ์ La Nina อย่างไรก็ตามยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่ออธิบายกลไกทางกายภาพของความสัมพันธ์ดังกล่าว

Klongvessa and Chotpantararat, (2014) วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนสะสมรวมรายปีในพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วง ค.ศ. 1982–2010 พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ชานเมืองฝั่งตะวันตกของกรุงเทพมหานคร บนพื้นฐานการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดพื้นผิวและข้อมูลดาวเทียมในช่วง ค.ศ. 1980–2011

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในทุกวันนี้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคต่าง ๆ อย่างมาก รวมทั้งทำให้เกิดการระบาดของฉับพลันและมีความรุนแรงมากกว่าในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้รับผลกระทบหลายอย่างต่อสุขภาพและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยที่การเพิ่มขึ้นของโรคติดต่อต่าง ๆ นั้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดภัยธรรมชาติ เช่น การเกิดพายุ น้ำท่วม ภัยแล้ง คลื่นความร้อน (Heat Waves) ภาวะทุพโภชนา มลภาวะทางอากาศ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นผลกระทบที่ส่งเสริมกันให้เกิดความ เสวยร้าย และความรุนแรงที่ได้รับจากภาวะโลกร้อนด้วยกันทั้งนั้น จากการคาดคะเนแสดงให้เห็นการประมาณ สภาวะโลกร้อนเฉลี่ย 1.5–5.8°C ในช่วงศตวรรษที่ 21 พร้อมกับการเพิ่มความถี่และเหตุการณ์ อากาศผิดปกติ เช่น คลื่นความร้อน น้ำท่วม และความแห้งแล้ง (IPCC, 2001)

อุณหภูมิกับการเกิดโรค จากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่ออุณหภูมิทั่วโลก ทำให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบให้มหาสมุทรแปซิฟิกมีการเปลี่ยนแปลงก่อให้เกิดปรากฏการณ์ ENSO (E. Niño Southern Oscillation) ที่ทำให้เกิดความผิดปกติกับกระแสน้ำในมหาสมุทร ซึ่งเป็นปัจจัย อย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการระบาดของโรคเพิ่มมากขึ้น โดยที่วงจรของเอลนีโญมีความเกี่ยวข้องกับการ เปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายโรคที่นำโดยแมลง เช่น มาลาเรีย ไข้เด็งกีและไวรัสที่มีแมลงเป็นพาหะนำโรค (Arboviruses) โรคต่าง ๆ เหล่านี้จะมีแนวโน้มต่อการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ อีกทั้งในพื้นที่สูง เช่น หิมาลัย อุณหภูมิสูงอาจส่งผลกับการแพร่กระจายของโรคมาลาเรีย เช่น การระบาดของโรคในบริเวณตอนเหนือของปากีสถาน

นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิยังส่งผลกับการเกิดพาหะนำโรค โดยที่ทำให้เกิดอัตราเร่งการเผา ผลาญพลังงานของแมลง รวมทั้งการเพิ่มการผลิตไข่และความถี่ การกินเลือดเป็นอาหาร ซึ่งการระบาดของ รุนแรงมักเกิดหลังจากช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นของฝนและ/หรือ อุณหภูมิ ดังนั้น มีความเป็นไปได้ในการส่งผลให้เกิด การเพิ่มขึ้นของสายพันธุ์พาหะนำโรคโดยแมลง (vector breeding) (Kilian AHD, 1999) และอัตราการเติบโต (Jetten TH, 1994) รวมถึงเพิ่มวงจรชีวิตในยุงของเชื้อ (Parasite Sporogony) และการอยู่ รอดของ

แมลงที่เป็นพาหะ (Vector survival) อุณหภูมิที่สูงขึ้นไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้เกิดพาหะของโรคเท่านั้น ยังพบว่ามีการเกิดโรคอุบัติใหม่และโรคที่เคยสูญหายไปแล้วในอดีตเกิดขึ้น โดยที่สามารถแพร่ระบาดไปยังพื้นที่ที่ไม่เคยพบการแพร่ระบาด รวมทั้งครอบคลุมเป็นพื้นที่กว้างขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ เหมาะแก่การเพาะพันธุ์และเจริญเติบโตของเชื้อโรคและพาหะนำโรค เช่น ในปี ค.ศ. 2004 ในประเทศ อินโดนีเซียพบผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเป็นจำนวนสูงถึง 59,000 คน โดยเพิ่มขึ้นจากสถิติของปีก่อนหน้านั้นถึง ร้อยละ 18 สำหรับโรคติดต่อที่สำคัญมี 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มโรคติดต่อผ่านทางอาหารและน้ำ ได้แก่ โรคอหิวาต์ โรคบิด กลุ่มโรคติดต่อผ่านทางยุงและแมลงเป็นพาหะนำโรค ได้แก่ โรคไข้เลือดออก มาลาเรีย และกลุ่มโรคที่ติดต่อผ่านทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคไข้หวัดนก ไข้หวัดใหญ่และโรคมือเท้าปาก ซึ่งโรคเหล่านี้ต่างส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศของโลก

กาญจนา นาคะภากร (2555) สำหรับโรคไข้เลือดออกในมุมมองทางการแพทย์ พบว่าเป็นโรคที่เกิดการระบาดประจำถิ่น เมื่อการ ระบาดของโรคระบาดได้เต็มที่แล้ว การระบาดก็จะลดน้อยลง แล้วกลับมาระบาดใหม่อีกครั้ง ซึ่งเมื่อมองด้าน ผู้ถูกอาศัยหรือคน (host) สิ่งที่ทำให้เกิดโรค (agent) และ สภาพแวดล้อม (environment) แล้ว จะพบว่า host และ agent ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ในขณะที่ปัจจัยด้าน สิ่งแวดล้อม (environment) จะพิจารณาค่อนข้างกว้างและมีหลายมิติ ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้น เช่น ระบบการ กักเก็บน้ำไว้ในภาชนะที่ลดลง เนื่องจากมีการพัฒนาระบบประปาเข้าถึงทุกหมู่บ้าน ภาชนะที่เป็นแหล่ง เพาะพันธุ์ก็จะลดน้อยลง เป็นต้น ดังนั้น เมื่อมองในภาพรวมของประเทศก็มีแนวโน้มที่จะดีขึ้น ปัญหาเรื่อง ไข้เลือดออกจึงลดลำดับความสำคัญลงไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาดัชนีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ และหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกใน 5 จังหวัดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย มีระเบียบวิธีวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก

ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ประกอบไปด้วย ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นข้อมูลรายวัน ทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 – 2019 ส่วนข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเป็นข้อมูลรายเดือน ทำการศึกษาในช่วง 17 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 เนื่องจากข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกเริ่มมีเก็บรวบรวมในปี ค.ศ. 2003 ข้อมูลได้จากกระทรวงสาธารณสุขครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยตามรายละเอียดในตารางที่ 1 ตาราง 1 ข้อมูลสถานีทางอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในพื้นที่ 5 จังหวัด

ลำดับ	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ละติจูด (°N)	ลองจิจูด (°E)
1	เชียงใหม่	18.771	98.972
2	ขอนแก่น	16.463	102.786
3	กรุงเทพมหานคร	13.668	100.605
4	ชลบุรี	13.355	100.982
5	สงขลา	7.185	100.605

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ

วัดค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในรอบวัน จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวัน พบว่า อุณหภูมิสูงสุดมักเกิดขึ้นในตอนบ่าย ไม่ใช่ตอนเที่ยงวัน ทั้งนี้ เนื่องจากพื้นดินและบรรยากาศต้องการอาศัยเวลาในดูดกลืนและคายความร้อน อุณหภูมิอากาศที่มีการวัดจะประกอบไปด้วย อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยจะหาได้จาก (อุณหภูมิต่ำสุด+อุณหภูมิสูงสุด)/2

อุณหภูมิเป็นสารประกอบสำคัญยิ่งอันหนึ่งในวิชาอุตุนิยมวิทยา นักอุตุนิยมวิทยาต้องการทราบอุณหภูมิอากาศตามระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ผิวพื้นโลกขึ้นไปยังระดับสูงถึง 20 km หรือสูงกว่านั้น การวัดอุณหภูมิที่พื้นโลกอาจจะกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีที่ปฏิบัติกันมากที่สุด คือการใช้เทอร์โมมิเตอร์ซึ่งมีของเหลว เช่นปรอทบรรจุในหลอดแก้วคล้าย ๆ กับการวัดอุณหภูมิต่ออย่างอื่น ๆ บางครั้ง เมื่อต้องการทราบผลการบันทึกอุณหภูมิตลอดชั่วโมง หรือตลอดวัน หรือนานกว่านั้น เราก็ต้องใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งเรียกว่า "เทอร์โมกราฟ" (thermograph)

2. เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนจะวัดความแรงหรือความหนาแน่นจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นดินโดยตรง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดาที่นิยมใช้มีอยู่ 4 แบบ คือ

2.1.1 แบบมาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกา

2.1.2 แบบมาตรฐานของอังกฤษ

2.1.3 แบบมาตรฐานของเยอรมัน

2.1.4 แบบมาตรฐานของสหภาพโซเวียต

ทั้ง 4 แบบโดยรวมมีลักษณะใหญ่ ๆ เป็นโลหะรูปทรงกระบอก โดยมีความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกัน เช่น แบบมาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยาของสหรัฐอเมริกามีความยาว 24" ผ่าศูนย์กลางกว้าง 8" แต่ของอังกฤษมีความยาว 12" ผ่าศูนย์กลางกว้าง 5" เป็นต้น เครื่องวัดน้ำฝนที่กล่าวมาวัดได้เฉพาะปริมาณทั้งหมดของฝน และวัดในช่วงเวลา 24 hr

เครื่องวัดน้ำฝนแบบแก้วดวงเป็นที่นิยมกันแพร่หลายมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกกลมตลอดหรือบางที่ทำให้ก้นผายออกเพื่อให้ตั้งได้มั่นคงขึ้น ตัวเครื่องทำด้วยเหล็กหรือทองแดงที่ไม่เกิดเป็นสนิม ตอนบนของเครื่องที่เป็นปากรับน้ำฝน ขนาดแน่นอน (นิยมใช้ปากถึงขนาด 8") ที่ขอบปากถึงต้องทำให้หนาเป็นพิเศษกันบุงเปียวหรือเสีयरูปทรง ติดตั้งไว้บนพื้นดินเรียบและสูงจากพื้นดินไม่เกิน 1 m ห้ามติดตั้งไว้ที่ลาดชัน

2.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ

2.2.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัตินี้สามารถวัดปริมาณน้ำฝนติดต่อกันเป็นเวลานาน 6 hr 12 hr 24 hr หรือเป็นอาทิตย์ก็ได้ เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอย (floating type) มีลักษณะ ประกอบด้วยที่รองรับน้ำฝน (receiver) กรวยรับน้ำฝน (funnel) ถังน้ำฝน (chamber) ลูกลอย (float) ท่อกาลักน้ำ (siphon) ปากกา (pen arm) และทรงกระบอกหมุนพร้อมกราฟ (revolving drum with chart)

2.2.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอย คือ เมื่อน้ำฝนตกผ่านที่รองรับน้ำฝนและกรวยรับน้ำฝนลงสู่ถังน้ำฝน น้ำในถังรับน้ำฝนจะสูงขึ้นทำให้ลูกลอยที่มีก้านต่อกับปากกาที่จะบันทึกผลลงกราฟที่พันอยู่รอบทรงกระบอกที่หมุนตามเข็มนาฬิกาที่ตั้งไว้ลอยขึ้น เมื่อระดับน้ำสูงถึงส่วนบนสุดของท่อกาลักน้ำ น้ำจะไหลออกจากถังน้ำฝนผ่านท่อกาลักน้ำ ระดับน้ำในถังน้ำฝนจะลดลงลูกลอยลอยลงปลายปากกาจะลดระดับลงจนถึงจุดที่ระบบท่อกาลักน้ำหยุดทำงาน ระดับน้ำในถังน้ำฝนจะสูงขึ้นอีกเป็นวงจรเช่นนี้ต่อไป ทำให้สามารถวัดปริมาณฝนสะสมตามเวลาได้ตามต้องการ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานกรมอุตุนิยมวิทยาและกระทรวงสาธารณสุขใน 5 จังหวัดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. เรียบเรียงข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิกากาศสูงสุดรายวัน อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน และปริมาณน้ำฝนรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1990 ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 2019 โดยใช้โปรแกรม Microsoft office Excel 365

2. เรียบเรียงข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจากเว็บไซต์ของกระทรวงสาธารณสุข ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2003 ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 2019 โดยใช้โปรแกรม Microsoft office Excel 365

3. นำข้อมูลมาตรวจสอบความถูกต้องตามรูปแบบของโปรแกรมที่จะใช้วิเคราะห์ข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิโดยใช้โปรแกรม RclimDex 1.0 และ Xlstat 2020 ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนรายวันของทั้ง 5 สถานีที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้นำมาคำนวณดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ประกอบด้วย ดัชนีสำหรับสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ 15 ดัชนี และความรุนแรงของปริมาณน้ำฝน 10 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 รายละเอียดของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน

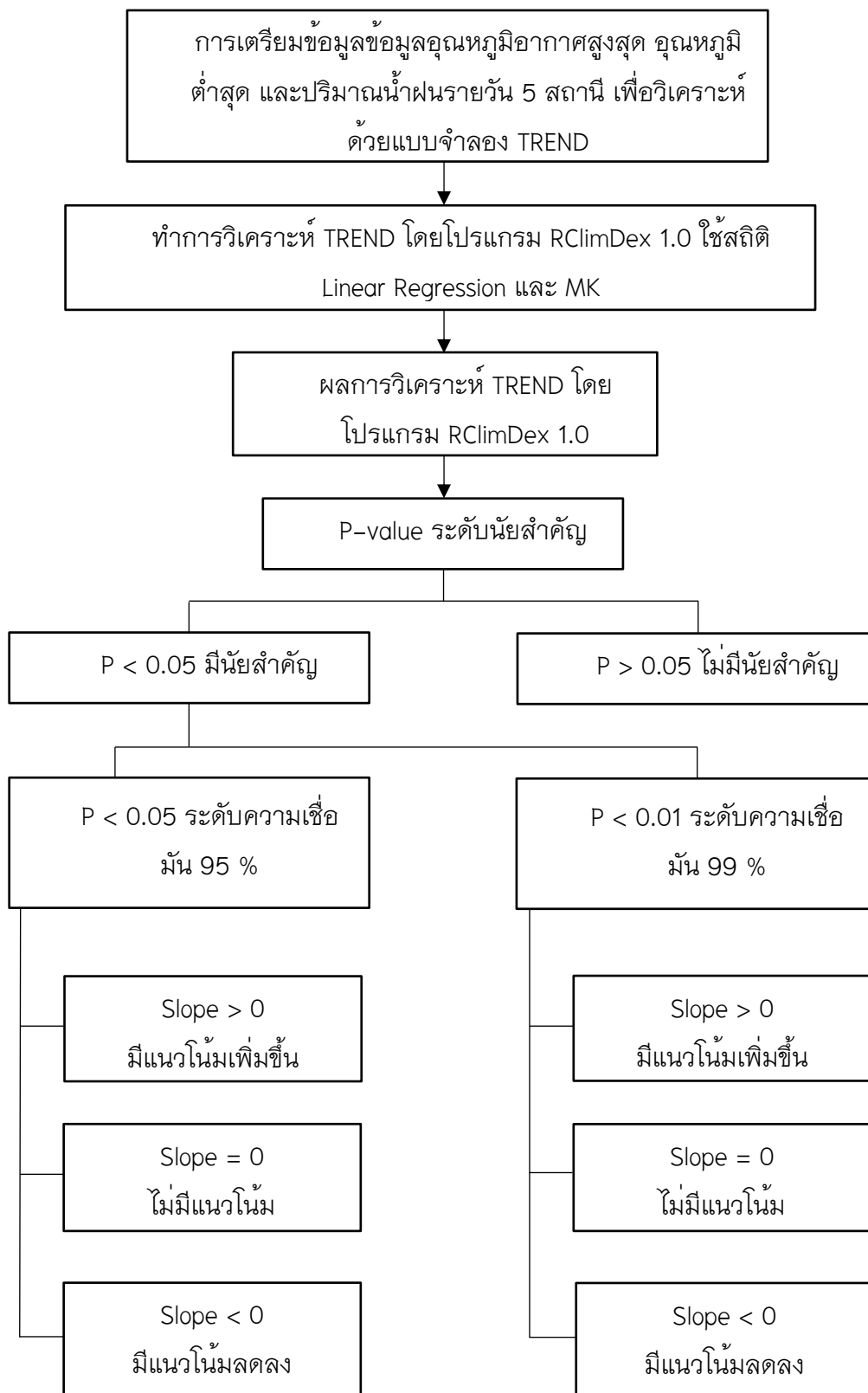
ลำดับ	ดัชนี	ความหมาย	หน่วย
อุณหภูมิ			
1	TXmean	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดรายปี	°C
2	TNmean	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดรายปี	°C
3	Max Tmax (TXx)	ค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดรายวัน	°C
4	Min Tmax (TXn)	ค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดรายวัน	°C
5	Max Tmin (TNx)	ค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน	°C
6	Min Tmin (TNn)	ค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน	°C
7	Diurnal temperature range (DTR)	ความแตกต่างระหว่างช่วงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด	°C
8	Cool days (TX10p)	วันที่อุณหภูมิสูงสุด ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10	Days
9	Warm days (TX90p)	วันที่อุณหภูมิสูงสุด สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	Days
10	Cool nights (TN10p)	วันที่อุณหภูมิต่ำสุด ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10	Days
11	Warm nights (TN90p)	วันที่อุณหภูมิต่ำสุด สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90	Days
12	SU35	จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C ในรอบปี	Days
13	TR25	จำนวนคืนที่อุณหภูมิสูงกว่า 25°C ในรอบปี	Days
14	Warm spell duration indicator (WSDI)	จำนวนวันต่อเนื่องอย่างน้อย 6 วันที่อุณหภูมิสูงสุด สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 ในรอบปี	Days
15	Cold spell duration indicator (CSDI)	จำนวนวันต่อเนื่องอย่างน้อย 6 วันที่อุณหภูมิต่ำสุด ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 ในรอบปี	Days

ตาราง 2 (ต่อ)

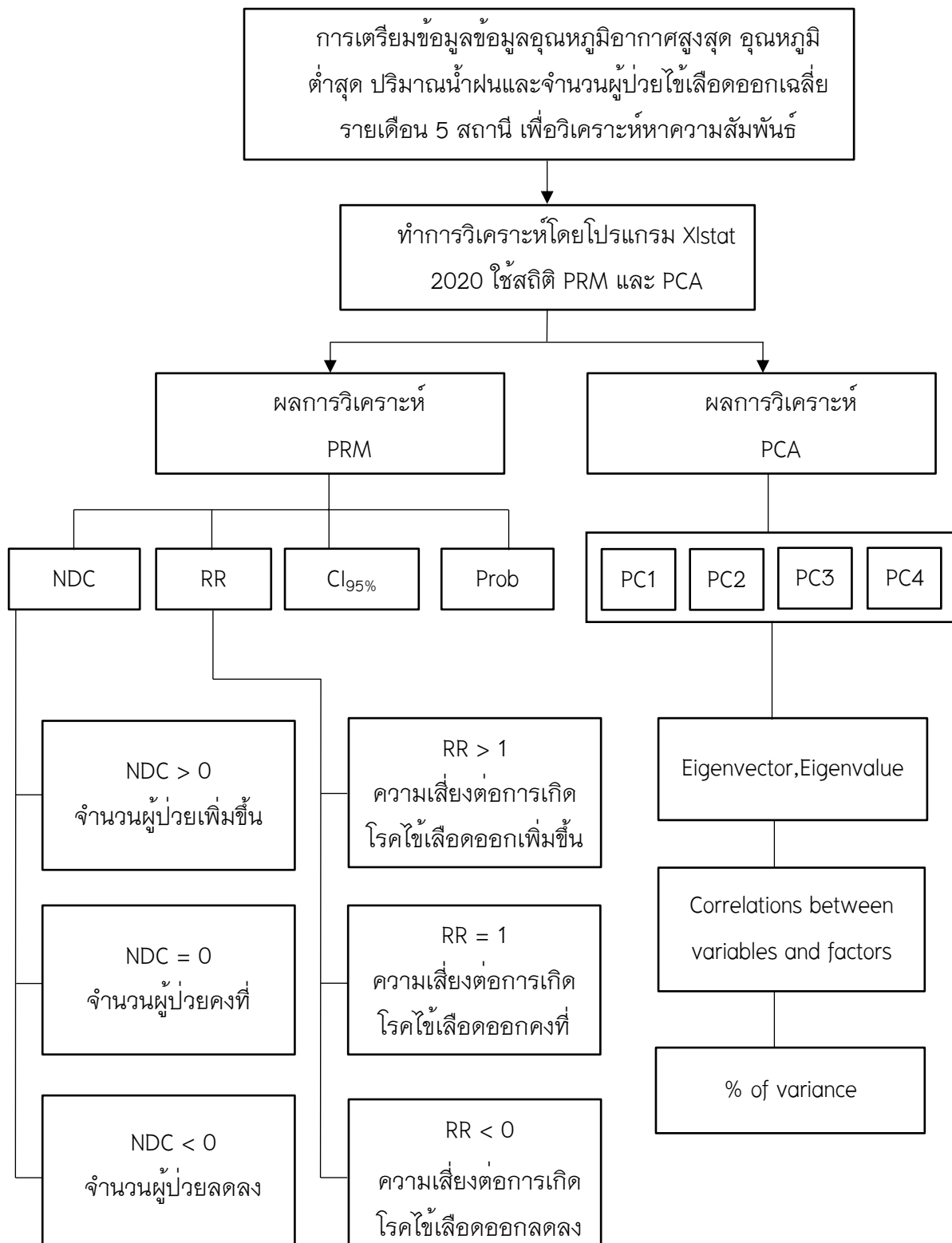
ลำดับ	ดัชนี	ความหมาย	หน่วย
ปริมาณน้ำฝน			
1	Simple daily intensity index (SDII)	ปริมาณฝนรวมรายปีต่อจำนวนวันฝนตกรวม (นิยามจาก $PRCP \geq 1 \text{ mm}$)	mm/day
2	Max 1-day precipitation amount (RX1day)	ฝนรวมรายเดือน สูงสุดในรอบ 1 วัน	mm
3	Max5-day precipitation amount (Rx5day)	ฝนรวมรายเดือน สูงสุดในรอบ 5 วัน	mm
4	Very wet days (R95p)	ปริมาณฝนรวมในรอบปีของเหตุการณ์ฝนที่มากกว่าค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95	mm
5	Extremely wet days (R99p)	ปริมาณฝนรวมในรอบปีของเหตุการณ์ฝนที่มากกว่าค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 99	mm
6	Annual total wet-day precipitation (PRCPTOT)	ปริมาณฝนรวมรายปี (มากกว่า 1 mm)	mm
7	Number of heavy precipitation days (R10)	จำนวนวันในรอบปีที่ฝนตกมากกว่า 10 mm	Days
8	Number of very heavy precipitation days (R20)	จำนวนวันในรอบปีที่ฝนตกมากกว่า 20 mm	Days
9	Consecutive dry days (CDD)	จำนวนวันสูงสุดที่ปริมาณฝนน้อยกว่า 1 mm อย่างต่อเนื่อง	Days
10	Consecutive wet days (CWD)	จำนวนวันสูงสุดที่ปริมาณฝนมากกว่า 1 mm อย่างต่อเนื่อง	Days

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทาง

อุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกของประเทศไทย ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาสำหรับการศึกษานี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) และอุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 โดยใช้การวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยปัวส์ซอง (Poisson Regression Model: PRM) โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกเป็นตัวแปรตาม (dependent variable) ส่วนปริมาณน้ำฝน T_{max} และ T_{min} เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) เพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรให้เหลือจำนวนน้อยลง แต่สามารถอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ในฐานข้อมูลเดิมโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ตามภาพประกอบ 6 และ 7



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในประเทศไทย



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทาง
อุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์การถดถอย

Linear Regression คือ สมการที่ใช้ในรูปแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระดังต่อไปนี้

$$y = a + bx$$

ในที่นี้ x คือตัวแปรอิสระและ y คือตัวแปรตาม a และ b คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{N\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

สมการสำหรับการคำนวณค่า a และ b

$$a = \bar{y} - bx$$

$$b = \frac{\sum xy - \sum \bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

2. การทดสอบของแมนน์-เคนดอลล์

Mann-Kendall test เป็นการทดสอบทางสถิติแบบไม่มีพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายสำหรับการใช้วิเคราะห์หาแนวโน้มของอนุกรมเวลาของข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา โดยกำหนดใช้ระดับความเชื่อมั่น (confidence levels) ที่ร้อยละ 90 ร้อยละ 95 และร้อยละ 99 ในการจัดกลุ่มแนวโน้มที่มีนัยสำคัญของแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและแนวโน้มที่ลดลงสำหรับอนุกรม $x = \{x_1, x_2, x_3\}$ สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทางจะมีการแจกแจงของ x_i และ x_j ซึ่งจะมีค่าไม่เหมือนกันกับทุกค่าของ $i, j \leq n$ ด้วย $i \neq j$ สถิติทดสอบ S คำนวณ โดยสมการดังนี้

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

เมื่อ

$$\text{sgn} = (x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{if } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{if } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{if } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของสถิติทดสอบ S ดังนี้

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18}$$

การแจกแจงความโน้มเอียงของ S และแนวโน้มที่มีนัยสำคัญสามารถทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบค่าตัวแปรมาตรฐาน Z ด้วยการแจกแจงปกติของตัวแปรสุ่มที่ระดับนัยสำคัญที่ต้องการด้วยการเพิ่มขึ้นและลดลงหนึ่งหน่วยซึ่งเขียนได้ดังนี้

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

ค่าบวกของ Z เป็นการแสดงถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าลบของ Z แสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง เมื่อทำการทดสอบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ระดับนัยสำคัญ (p-value) ซึ่งในงานวิจัย นี้ใช้การวิเคราะห์แนวโน้มอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 90 ($p < 10$), ร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และร้อยละ 99 ($p < 0.01$)

3. แบบจำลองการถดถอยปัวซอง

Poisson Regression Model (PRM) ถูกนำไปใช้กับตัวแปรทางอรรถุณิยวิทยาในการหาความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกเป็นตัวแปรตาม T_{\max} , T_{\min} และ Rain เป็นตัวแปรอิสระ การคำนวณ PRM สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\log \lambda(t) = \alpha + \sum_l \beta_l * (X)$$

เมื่อ $\lambda(t)$ คือ ตัวแปรตาม

X คือ ตัวแปรอิสระ

α คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอย

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

ต่อมาใช้ค่า α กับ β เพื่อคำนวณการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนผู้ป่วย
ไข้เลือดออก (NDC) ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) กับค่าความเชื่อมั่น (CI) และความน่าจะเป็น
($Prob$) โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$NDC = [(\exp^{\beta * X}) - 1] * 100$$

โดยที่ NDC อยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ (%)

$$RR = \exp^{\beta * X}$$

$$CI_{95\%} = \exp[\beta \pm 1.96 * se(\beta)]$$

โดยที่ $se(\beta)$ คือค่าความคลาดเคลื่อนของ β

$$Prob = \frac{1}{1 + e^{-\pi(\alpha + \beta * X)}}$$

โดยที่ความน่าจะเป็นอยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ (%) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้
โปรแกรม Microsoft Excel 356 และ Xlstat 2020 และกำหนดระดับที่มีนัยสำคัญทั้งหมดได้
ที่ร้อยละ 95

4. วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

Principle component analysis (PCA) มีหลักการบนพื้นฐานการสกัดและแยก
ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้อยู่ในรูปฟังก์ชันพื้นฐานของ Orthogonal (Eigenvalue/Eigenvector)
ด้วยการแปลงเชิงเส้นตรง เพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรให้เหลือจำนวนน้อยลง แต่สามารถ
อธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ในฐานข้อมูลเดิม โดย PCA ของเมตริกซ์ข้อมูล $F(t,x)$
สำหรับตัวแปร t ($t = t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$) ที่ตำแหน่ง x ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$) ในกรณีของการศึกษา
คือ ดัชนีตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยารายเดือนของทุกสถานีสามารถแสดงในสมการ

$$F_{(t,x)} = \sum_{j=1}^p a_j(t) [u_j(x)]$$

โดยที่	p	คือ จำนวนโหนดของ $u_j(x)$
	$a_j(t)$	คือ Principal score ในโหนด j
	$a_1 u_1$	คือ ผลรวมเชิงเส้นโหนดที่ 1 ของเมตริกซ์ F ที่มีความแปรปรวน
สูงสุด	$a_2 u_2$	คือ ผลรวมเชิงเส้นโหนดที่ 2 ของเมตริกซ์ F ที่มีความแปรปรวนเป็น

ลำดับที่ 2 ทั้งนี้แต่ละโหนดที่ถูกสกัดออกจากฐานข้อมูลเดิม เป็นอิสระต่อกัน หรือมีคุณสมบัติ Orthogonality ซึ่งผลรวมความแปรปรวนในแต่ละโหนด จะเท่ากับ ความแปรปรวนในฐานข้อมูลเดิม โดยปกติความแปรปรวนส่วนใหญ่เกิดขึ้นในโหนดแรก ๆ ของ PCA วิธี PCA คำนวณจากเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) ของฐานข้อมูลเดิม เพื่อจำแนกข้อมูลเดิมออกเป็นค่า Eigenvalue, Eigenvector และ Principal score สมการสำหรับการวิเคราะห์ PCA สรุปได้ดังนี้

$$Z * E = E * L$$

$$(Z - L) * E = 0$$

$$A = Z * E$$

$$E * E^T = E^T * E = I$$

$$A^T * A = L$$

โดยที่	Z	คือ เมตริกซ์ขนาด $n \times p$ โดย n =เวลา และ p =สถานีทั้งหมด
	E	คือ เมตริกซ์ของ Eigenvector ขนาด $p \times p$
	L	คือ เมตริกซ์ทแยงของ Eigenvalue ขนาด $p \times p$ โดยตำแหน่ง offdiagonal มีค่าเป็นศูนย์
	A	คือ เมตริกซ์ของ principal score ขนาด $p \times p$
	I	คือ เมตริกซ์ทแยงที่ตำแหน่ง diagonal มีค่าเป็นหนึ่ง ในขณะที่ตำแหน่ง offdiagonal มีค่าเป็นศูนย์

บทที่ 4

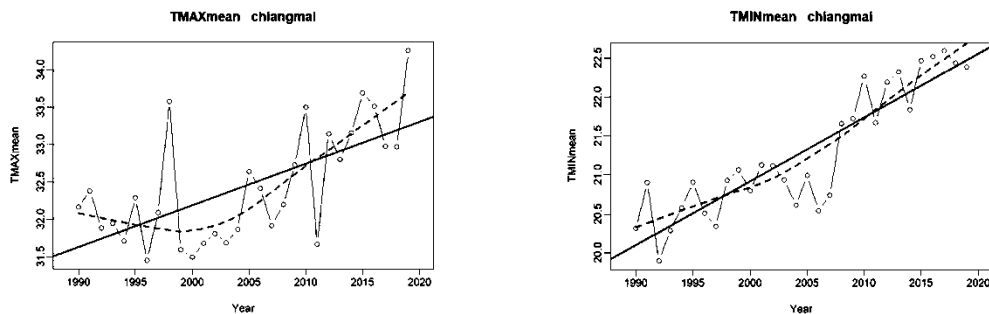
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีทางภูมิอากาศ 26 ชนิด ซึ่งเป็นดัชนีเกี่ยวกับความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในช่วง 30 ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ทำการศึกษาในช่วง 17 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ข้อมูลผู้ป่วยไข้เลือดออกได้จากกระทรวงสาธารณสุข พื้นที่ศึกษามีจำนวน 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสงขลา โดยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้ 1. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 2. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน 3. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและโรคไข้เลือดออก

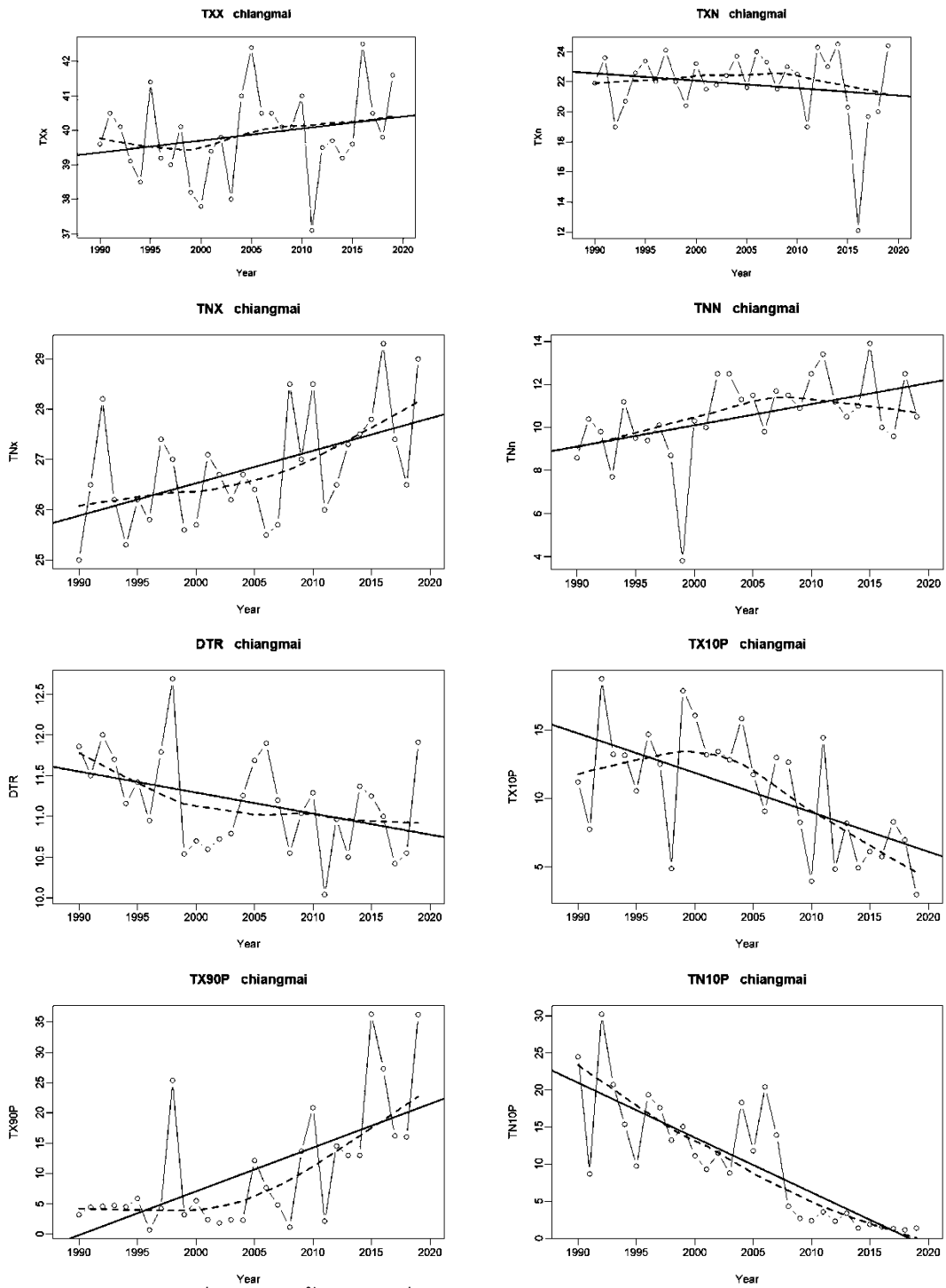
ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

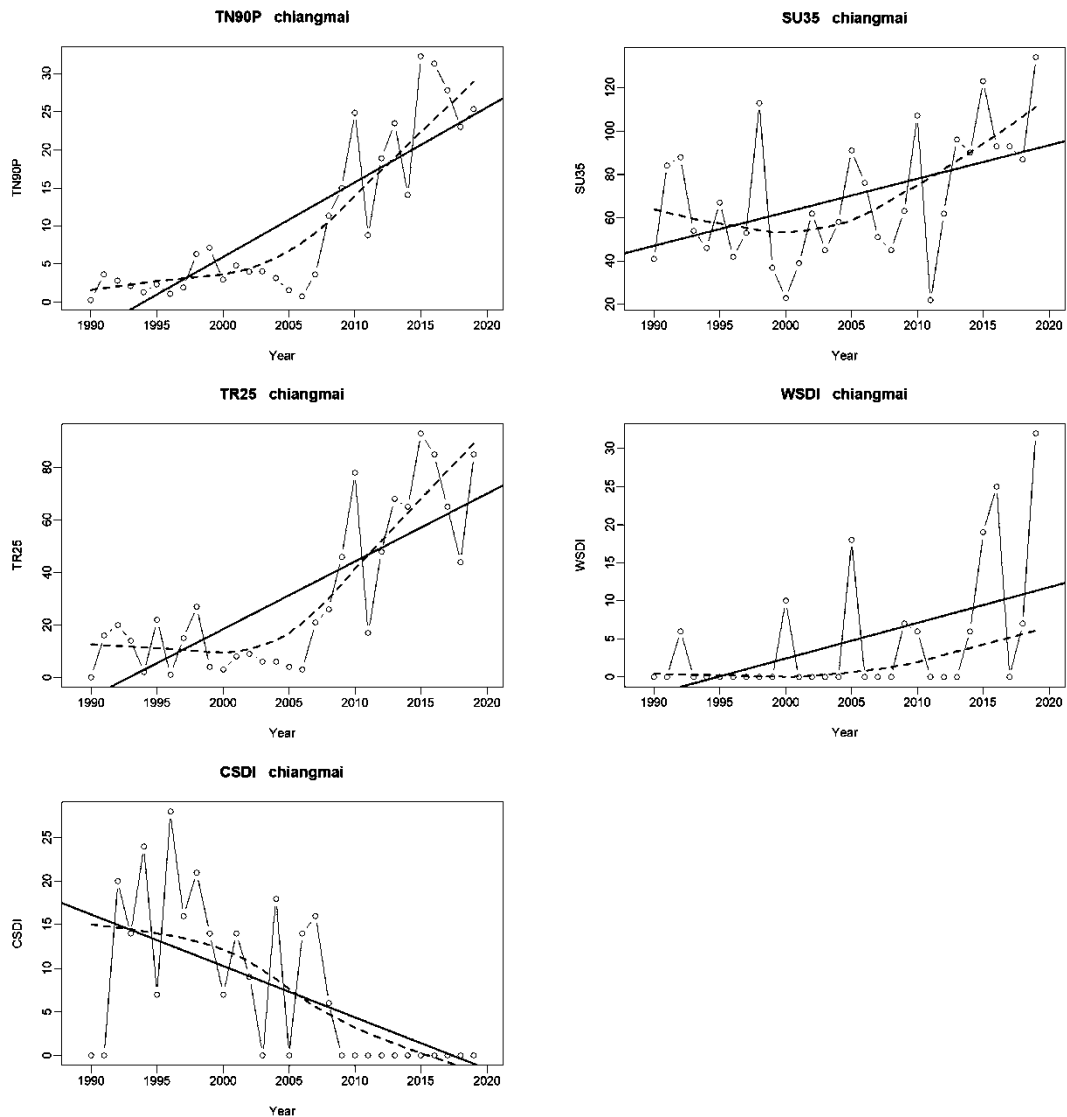
1. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในจังหวัดเชียงใหม่ ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 8 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990-2019 ในจังหวัดเชียงใหม่



ภาพประกอบ 8 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของอุทกภัยใน
จังหวัดเชียงใหม่ ค.ศ. 1990–2019

จากภาพประกอบ 8 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสถานะความรุนแรงอุทกภัยในจังหวัดเชียงใหม่ 15 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 10 ตัวแปร คิดเป็น 66% ได้แก่ TXmean, TNmean, TXx, TNx, TNn, TX90p, TN90p, SU35, TR25 และ WSDI และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 5 ตัวแปร คิดเป็น 34% ได้แก่ TXn, DTR, TX10p, TN10p และ CSDI จากการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่ดัชนีสถานะความรุนแรงของอุทกภัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น บ่งชี้ได้ว่า

อุณหภูมิของจังหวัดเชียงใหม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิมี่แนวโน้มลดลงจะเป็นดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็น

ตาราง 3 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในจังหวัดเชียงใหม่

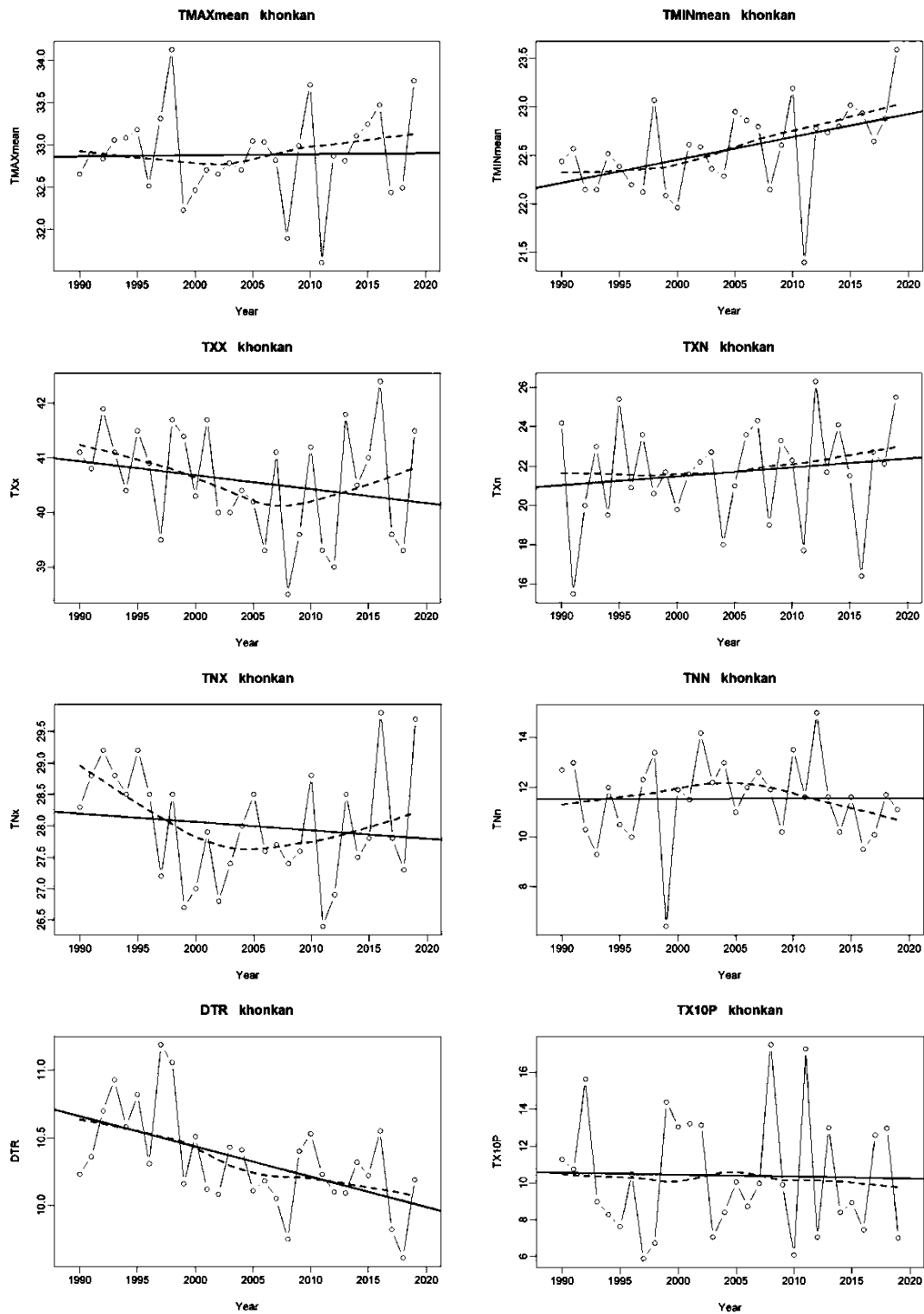
Indices	TXmean	TNmean	TXx	TXn	TNx	TNn	DTR	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	SU35	TR25	WSDI	CSDI
Slope	0.06	0.08	0.03	-0.05	0.06	0.10	-0.03	-0.29	0.72	-0.74	0.98	1.55	2.58	0.47	-0.59
SD	0.01	0.01	0.03	0.05	0.02	0.04	0.01	0.08	0.17	0.10	0.12	0.56	0.41	0.16	0.16
P-value	0.00**	0.00**	0.20	0.35	0.00**	0.01*	0.04*	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.01**	0.00**	0.01**	0.00**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

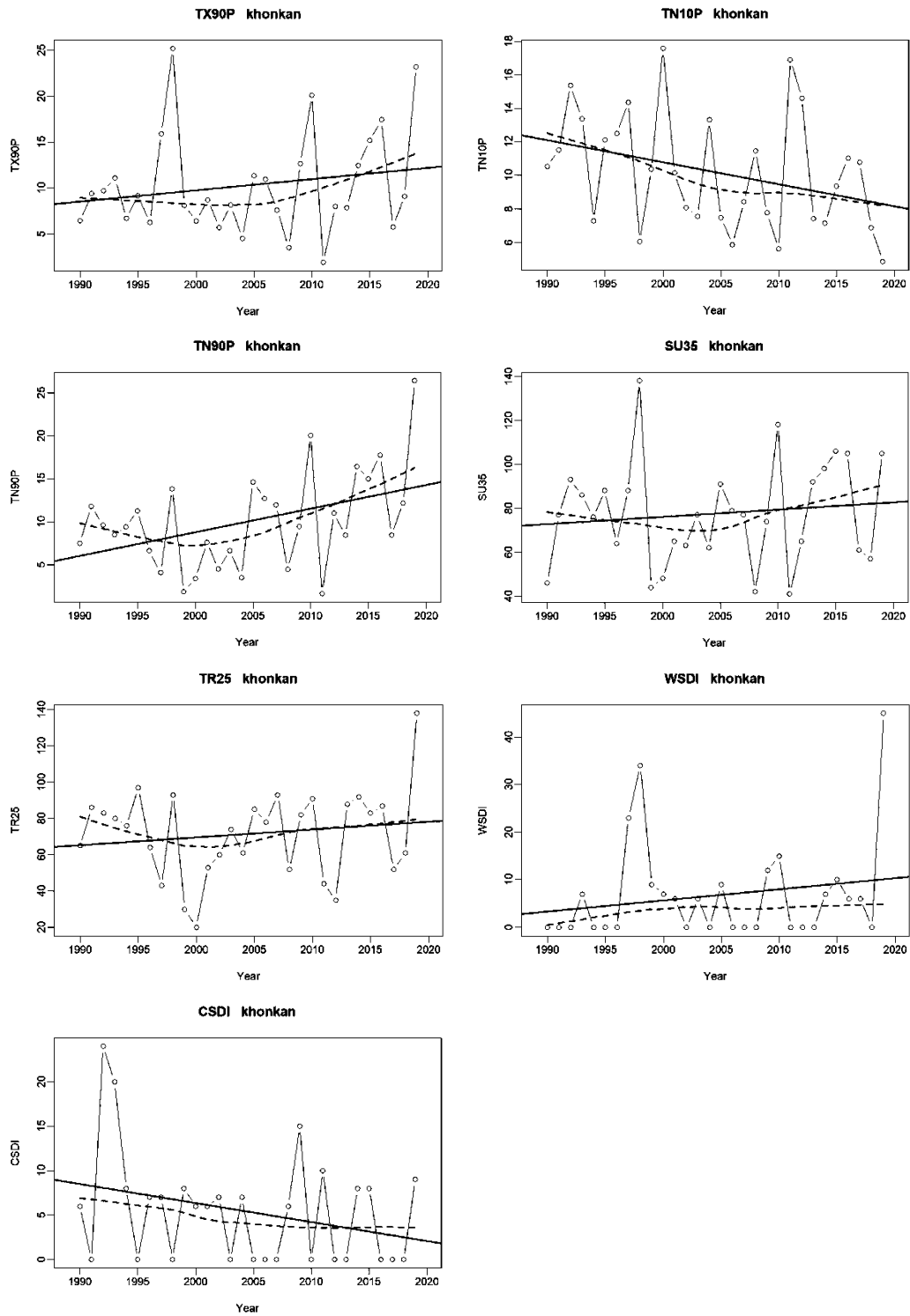
จากตาราง 3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์อุณหภูมิสูงสุดรายวันและต่ำสุดรายวัน พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ได้แก่ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TXmean, TNmean, TNx, TNn มีค่าเพิ่มขึ้น 0.6°C/10 ปี 0.8°C/10 ปี 0.6°C/10 ปีและ 1°C/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้น ได้แก่ TX90p, TN90p, SU35, TR25, WSDI มีค่าเพิ่มขึ้น 7.2 วัน/10 ปี 9.8 วัน/10 ปี 15.5 วัน/10 ปี 25.8 วัน/10 ปี และ 4.7 วัน/10 ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบ แนวโน้มที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ DTR มีค่าแนวโน้มลดลง 0.3°C/10 ปี อีกเช่นกันดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ ได้แก่ TX10p, TN10p, CSDI มีค่าแนวโน้มลดลง 2.9 วัน/10 ปี 7.4 วัน/10 ปี และ 5.9 วัน/10 ปี ตามลำดับ ส่วนดัชนีที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ TXx, TXn, มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.3°C/10 ปี และแนวโน้มลดลง 0.5°C/10 ปี ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่าดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TNn (1°C/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TR25 (25.8 วัน/10 ปี) ส่วนดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ DTR (0.3°C/10 ปี) และดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ TN10p (4 วัน /10 ปี)

2. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจังหวัด

ขอนแก่น ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน
จังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 1990-2019



ภาพประกอบ 9 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีภาวะความรุนแรงของ
อุทกภัยในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 1990-2019

จากภาพประกอบ 9 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิจังหวัดขอนแก่น 15 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 9 ตัวแปร คิดเป็น 60% ได้แก่ TXmean, TNmean, TXn, TNn, TX90p, TN90p, SU35, TR25, WSDI และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 6 ตัวแปร คิดเป็น 40% ได้แก่ TXx, TNx, DTR, TX10p, TN10p, CSDI ซึ่งดัชนีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนี้เป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศอบอุ่นและดัชนีที่มีแนวโน้มลดลงจะเป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็น แสดงให้เห็นอุณหภูมิของจังหวัดขอนแก่นส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น

ตาราง 4 แสดงแนวโน้มของดัชนีสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิในจังหวัดขอนแก่น

Indices	TXmean	TNmean	TXx	TXn	TNx	TNn	DTR	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	SU35	TR25	WSDI	CSDI
Slope	0.01	0.02	-0.03	0.05	-0.01	0.01	-0.02	-0.01	0.12	-0.13	0.27	0.33	0.44	0.23	-0.21
S.D.	0.01	0.01	0.02	0.06	0.02	0.04	0.01	0.07	0.12	0.07	0.11	0.50	0.51	0.22	0.13
P-value	0.91	0.01**	0.23	0.43	0.48	0.98	0.00**	0.88	0.30	0.07	0.02*	0.52	0.41	0.31	0.10

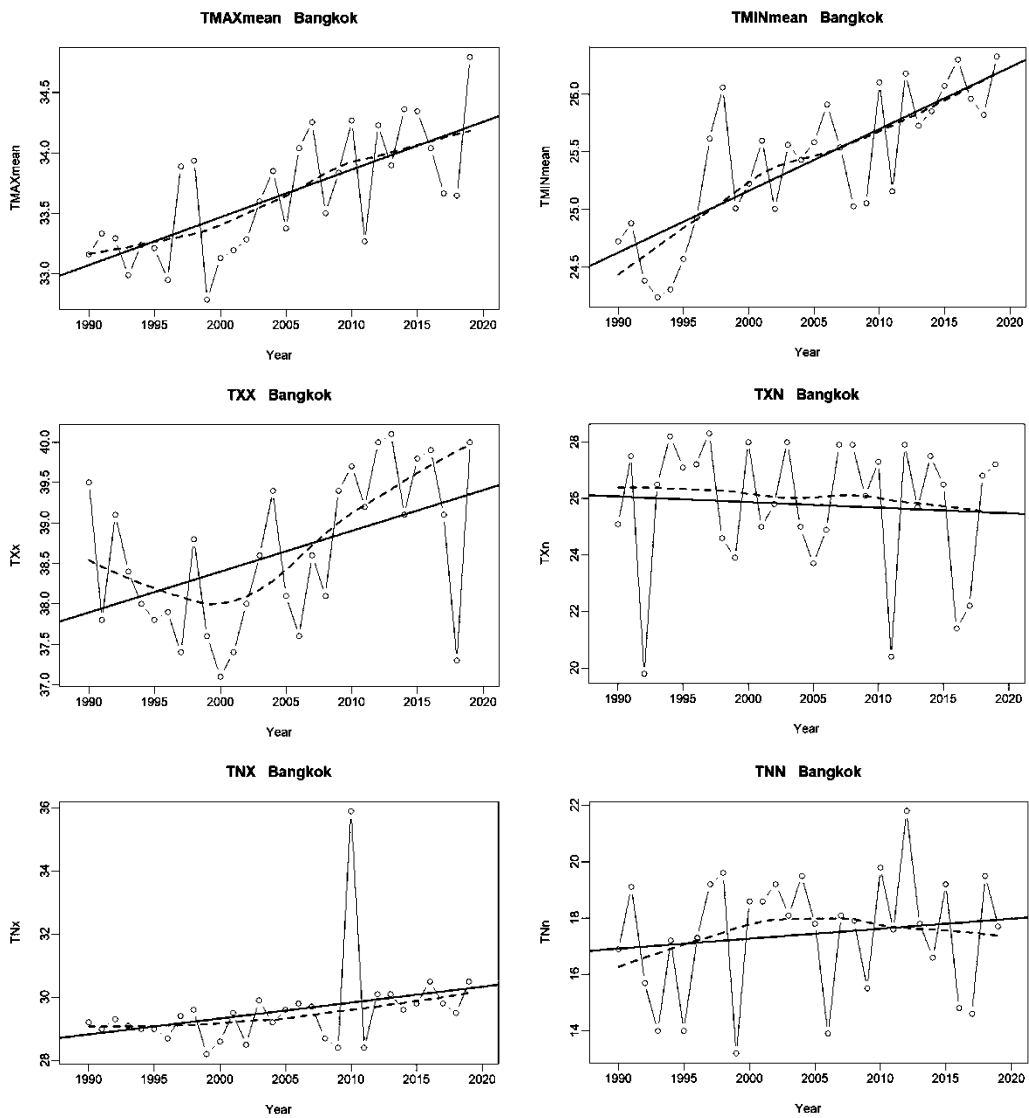
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

จากตาราง 4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์อุณหภูมิสูงสุดรายวันและต่ำสุดรายวัน พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ได้แก่ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TNmean มีค่าเพิ่มขึ้น 0.2°C/10 ปี ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้น ได้แก่ TN90p มีค่าเพิ่มขึ้น 2.7 วัน/10 ปี นอกจากนั้นยังพบแนวโน้มที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ DTR มีค่าลดลง 0.2°C/10 ปี ไม่พบดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ ส่วนดัชนีที่ไม่นัยสำคัญทางสถิติ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TXmean, TXn, TNn มีค่าเพิ่มขึ้น 0.1°C/10 ปี, 0.5°C/10 ปี และ 0.1°C/10 ปี ตามลำดับ ส่วน TX และ TNx มีค่าลดลง 0.3°C/10 ปี และ 0.1°C/10 ปี ตามลำดับ และดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้น ได้แก่ TX90p, SU35, TR25, WSDI มีค่าเพิ่มขึ้น 1.2 วัน/10 ปี, 3.3 วัน/10 ปี, 4.4 วัน/10 ปี และ 2.3 วัน/10 ปี และ TX10p, TN10p, CSDI มีค่าลดลง 0.1 วัน/10 ปี, 1.3 วัน/10 ปี และ 2.1 วัน/10 ปี ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่าดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มสัมบูรณ์เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TNmean (0.1°C/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่า

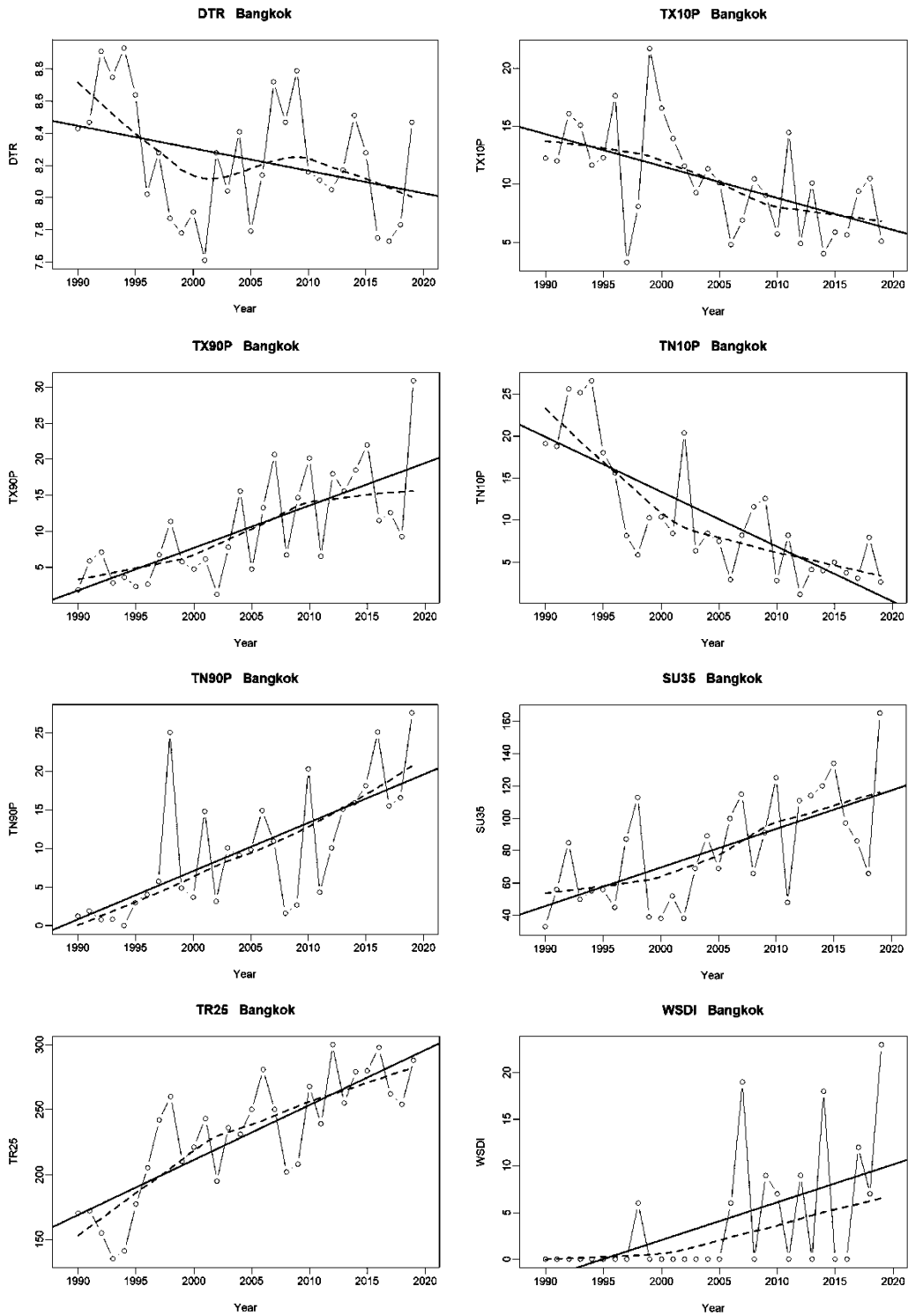
แนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TN90p (1.3 วัน/10 ปี) ส่วนแนวโน้มลดลงดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มสัมบูรณ์อย่างมีนัยสำคัญ คือ DTR ($0.2^{\circ}\text{C}/10$ ปี)

3. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจังหวัด

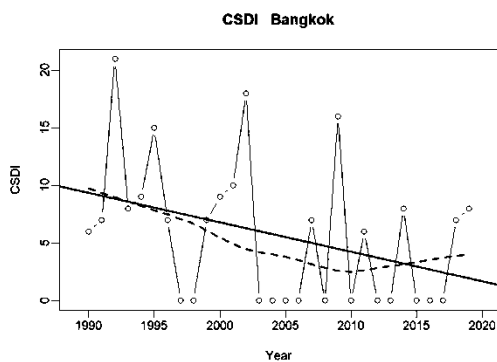
กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิใน
จังหวัดกรุงเทพมหานคร ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 10 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของ
 ฤดูหฤภูมิในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ค.ศ. 1990-2019



ภาพประกอบ 10 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของ
อุณหภูมิจังหวัดกรุงเทพมหานคร ค.ศ. 1990–2019

จากภาพประกอบ 10 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิจังหวัดกรุงเทพมหานคร 15 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 10 ตัวแปร คิดเป็น 66% ได้แก่ TXmean, TNmean, TXx, TNx, TNn, TX90p, TN90p, SU35, TR25, WSDI และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 5 ตัวแปร คิดเป็น 44% ได้แก่ TXn, DTR, TX10p, TN10p, CSDI ซึ่งดัชนีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่เป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศอบอุ่นและดัชนีที่มีแนวโน้มลดลงจะเป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็น แสดงให้เห็นอุณหภูมิของจังหวัดกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น

ตาราง 5 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิจังหวัด
กรุงเทพมหานคร

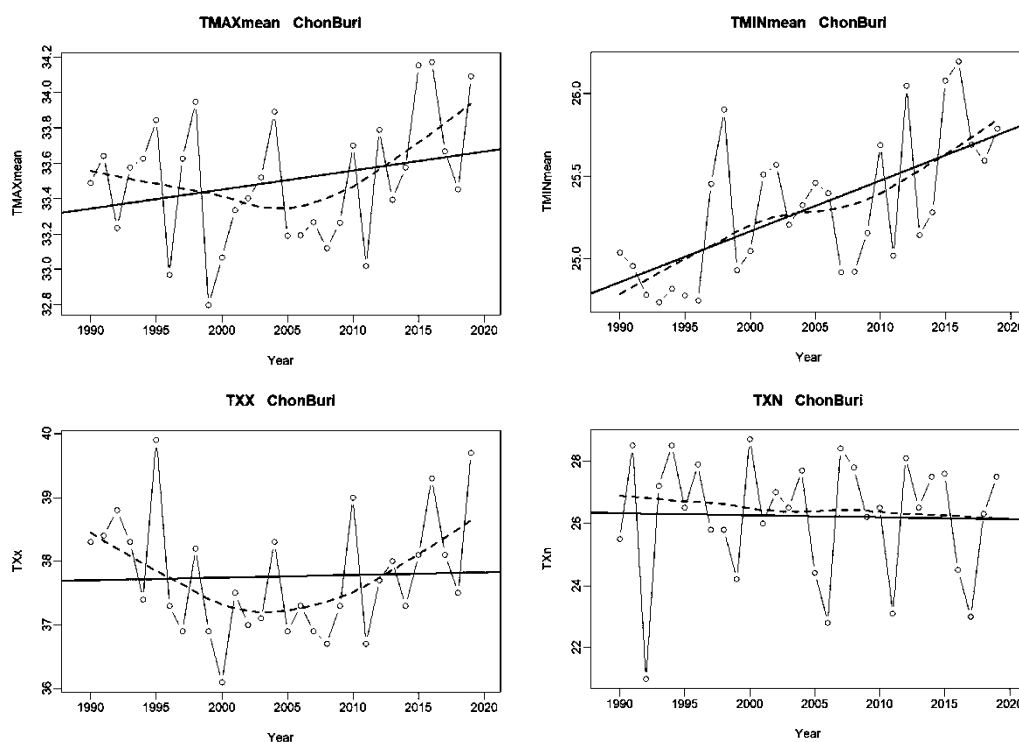
Indices	TXmean	TNmean	TXx	TXn	TNx	TNn	DTR	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	SU35	TR25	WSDI	CSDI
Slope	0.04	0.05	0.05	-0.02	0.05	0.04	-0.01	-0.28	0.59	-0.65	0.63	2.39	4.23	0.41	-0.26
S.D.	0.01	0.01	0.02	0.05	0.03	0.05	0.01	0.08	0.11	0.10	0.13	0.57	0.59	0.12	0.12
P-value	0.00**	0.00**	0.01**	0.70	0.08	0.44	0.08	0.0**	0.0**	0.0**	0.0**	0.0**	0.0**	0.0**	0.04*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

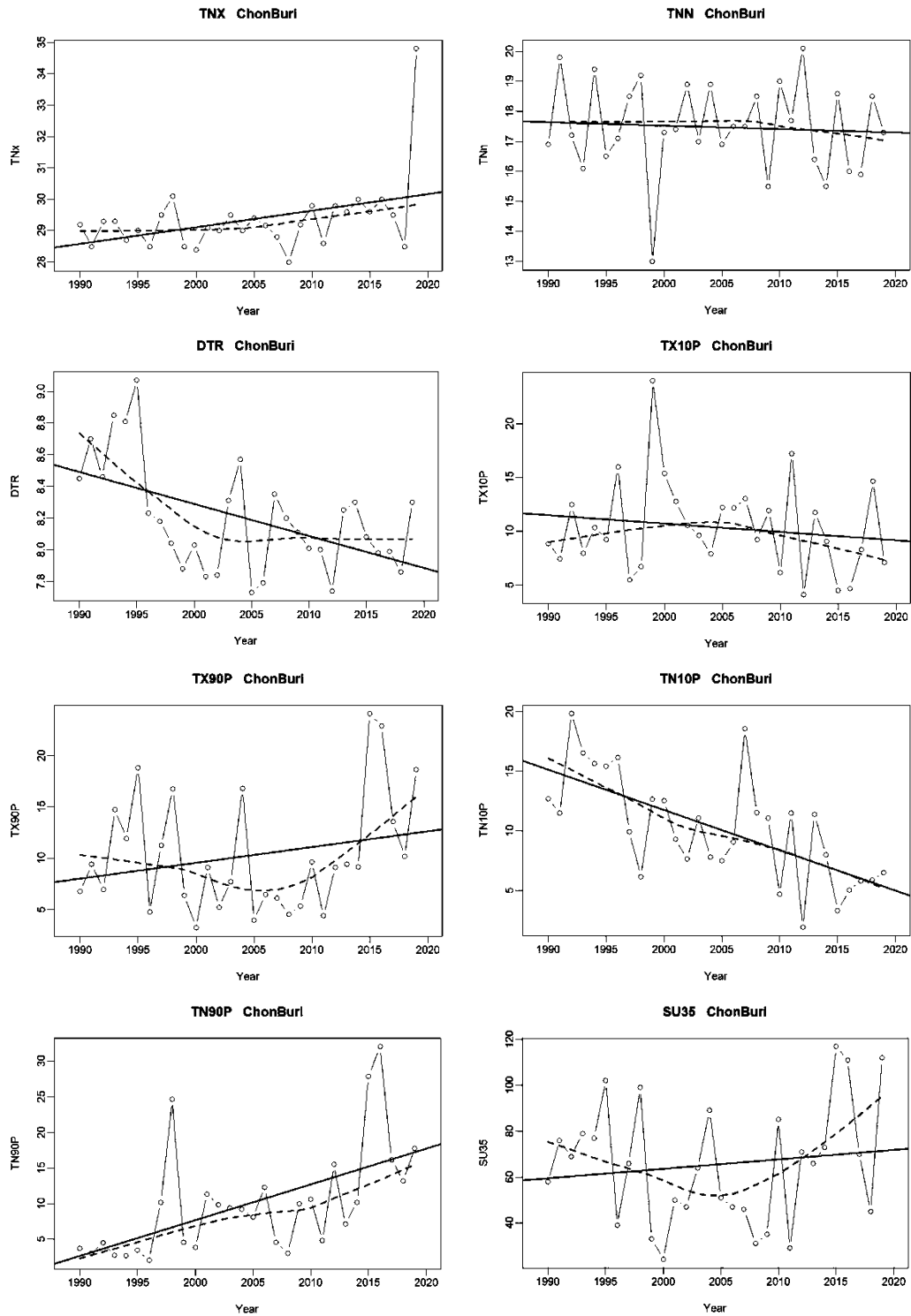
จากตาราง 5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิจังหวัดกรุงเทพมหานครที่ได้จากการวิเคราะห์อุณหภูมิสูงสุดรายวันและต่ำสุดรายวัน พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ได้แก่ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TXmean, TNmean, TXx มีค่าเพิ่มขึ้น 0.4°C/10 ปี,

0.5°C/10 ปี และ 0.5°C/10 ปี ตามลำดับและดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้นได้แก่ TX90p, TN90p, SU35, TR25, WSDI เพิ่มขึ้น 5.9 วัน/10 ปี, 6.3 วัน/10 ปี, 23.9 วัน/10 ปี, 42.3 วัน/10 ปี และ 4.1 วัน/10 ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 คือดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TX10p, TN10p, CSDI มีค่าลดลง 2.8 วัน/10 ปี, 6.5 วัน/10 ปี และ 2.6 วัน/10 ปี ตามลำดับ ส่วนดัชนีที่ไม่ใช่สำคัญทางสถิติทั้งหมดเป็นดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TNx และ TNn มีค่าเพิ่มขึ้น 0.5°C/10 ปี และ 0.4°C/10 ปี ตามลำดับ ส่วน TXn และ DTR มีค่าลดลง 0.2°C/10 ปี และ 0.1°C/10 ปี ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่าดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TNmean (0.5°C/10 ปี) ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TR25 (42.3 วัน/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ TN10p(6.5 วัน/10 ปี)

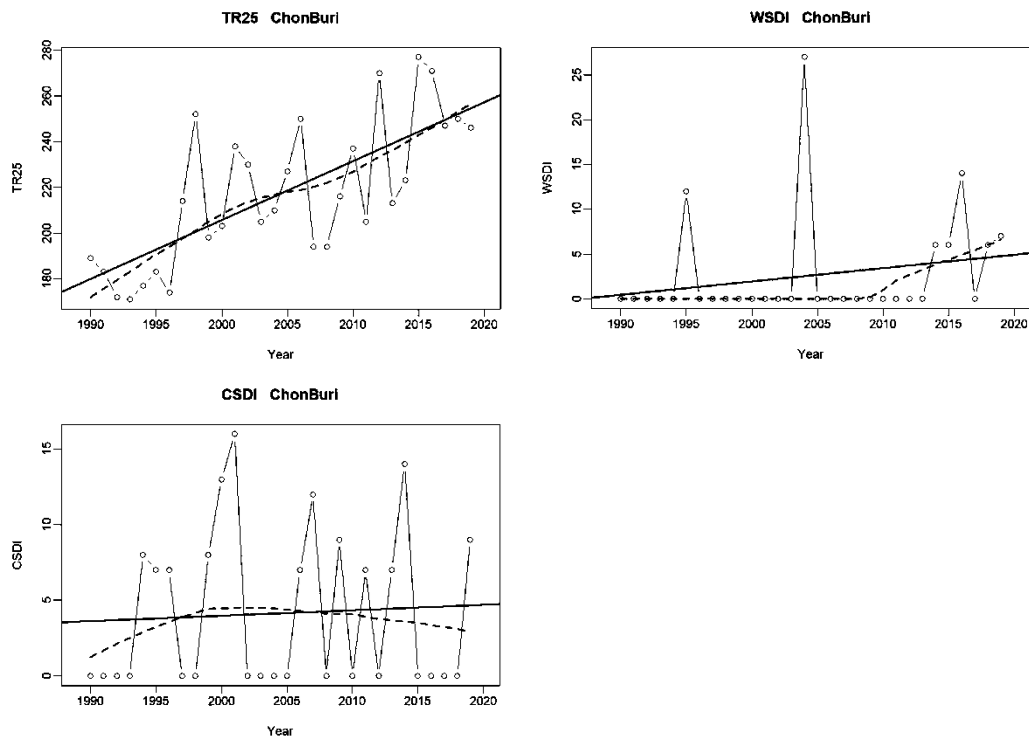
4. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ จังหวัดชลบุรี ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 11 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของ
 อุณหภูมิจังหวัดชลบุรี ค.ศ. 1990-2019



ภาพประกอบ 11 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของ
อุทกภัยจังหวัดชลบุรี ค.ศ. 1990–2019

จากภาพประกอบ 11 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุทกภัยจังหวัดชลบุรี 15 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 10 ตัวแปร คิดเป็น 66% ได้แก่ TXmean, TNmean, TXx, TNx, TX90p, TN90p, SU35, TR25, WSDI, CSDI และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 5 ตัวแปร คิดเป็น 44% ได้แก่ TXn, TNn, DRT, TX10p, TN10p ซึ่งดัชนีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่เป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศอบอุ่นและดัชนีที่มีแนวโน้มลดลงจะเป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็น แสดงให้เห็นอุทกภัยของชลบุรีส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น

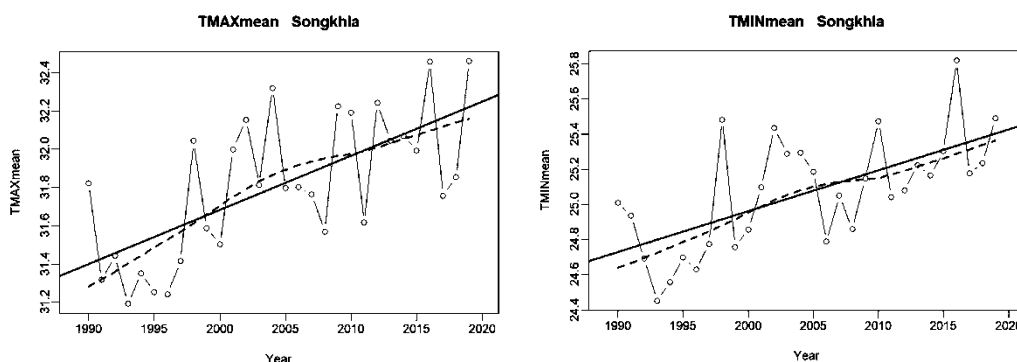
ตาราง 6 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุทกภัยในจังหวัดชลบุรี

Indices	TXmean	TNmean	TXx	TXn	TNx	TNn	DTR	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	SU35	TR25	WSDI	CSDI
Slope	0.01	0.03	0.01	-0.01	0.05	-0.01	-0.02	-0.08	0.15	-0.34	0.50	0.41	2.58	0.15	0.04
S.D.	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.09	0.12	0.07	0.13	0.56	0.46	0.12	0.11
P-value	0.16	0.00**	0.84	0.88	0.03*	0.73	0.00**	0.41	0.21	0.00**	0.00**	0.47	0.00**	0.24	0.75

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

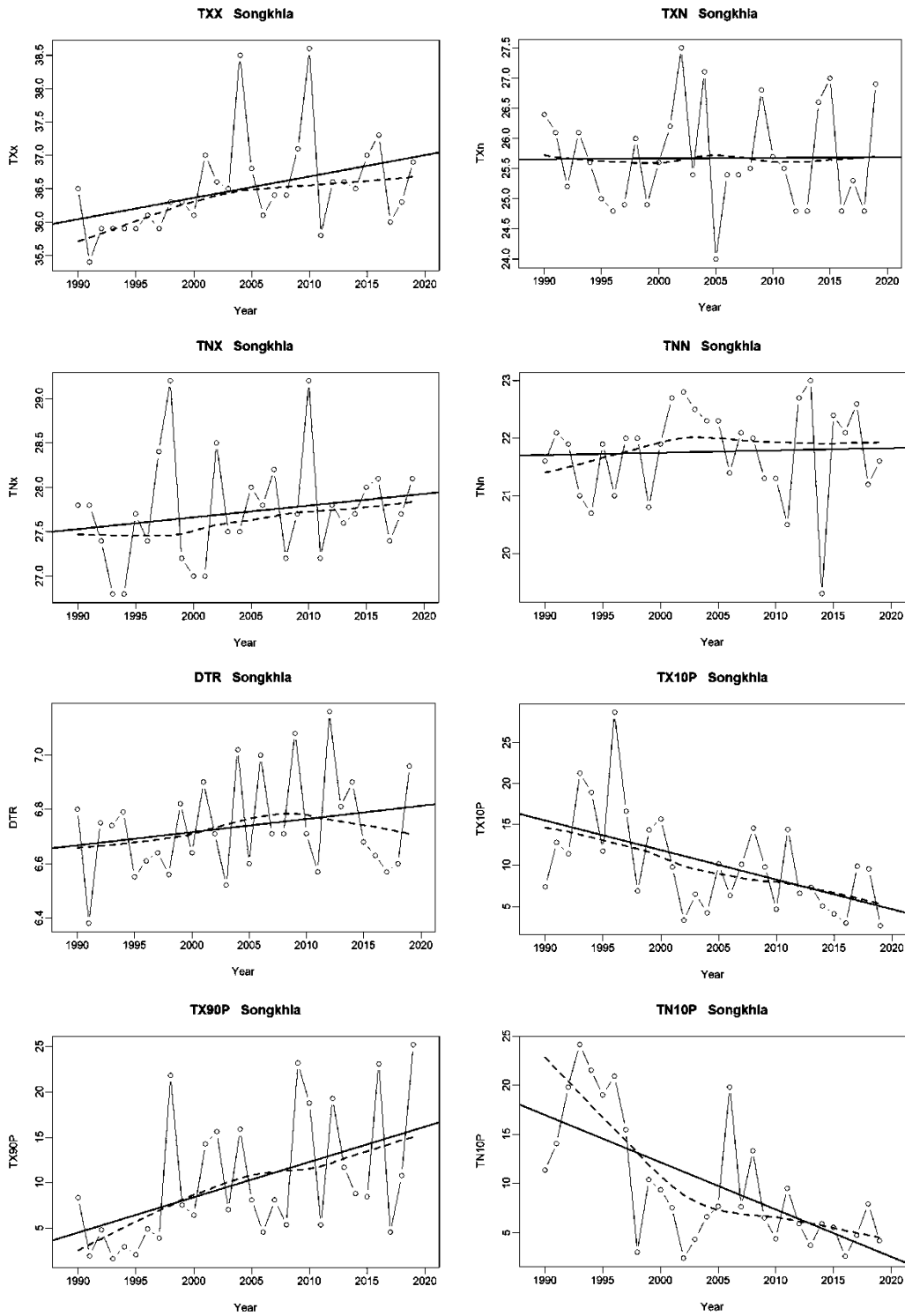
จากตาราง 6 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีภาวะความรุนแรงของ อุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์อุณหภูมิสูงสุดรายวันและต่ำสุดรายวัน พบว่า ส่วนใหญ่มี แนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ได้แก่ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอก ถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TNmean และ TNx มีค่าเพิ่มขึ้น $0.3^{\circ}\text{C}/10$ ปี และ $0.5^{\circ}\text{C}/10$ ปี ตามลำดับ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้นได้แก่ TN90p และ TR25 มีค่าเพิ่มขึ้น 5.0 วัน/10 ปี และ 25.8 วัน/10 ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มที่ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้ม ของอุณหภูมิ ได้แก่ DTR มีค่าลดลง $0.2^{\circ}\text{C}/10$ ปี อีกเช่นกันดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ ได้แก่ TN10p มีค่าลดลง 3.4 วัน/10 ปี ส่วนดัชนีที่ไม่เน้นสำคัญทางสถิติ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอก ถึงแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TXmean และ TXx มีค่าเพิ่มขึ้น $0.1^{\circ}\text{C}/10$ ปี และ $0.1^{\circ}\text{C}/10$ ปี ตามลำดับ ส่วน TXn และ TNn มีค่าลดลง $0.1^{\circ}\text{C}/10$ ปี และ $0.1^{\circ}\text{C}/10$ ปี ตามลำดับ และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ TX90p, SU35, WSDI, CSDI มีค่าเพิ่มขึ้น 1.5 วัน/10 ปี, 4.1 วัน/10 ปี, 1.5 วัน/10 ปี และ 0.4 วัน/10 ปี ตามลำดับและ TX10p มีค่า ลดลง 0.8 วัน/10 ปี ดังนั้นจะพบว่าดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมี นัยสำคัญ คือ TNx ($0.5^{\circ}\text{C}/10$ ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมี นัยสำคัญ คือ TR25 (25.8 วัน/10 ปี) ดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ DTR ($0.2^{\circ}\text{C}/10$ ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ TN10p (3.4 วัน/10 ปี)

5. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 12

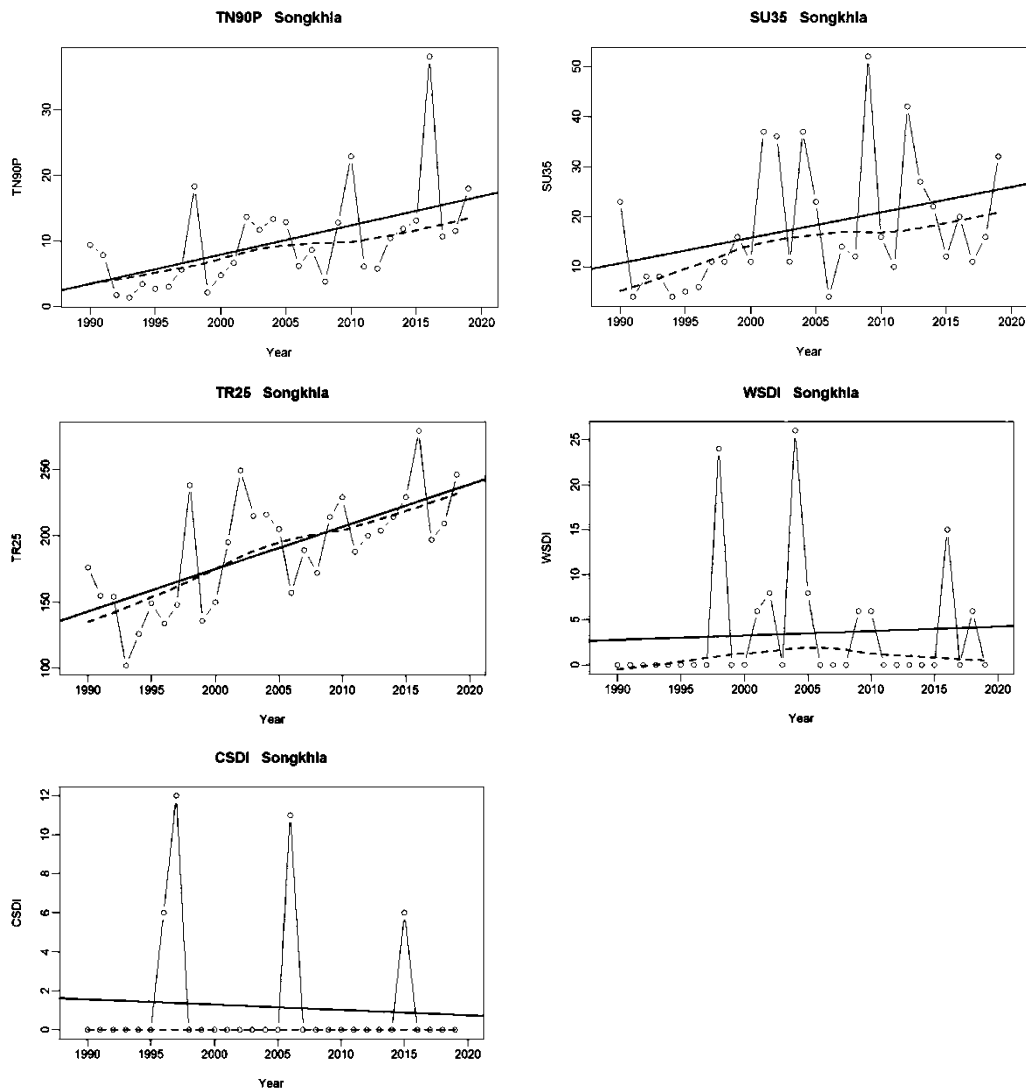


ภาพประกอบ 12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ

จังหวัดสงขลา ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 12 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีภาวะความรุนแรงของ
 อุณหภูมิจังหวัดสงขลา ค.ศ. 1990-2019



ภาพประกอบ 12 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของ
อุณหภูมิจังหวัดสงขลา ค.ศ. 1990–2019

จากภาพประกอบ 12 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิจังหวัดสงขลา 15 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 12 ตัวแปร คิดเป็น 80% ได้แก่ TXmean, TNmean, TXx, TXn, TNx, TNn, DTR, TX90p, TN90p, SU35, TR25, WSDI, CSDI และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 3 ตัวแปร คิดเป็น 20% ได้แก่ TX10p, TN10p, CSDI ซึ่งดัชนีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่เป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศอบอุ่นและดัชนีที่มีแนวโน้มลดลงจะเป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็น แสดงให้เห็นอุณหภูมิของจังหวัดสงขลาส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น

ตาราง 7 แสดงแนวโน้มของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิในจังหวัดสงขลา

Indices	TXmean	TNmean	TXx	TXn	TNx	TNn	DTR	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	SU35	TR25	WSDI	CSDI
Slope	0.03	0.02	0.03	0.001	0.01	0.001	0.01	-0.36	0.39	-0.48	0.45	0.51	3.18	0.05	-0.03
S.D.	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.11	0.13	0.11	0.14	0.25	0.66	0.15	0.07
P.value	0.00**	0.00**	0.03*	0.95	0.30	0.82	0.21	0.00**	0.01**	0.00**	0.00**	0.06	0.00**	0.75	0.69

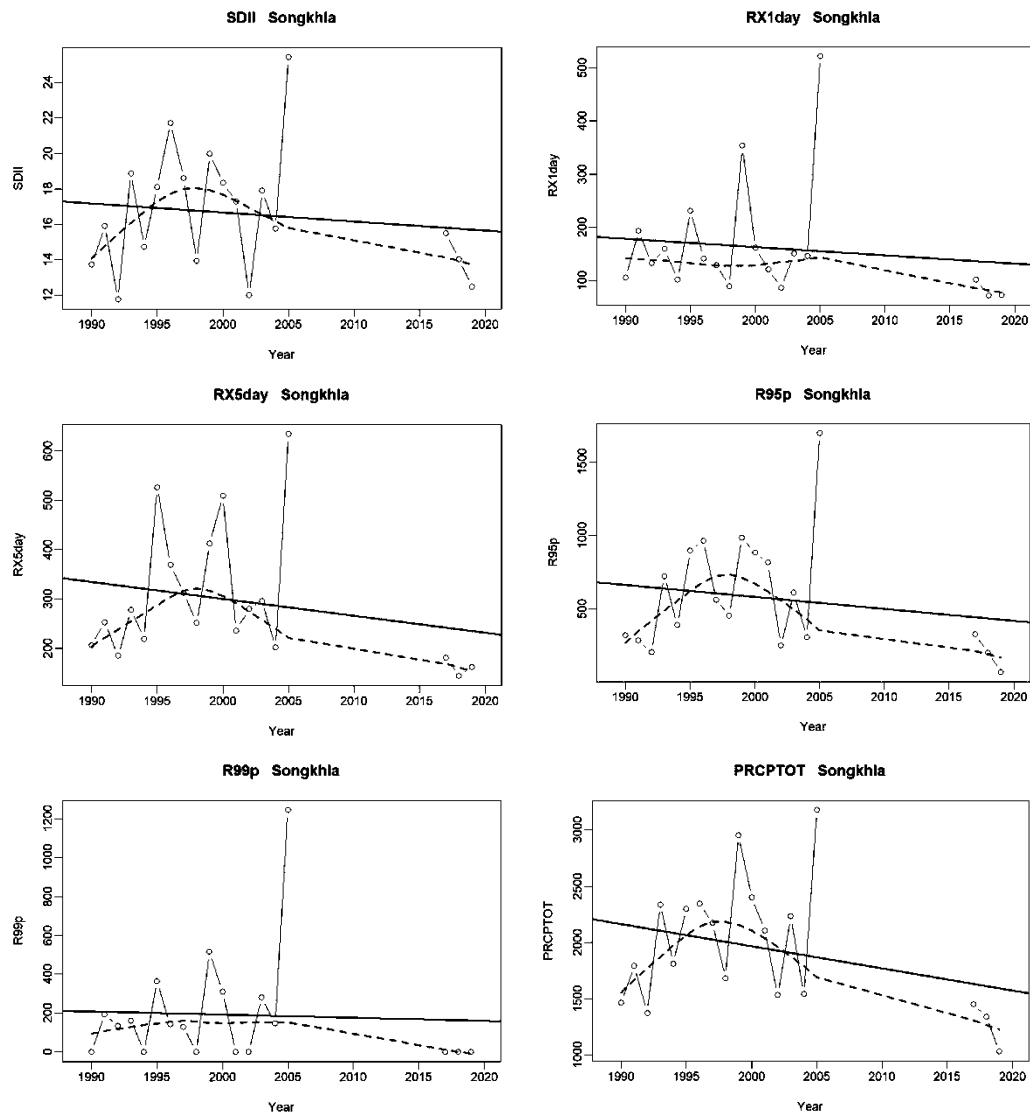
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

จากตาราง 7 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์อุณหภูมิสูงสุดรายวันและต่ำสุดรายวัน พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ได้แก่ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TXmean, TNmean, TXx มีค่าเพิ่มขึ้น 0.3°C/10 ปี, 0.2°C/10 ปี และ 0.3°C/10 ปี ตามลำดับและดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้น ได้แก่ TX90p, TN90p, TR25 มีค่าเพิ่มขึ้น 3.9 วัน/10 ปี, 4.5 วัน/10 ปีและ 31.8 วัน/10 ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .001 ซึ่งพบเฉพาะดัชนีที่บอกค่าแนวโน้มความถี่ ได้แก่ TX10p, TN10p ลดลง 3.9 วัน/10 ปี และ 4.5 วัน/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่ไม่นัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิ ได้แก่ TXn, TNx, TNn, DTR มีค่าเพิ่มขึ้น 0.01°C/10 ปี, 0.1°C/10 ปี, 0.01°C/10 ปีและ 0.1°C/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ที่เกิดขึ้น ได้แก่ SU35 และ WSDI มีค่าเพิ่มขึ้น 5.1 วัน/10 ปี และ 0.5 วัน/10 ปี ตามลำดับ และ CSDI มีค่าลดลง 0.3 วัน/10 ปี ดังนั้นจะพบว่าดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TXx (0.3°C/10 ปี) ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ TR25 (31.8 วัน/10 ปี) ส่วนดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ TNx (0.1°C/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ SU35 (5.1 วัน/10 ปี)

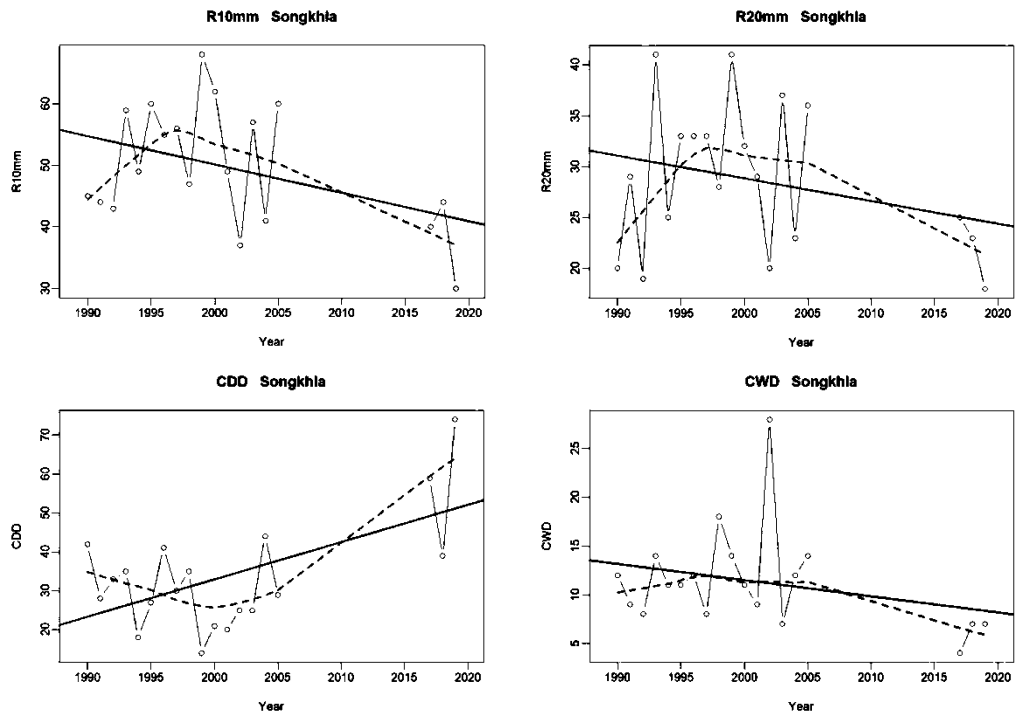
ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 13 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ ค.ศ. 1990-2019

จากภาพประกอบ 13 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดเชียงใหม่ 10 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990-2019 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 5 ตัวแปร คิดเป็น 50% ได้แก่ Rx5day, R99p, PRCPTOT, R10, R20 และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 5 ตัวแปร คิดเป็น 50% ได้แก่ SDII, Rx1day, R95p, CDD, CWD ซึ่งดัชนีแนวโน้มวันที่เกิดฝนตกลดลงแต่มีแนวโน้มของปริมาณรวมทั้งปีเพิ่มขึ้นมีผลมาจากฝนตกในแต่ละครั้งจะมีการตกหนักแต่ตกไม่บ่อย

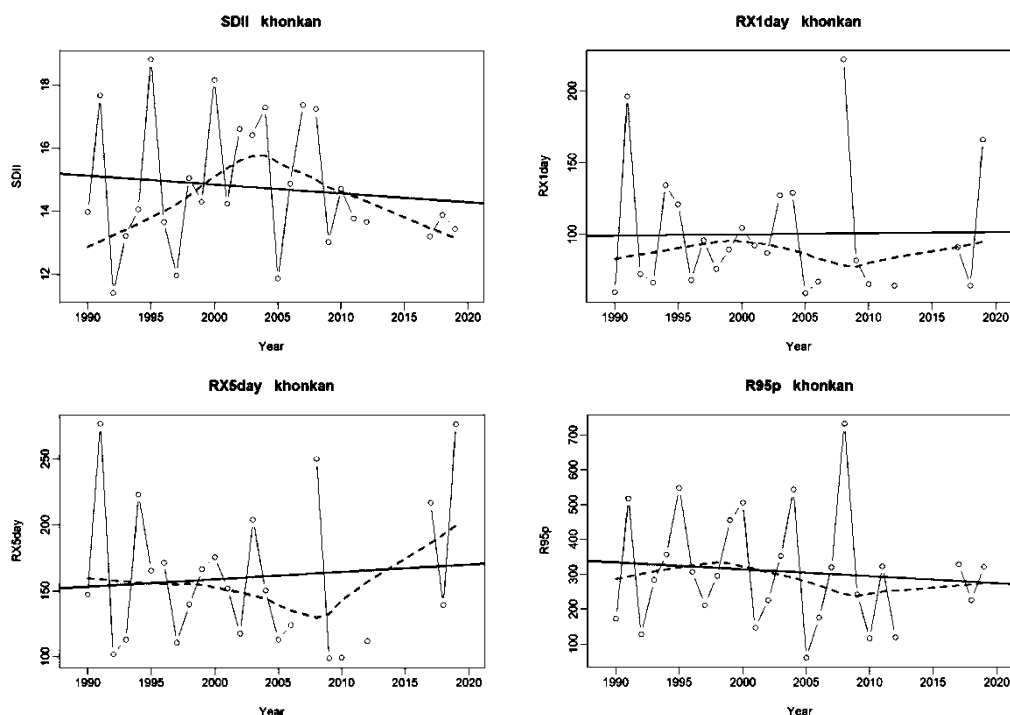
ตาราง 8 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดเชียงใหม่

Indices	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p	PRCPTOT	R10	R20	CDD	CWD
Slope	-0.01	-0.42	0.03	-1.59	0.25	1.49	0.19	0.06	-0.18	-0.04
S.D.	0.03	0.54	0.69	2.30	1.61	4.71	0.15	0.10	0.71	0.06
P-value	0.78	0.45	0.97	0.49	0.88	0.75	0.23	0.58	0.81	0.54

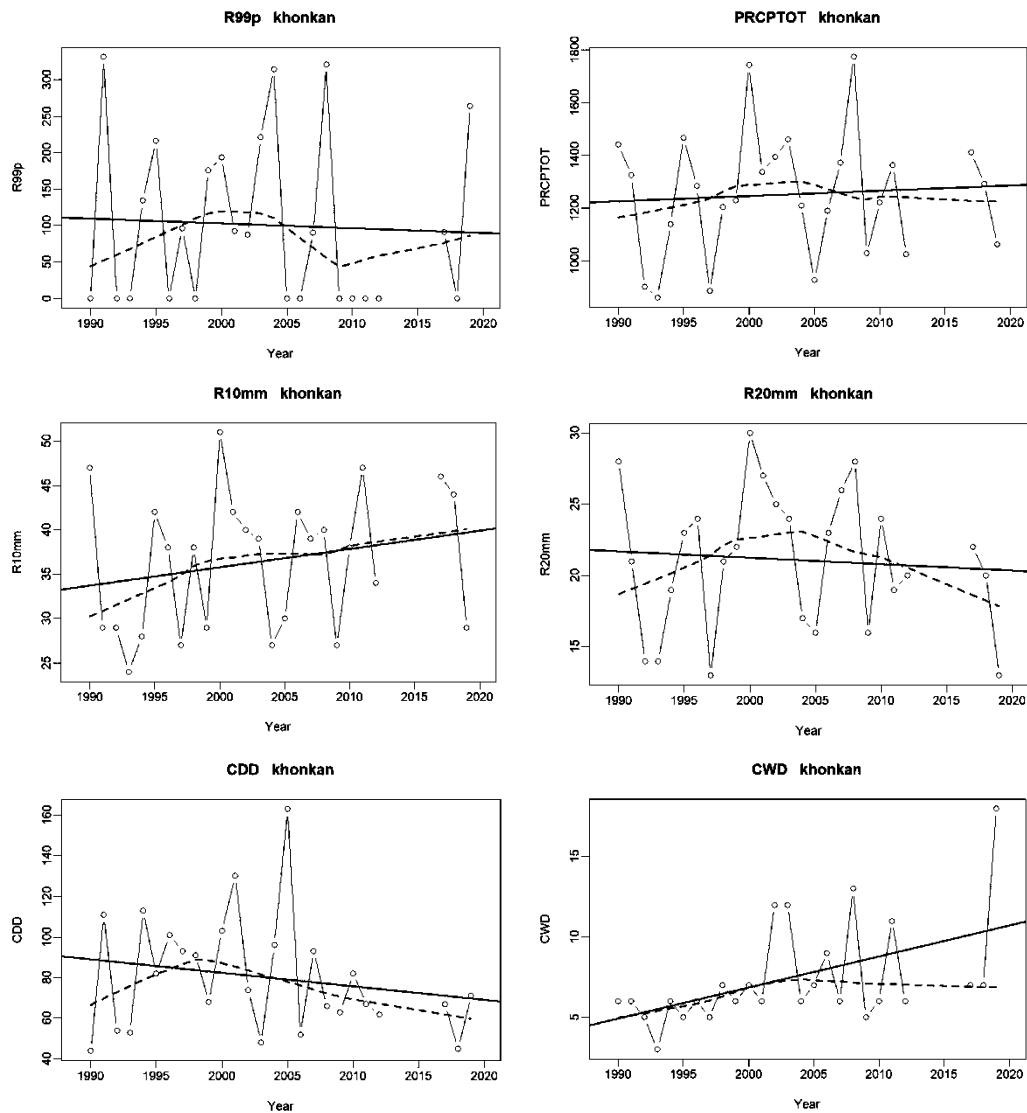
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

จากตาราง 8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวันจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม่พบดัชนีสภาวะความรุนแรงอย่างมีนัยสำคัญ ดัชนีที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ดัชนีสัมบูรณ์ ได้แก่ Rx5day, R99p และ PRCPTOT มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.3mm/10 ปี, 2.5mm/10 ปี, และ 14.9mm/10 ปี ส่วนดัชนี SDII, Rx1day และ R95p มีค่าแนวโน้มลดลง 0.1mm/วัน/10 ปี, 4.2mm/10 ปี, และ 15.9mm/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่แสดงถึงความถี่ของจำนวนวันที่ฝนตกหนัก ได้แก่ R10 และ R20 มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.9 วัน/10 ปี และ 0.6 วัน/10 ปี ตามลำดับ และ CDD และ CWD มีค่าแนวโน้มลดลง 1.8 วัน/10 ปี และ 0.4 วัน/10 ปี ตามลำดับ ดังนั้น จะพบว่าดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ PRCPTOT (14.9mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุด คือ R10 (1.9 วัน/10 ปี) ส่วนดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงต่ำสุด คือ (R95 15.9mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงต่ำสุด คือ CDD (0.4 วัน/10 ปี)

2. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 14 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ ค.ศ. 1990-2019

จากภาพประกอบ 14 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น 10 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990-2019 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 5 ตัวแปร คิดเป็น 50% ได้แก่ Rx1day, Rx5day, PRCPTOT, R10, CWD และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 5 ตัวแปร คิดเป็น 50% ได้แก่ SDII, R99p, R95p, CDD, R20 ซึ่งดัชนีแนวโน้มวันที่เกิดฝนตกเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มของปริมาณรวมทั้งปีเพิ่มขึ้น

ตาราง 9 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดขอนแก่น

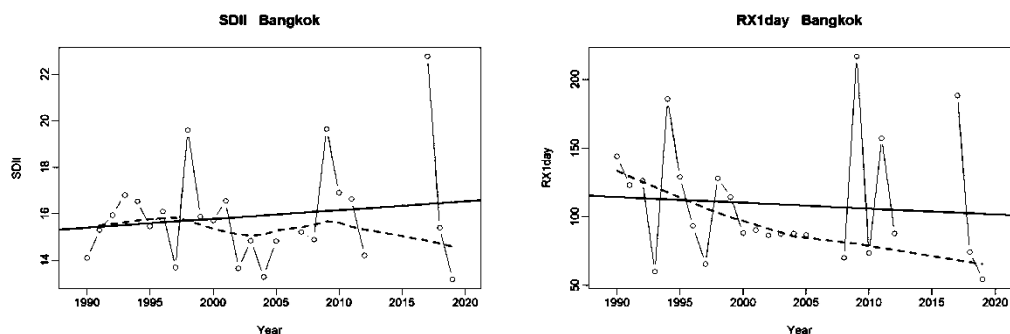
Indices	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p	PRCPTOT	R10	R20	CDD	CWD
Slope	-0.03	0.08	0.55	-2.01	-0.65	2.01	0.21	-0.04	-0.66	0.19
S.D.	0.05	1.09	1.36	3.91	2.82	5.72	0.18	0.12	0.68	0.07
P-value	0.58	0.94	0.69	0.61	0.82	0.73	0.27	0.71	0.34	0.01**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

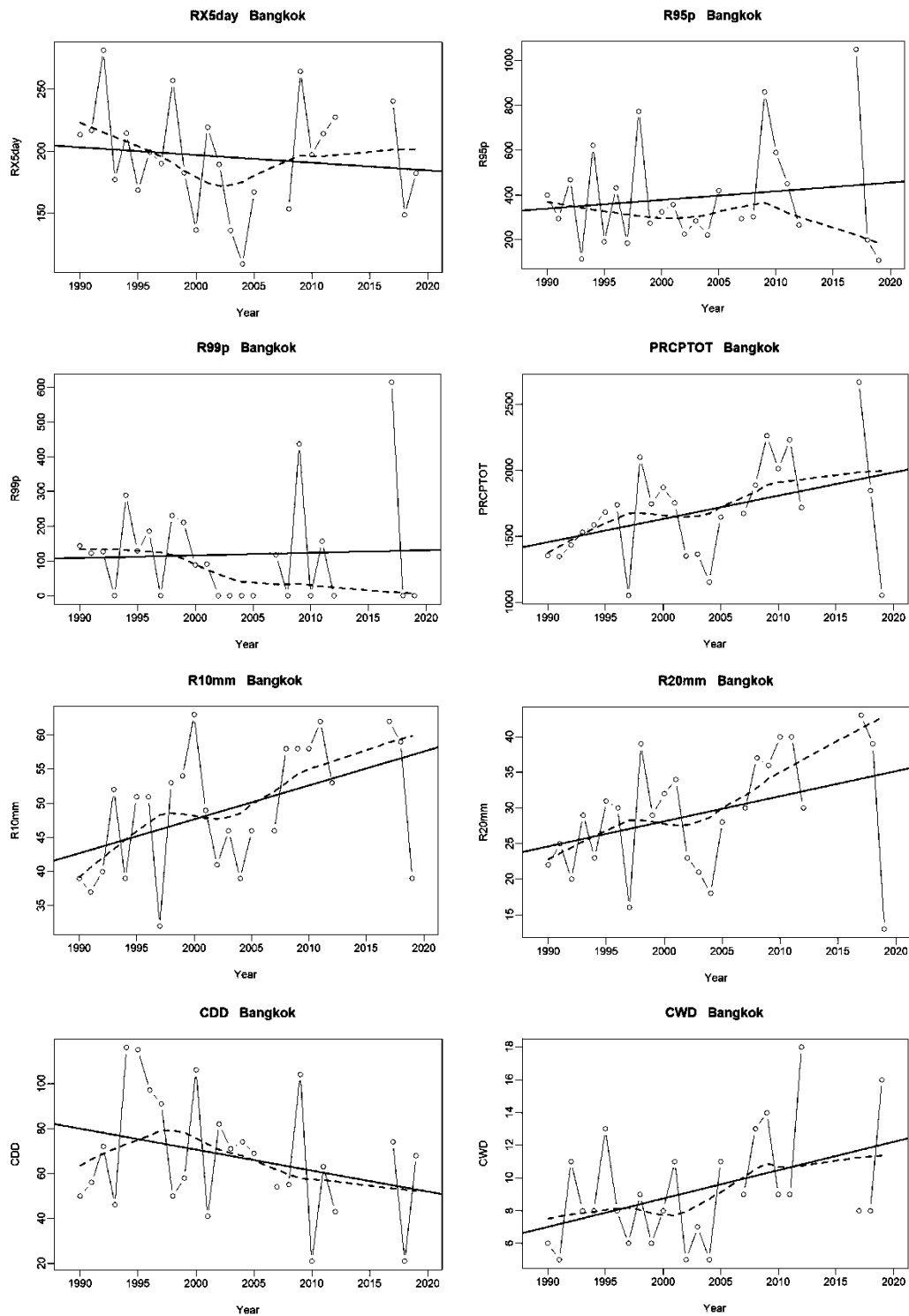
จากตาราง 9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวันจังหวัดขอนแก่น พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงอย่างมีนัยสำคัญ คือ CWD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.9 วัน/10 ปี ส่วนดัชนีที่ไม่นัยสำคัญทางสถิติ คือ ดัชนีสัมบูรณ์ ได้แก่ Rx1day, Rx5day และ PRCPTOT มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.8mm/10 ปี, 5.5mm/10 ปี, และ 20.1mm/10 ปี ตามลำดับ ส่วนดัชนี SDII, R95p, R99p มีค่าแนวโน้มลดลง 0.3mm/วัน/10 ปี, 20.1mm/10 ปี, และ 6.5mm/10 ปี ตามลำดับ ในส่วนของดัชนีที่แสดงถึงความถี่ของจำนวนวันที่ฝนตกหนัก ได้แก่ R10 มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2.1 วัน/10 ปี ส่วนดัชนี R20 และ CDD มีค่าแนวโน้มลดลง 0.4 วัน/10 ปี และ 6.6 วัน/10 ปี ตามลำดับ ดังนั้น จะพบว่า ดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ PRCPTOT (20.1mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุด คือ R10 (2.1 วัน/10 ปี) ส่วนดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงต่ำสุด คือ R95 (20.1mm/10 ปี) และดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงต่ำสุด คือ CDD (6.6 วัน/10 ปี)

3. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจังหวัด

กรุงเทพมหานครตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 15 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของ ปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ ค.ศ. 1990-2019

จากภาพประกอบ 15 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร 10 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 7 ตัวแปร คิดเป็น 70% ได้แก่ PRCPTOT, R10, SDII, R95p, R99p, R20, CWD และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 3 ตัวแปร คิดเป็น 30% ได้แก่ Rx1day, Rx5day, CDD ซึ่งดัชนีแนวโน้มส่วนใหญ่เกี่ยวกับวันที่เกิดฝนตกเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มของปริมาณรวมทั้งปีเพิ่มขึ้น

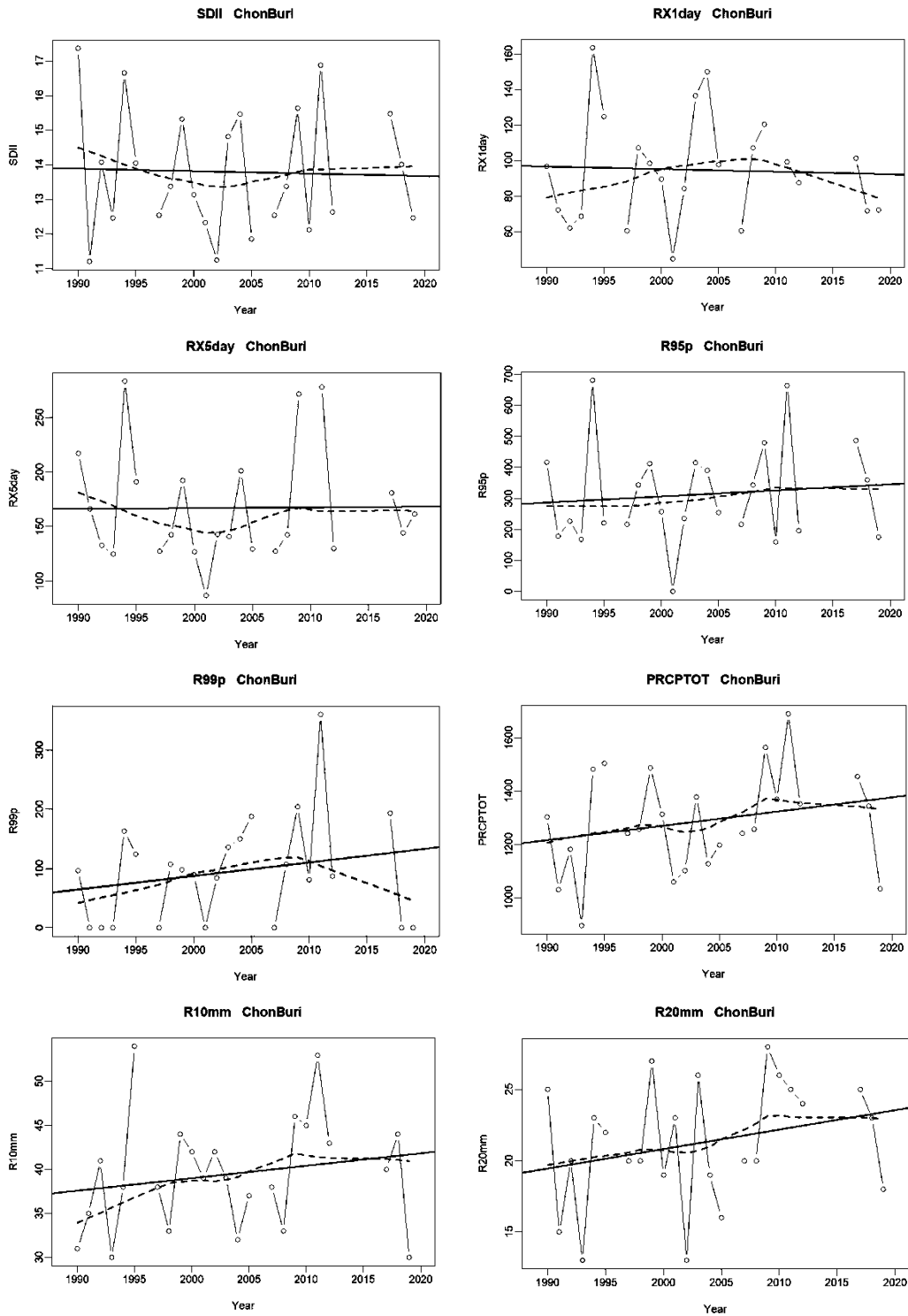
ตาราง 10 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

Indices	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p	PRCPTOT	R10	R20	CDD	CWD
Slope	0.04	-0.43	-0.62	3.86	0.74	17.56	0.50	0.35	-0.93	0.17
S.D.	0.05	1.06	1.03	5.62	3.70	8.66	0.19	0.19	0.61	0.08
P-value	0.48	0.69	0.55	0.50	0.84	0.05	0.02*	0.07	0.14	0.03*

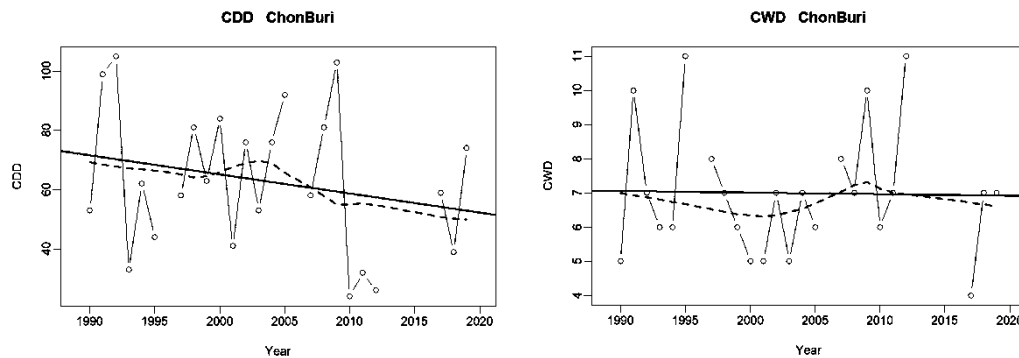
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

จากตาราง 10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวันจังหวัดกรุงเทพมหานคร พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงอย่างมีนัยสำคัญ คือ R10 และ CWD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 5.0 วัน/10 ปี และ 1.7 วัน/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่ไม่นัยสำคัญทางสถิติ คือ ดัชนีสัมบูรณ์ ได้แก่ SDII, R95p, R99p และ PRCPTOT มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.4mm/วัน/10 ปี, 38.6mm/10 ปี, 7.4mm/10 ปี และ 175.6mm/10 ปี ตามลำดับ ส่วนดัชนี Rx1day และ Rx5day มีค่าแนวโน้มลดลง 4.3mm/10 ปี และ 6.2mm/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่แสดงถึงความถี่ของจำนวนวันที่ฝนตกหนัก ได้แก่ R20 มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 3.5 วัน/10 ปี และ CDD มีค่าแนวโน้มลดลง 9.3 วัน/10 ปี ดังนั้นจะพบว่า ดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ PRCPTOT (175.6mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุด คือ R10 (5.0 วัน/10 ปี) ส่วนดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงต่ำสุด คือ R95 (38.6mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงต่ำสุด คือ CDD (9.3 วัน/10 ปี)

4. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ค.ศ. 1990-2019



ภาพประกอบ 16 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019

จากภาพประกอบ 16 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดชลบุรี 10 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 6 ตัวแปร คิดเป็น 60% ได้แก่ Rx5day, R95p, R99p, PRCPTOT, R10, R20 และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 4 ตัวแปร คิดเป็น 40% ได้แก่ SDII, Rx1day, CDD, CWD ซึ่งดัชนีแนวโน้มวันที่เกิดฝนตกลดลงแต่มีแนวโน้มของปริมาณรวมทั้งปีเพิ่มขึ้นมีผลมาจากฝนตกในแต่ละครั้งจะมีการปริมาณน้ำฝนตกหนักมากขึ้นแต่ตกไม่บ่อย

ตาราง 11 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดชลบุรี

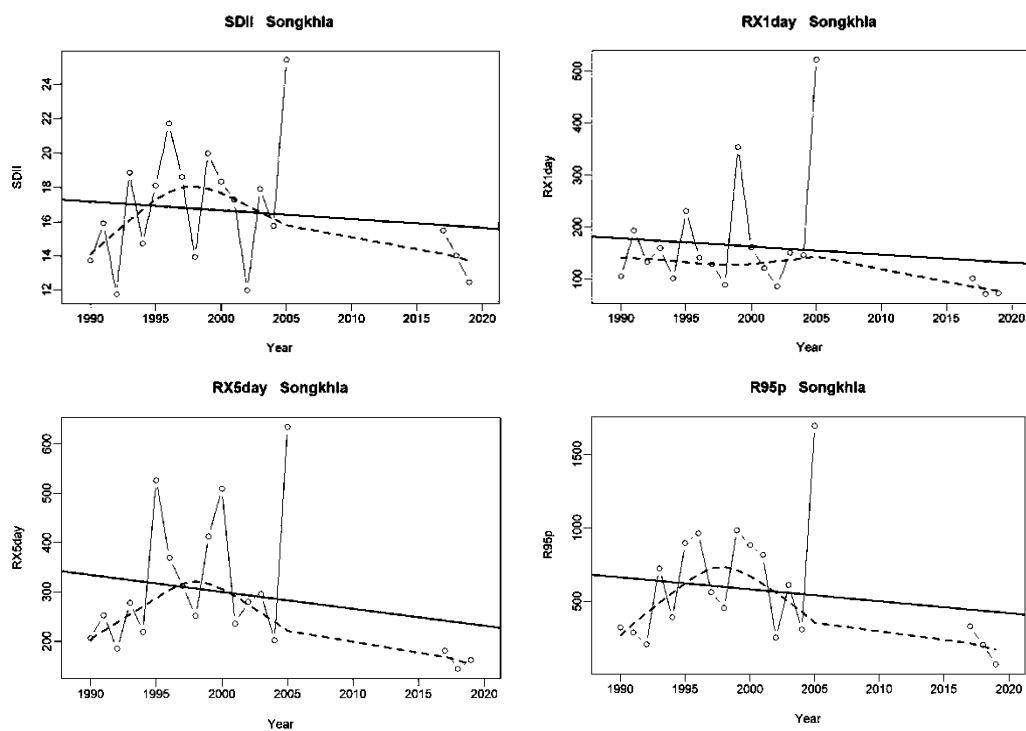
Indices	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p	PRCPTOT	R10	R20	CDD	CWD
Slope	0.04	-0.43	-0.62	3.86	0.74	17.56	0.50	0.35	-0.93	0.17
S.D.	0.05	1.06	1.03	5.62	3.70	8.66	0.19	0.19	0.61	0.08
P-value	0.48	0.69	0.55	0.50	0.84	0.05	0.02*	0.07	0.14	0.03*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

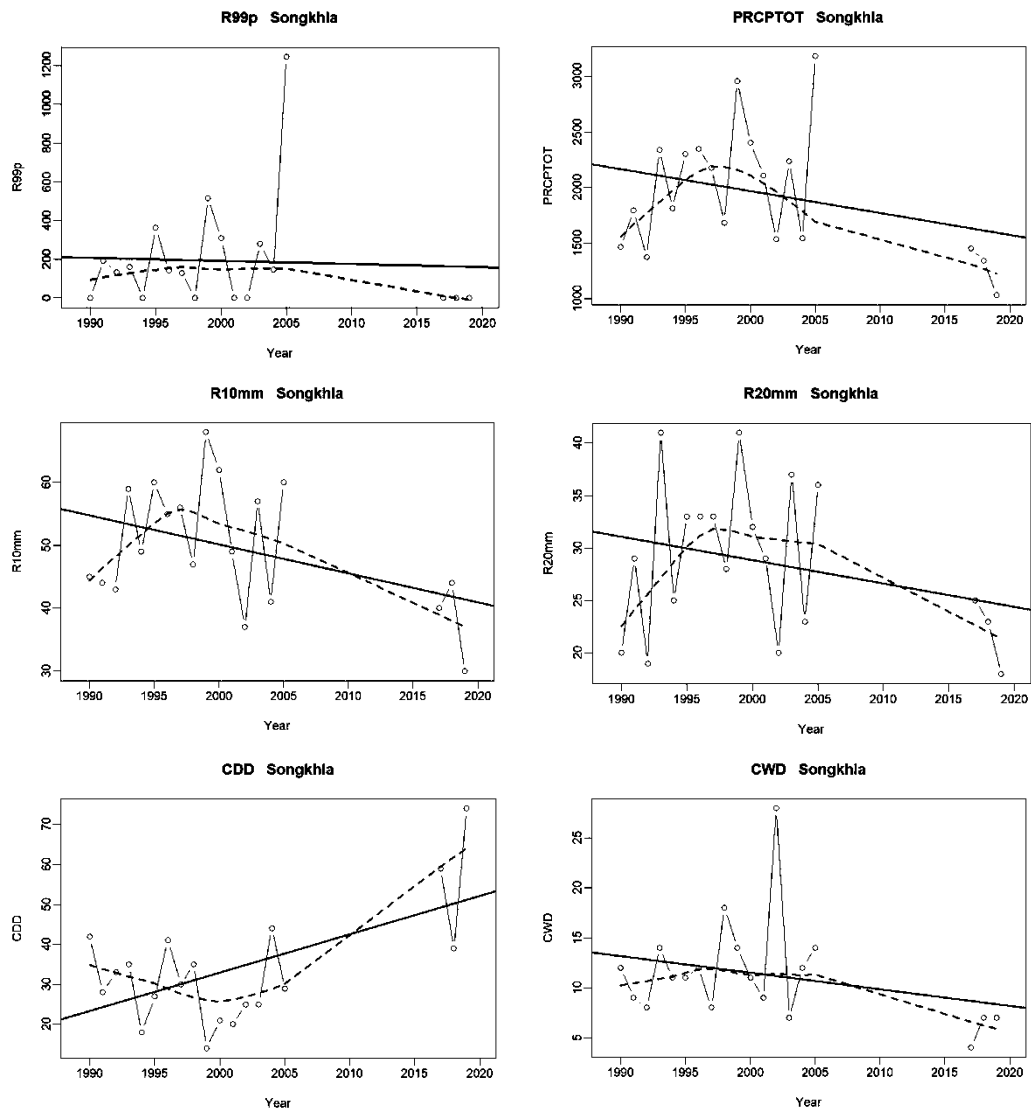
จากตาราง 11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวันจังหวัดชลบุรี พบว่า ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงที่มีนัยสำคัญ ดัชนีที่ไม่นัยสำคัญทางสถิติ คือ ดัชนีสัมบูรณ์ ได้แก่ Rx5day, R95p, R99p และ PRCPTOT มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.6mm/10 ปี,

19.3mm/10 ปี, 22.9mm/10 ปี และ 53.2mm/10 ปี ตามลำดับ ส่วนดัชนี SDII และ Rx1day มีค่าแนวโน้มลดลง 0.1mm/วัน/10 ปี และ 1.5mm/10 ปี ตามลำดับ ดัชนีที่แสดงถึงความถี่ของจำนวนวันที่ฝนตกหนักได้แก่ R10 และ R20 ค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.4 วัน/10 ปี และ 1.4 วัน/10 ปี ตามลำดับ ส่วนดัชนี CDD และ CWD ค่าแนวโน้มลดลง 6.4 วัน/10 ปี และ 0.1 วัน/10 ปี ดังนั้นจะพบว่า ดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ PRCPTOT (53.2mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นสูงสุด คือ R10 ส่วนดัชนีสัมบูรณ์ที่มีค่าแนวโน้มลดลงต่ำสุด คือ Rx1day (1.5mm/10 ปี) และ ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงต่ำสุด คือ CDD (6.4 วัน/10 ปี)

2.5 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019 แสดงดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019



ภาพประกอบ 17 (ต่อ) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ ค.ศ. 1990–2019

จากภาพประกอบ 17 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีสภาวะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดสงขลา 10 ตัวแปรทำการศึกษาในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990–2019 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 1 ตัวแปร คิดเป็น 10% ได้แก่ CDD และตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ลดลงมี 9 ตัวแปร คิดเป็น 90% ได้แก่ SDII, Rx1day, Rx5day, R95p, R99p, PRCPTOT, R10, R20, CWD ซึ่งดัชนีแนวโน้มทั้งหมดของวันที่เกิดฝนตกลดลงและมีแนวโน้มของปริมาณรวมทั้งปีลดลงมีซึ่งสอดคล้องกับดัชนีแนวโน้มของวันที่ฝนไม่ตกเพิ่มขึ้น

ตาราง 12 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดสงขลา

Indices	SDII	Rx1day	Rx5day	R95p	R99p	PRCPTOT	R10	R20	CDD	CWD
Slope	-0.05	-1.54	-3.43	-8.11	-1.58	-19.7	-0.46	-0.22	0.96	-0.17
S.D.	0.10	2.97	3.63	10.7	8.12	14.8	0.25	0.19	0.32	0.14
P-value	0.60	0.61	0.36	0.46	0.85	0.20	0.08	0.26	0.01**	0.24

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 **มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.001

จากตาราง 12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสถานะความรุนแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายวันจังหวัดสงขลา พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแต่ละดัชนีสถานะความรุนแรงอย่างมีนัยสำคัญ คือ CDD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.96 วัน/10 ปี ส่วนดัชนีที่ไม่นัยสำคัญทางสถิติ คือ ดัชนีสัมบูรณ์ ได้แก่ SDII, Rx1day, Rx5day, R95p, R99p และ PRCPTOT มีค่าแนวโน้มลดลง 0.5mm/วัน/10 ปี, 15.4mm/10 ปี, 34.3mm/10 ปี, 81.1mm/10 ปี, 15.8mm/10 ปี และ 197.0mm/10 ปี ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่า มีดัชนีสถานะความรุนแรงอย่างมีนัยสำคัญมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ CDD (0.96 วัน/10 ปี) และพบดัชนีที่บอกรถึงค่าแนวโน้มความถี่ลดลงต่ำสุด คือ PRCPTOT (197.0mm/10 ปี)

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและโรคไข้เลือดออก

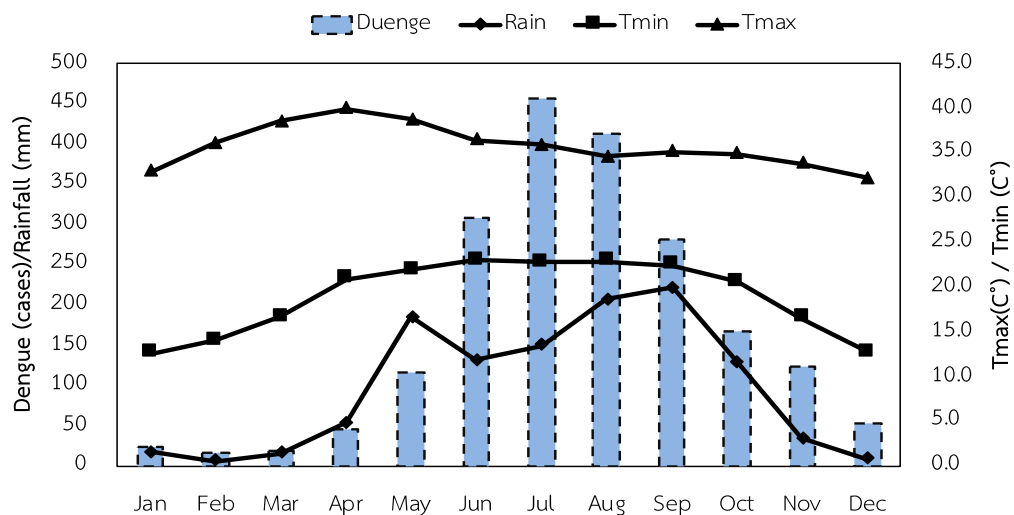
ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกในจังหวัดเชียงใหม่

ตาราง 13 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดเชียงใหม่

Variables	Average	Median	Minimum	Maximum	Std.	CV (%)
Dengue cases	168	91	0	2592	187	111
T _{max} (°C)	36	34	29.6	41.6	1	2
T _{min} (°C)	19	19	10	24	1	3
Rain (mm)	96	95	0	125	17	17

จากตาราง 13 แสดงค่าทางสถิติของข้อมูลรายเดือนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า จำนวนของผู้ป่วยไข้เลือดออกมีค่าสูงที่สุดในปี ค.ศ. 2013 จำนวน 2592 ราย พบว่า อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ค.ศ. 2019 มีค่าเท่ากับ 41.6°C และอุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) มีค่าสูงสุดในเดือน มิถุนายน ค.ศ. 2019 มีค่าเท่ากับ 24°C ส่วน ปริมาณน้ำฝน (Rain) สูงสุดในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2010 มีปริมาณ 470.6mm



ภาพประกอบ 18 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดเชียงใหม่

จากภาพประกอบ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับ จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ค่าเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่ในรอบ 17 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2003–2019 พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก มีจำนวนผู้ป่วยมากในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงมีค่าสูง ส่วนค่าอุณหภูมิ T_{min} ค่อนข้างสูงเพิ่มขึ้น เช่นกัน

ตาราง 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกใน จังหวัดเชียงใหม่

Variables	The numbers of dengue cases (%)										
	$\nabla 1^{\circ}\text{C}$	$\nabla 2^{\circ}\text{C}$	$\nabla 3^{\circ}\text{C}$	$\nabla 4^{\circ}\text{C}$	$\nabla 5^{\circ}\text{C}$	$\nabla 6^{\circ}\text{C}$	$\nabla 7^{\circ}\text{C}$	$\nabla 8^{\circ}\text{C}$	$\nabla 9^{\circ}\text{C}$	$\nabla 10^{\circ}\text{C}$	
Temperature	T_{max}	-13.41	-25.02	-35.08	-43.79	-51.32	-57.85	-63.51	-68.40	-72.64	-76.31
	T_{min}	18.41	40.21	66.03	96.60	132.80	175.66	226.42	286.51	357.68	441.95
Rainfall	$\nabla 50\text{mm}$	-9.52	-18.13	-25.92	-32.97	-39.35	-45.12	-50.34	-55.07	-59.34	-63.21

จากตาราง 14 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยบัวซอง (PRM) สำหรับการเพิ่มขึ้นของ T_{max} และ T_{min} ตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก คือ -13.41% ถึง 441.95% สำหรับการเพิ่มขึ้นทุก ๆ 50mm จนถึง 500mm ของ Rain มีผลต่อการลดลงของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกตั้งแต่ -9.52 ถึง -63.21 เมื่อนำผลการวิเคราะห์เทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของ T_{max} และ T_{min} ในตาราง 13 แล้วแสดงให้เห็นถึงเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 20°C ถึง 30°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้นและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิเกินค่าเฉลี่ย 34°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลง ส่วนในปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่ซึ่งเกิดการเปลี่ยนผ่านอยู่ในลักษณะของน้ำไหลซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับเจริญเติบโตและขยายจำนวนของยุงลาย นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) เพื่อพิจารณาความเสี่ยงสัมพัทธ์ของโรคไข้เลือดออกกับ T_{max} , T_{min} และ Rain เมื่อ T_{max} มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ ค่า RR ลดลงจาก 0.87 ถึง 0.24 ส่วนค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเป็น 0.90:0.83 สำหรับ T_{min} ในช่วงการเปลี่ยนแปลงเดียวกันค่า RR เพิ่มขึ้นจาก 1.18 ถึง 5.42 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเท่ากับ 1.23:1.14 ส่วน Rain เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง $50\text{mm}-500\text{mm}$ ค่า RR ลดลงจาก 0.90 ถึง 0.37 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเท่ากับ 0.999:0.996

ตาราง 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกจากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดเชียงใหม่

variables	PC1	PC2
T_{max}	0.29	0.20
T_{min}	0.97	0.95
Rain	0.29	-0.13
Eigen values	2.66	1.12
% of variance	66.49	28.02

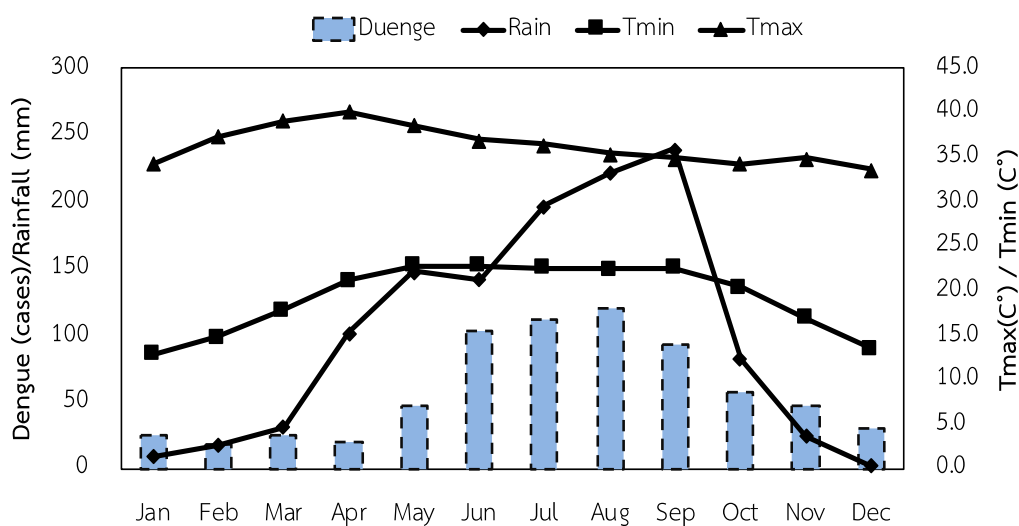
จากตาราง 15 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ PCA สอดคล้องกับการวิเคราะห์ PRM พบว่า เมื่อ PC1 แสดงได้ด้วยค่า T_{max} , T_{min} และ Rain ส่วน PC2 แสดงด้วยค่า T_{max} และ T_{min} ผลรวมการพิจารณาค่า PC1 และค่า PC2 มีค่าเท่ากับ 94.51%

2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาภูมิและโรคไข้เลือดออกในจังหวัดขอนแก่น

ตาราง 16 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาภูมิและโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดขอนแก่น

Variables	Average	Median	Minimum	Maximum	Std.	CV (%)
Dengue cases	53	40	0	465	48	83
T_{max} (°C)	36	36	30.7	42.4	1	2
T_{min} (°C)	19	19	9.5	24.4	1	3
Rain (mm)	102	102	0	408.8	19	19

จากตาราง 16 แสดงค่าทางสถิติของข้อมูลรายเดือนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า จำนวนของผู้ป่วยไข้เลือดออกมีค่าสูงที่สุดในปี ค.ศ. 2013 จำนวน 465 ราย อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ค.ศ. 2016 มีค่าเท่ากับ 42.4 °C อุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) มีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2015 มีค่าเท่ากับ 24.4 °C ส่วนปริมาณน้ำฝน (Rain) สูงสุดในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2010 มีปริมาณ 408.8mm



ภาพประกอบ 19 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในจังหวัดขอนแก่น

จากภาพประกอบ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ค่าเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดขอนแก่นในรอบ 17 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2003–2019 พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก มีจำนวนผู้ป่วยมากในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงมีค่าสูง ส่วนค่าอุณหภูมิต่ำ T_{min} ค่อนข้างสูงเพิ่มขึ้น เช่นกัน

ตาราง 17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในจังหวัดขอนแก่น

Variables	The numbers of dengue cases (%)										
	$\nabla 1^{\circ}\text{C}$	$\nabla 2^{\circ}\text{C}$	$\nabla 3^{\circ}\text{C}$	$\nabla 4^{\circ}\text{C}$	$\nabla 5^{\circ}\text{C}$	$\nabla 6^{\circ}\text{C}$	$\nabla 7^{\circ}\text{C}$	$\nabla 8^{\circ}\text{C}$	$\nabla 9^{\circ}\text{C}$	$\nabla 10^{\circ}\text{C}$	
Temperature	T_{max}	-6.85	-13.24	-19.18	-24.72	-29.88	-34.69	-39.16	-43.33	-47.22	-50.84
	T_{min}	6.19	12.77	19.76	27.18	35.05	43.42	52.30	61.74	71.76	82.39
Rainfall	$\nabla 50\text{mm}$	-3.56	-7.25	-11.07	-15.03	-19.12	-23.37	-27.76	-32.31	-37.03	-41.91

จากตาราง 17 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยปรับของ (PRM) สำหรับการเพิ่มขึ้นของ T_{max} และ T_{min} ตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก คือ -6.85 ถึง 82.39 สำหรับการเพิ่มขึ้นทุก ๆ 50mm จนถึง 500mm ของ Rain มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกตั้งแต่ 3.56 ถึง 41.91 เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่เทียบอุณหภูมิจำลองของ T_{max} และ T_{min} ในตาราง 16 แล้วแสดงให้เห็นถึงเมื่ออุณหภูมิจำลองเพิ่มขึ้นจาก 20°C ถึง 30°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้นและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิจำลองเกินค่าเฉลี่ย 36°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลง ส่วนในปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่ขังเกิดการเปลี่ยนผ่านอยู่ในลักษณะของน้ำไหลซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับเจริญเติบโตและขยายจำนวนของยุงลาย นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) เพื่อพิจารณาความเสี่ยงสัมพันธ์ของโรคไข้เลือดออกกับ T_{max} , T_{min} และ Rain เมื่อ T_{max} มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ ค่า RR ลดลงคือ 0.93 ถึง 0.49 ส่วนค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ คือ $0.98:0.89$ สำหรับ T_{min} ในช่วงการเปลี่ยนแปลงเดียวกันค่า RR เพิ่มขึ้นจาก 1.06 ถึง 1.82 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ คือ $1.12:1.00$ ส่วน Rain เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง $50\text{mm}-500\text{mm}$ ค่า RR ลดลงคือ 1.04 ถึง 1.42 กับค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ คือ $1.000:0.998$

ตาราง 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกจาก
การวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดขอนแก่น

variables	PC1	PC2
T_{max}	0.94	0.26
T_{min}	0.12	0.98
Rain	0.97	-0.03
Eigen values	2.64	1.19
% of variance	65.94	29.65

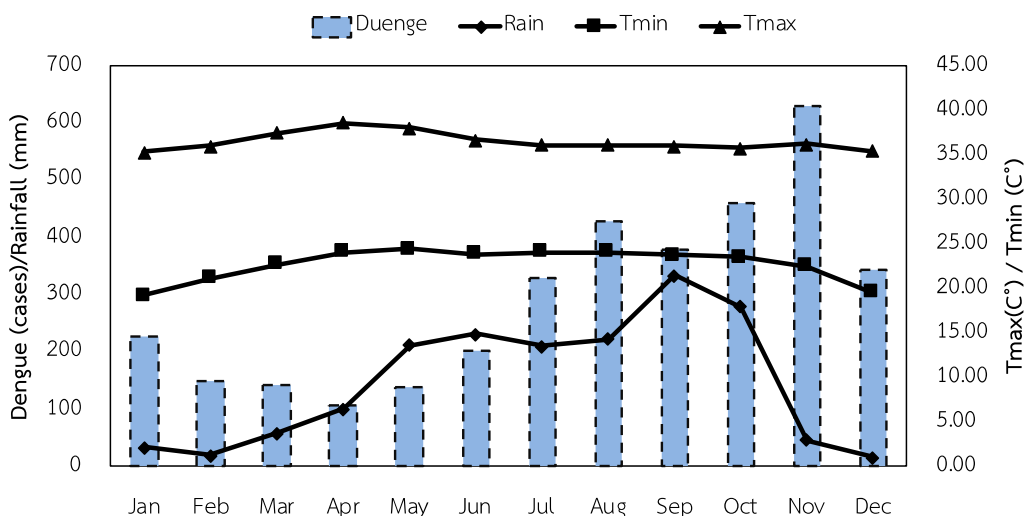
จากตาราง 18 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ PCA สอดคล้องกับการ
วิเคราะห์ PRM พบว่า เมื่อ PC1 แสดงได้ด้วยค่า T_{max} , T_{min} และ Rain ส่วน PC2 แสดงด้วย
ค่า T_{max} และ T_{min} ผลรวมการพิจารณาค่า PC1 และค่า PC2 มีค่าเท่ากับ 95.59%

3. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาภูมิและโรคไข้เลือดออกใน
จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ตาราง 19 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี
ค.ศ. 2003–2019 ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

Variables	Average	Median	Minimum	Maximum	Std.	CV (%)
Dengue cases	295	260	7	4273	89	89
T_{max} (°C)	37	37	33.7	40.1	1	1
T_{min} (°C)	23	23	13.9	26.6	1	3
Rain (mm)	147	148	0	601.1	36	24

จากตาราง 19 แสดงค่าทางสถิติของข้อมูลรายเดือนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้
พบว่า จำนวนของผู้ป่วยไข้เลือดออกมีค่าสูงที่สุดในปี ค.ศ. 2015 จำนวน 4273 ราย พบว่า
อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2013 มีค่าเท่ากับ 40.1°C และ
อุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ค.ศ. 2016 มีค่าเท่ากับ 26.6°C ส่วน
ปริมาณน้ำฝน (Rain) สูงสุดในเดือนกันยายน ค.ศ. 2012 มีปริมาณ 601.1mm



ภาพประกอบ 20 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

จากภาพประกอบ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ค่าเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดกรุงเทพมหานครในรอบ 17 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2003-2019 พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก มีจำนวนผู้ป่วยมากในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนต้นฤดูหนาว มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงมีค่าสูงถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่

ตาราง 20 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

Variables	The numbers of dengue cases (%)										
	$\nabla 1^{\circ}\text{C}$	$\nabla 2^{\circ}\text{C}$	$\nabla 3^{\circ}\text{C}$	$\nabla 4^{\circ}\text{C}$	$\nabla 5^{\circ}\text{C}$	$\nabla 6^{\circ}\text{C}$	$\nabla 7^{\circ}\text{C}$	$\nabla 8^{\circ}\text{C}$	$\nabla 9^{\circ}\text{C}$	$\nabla 10^{\circ}\text{C}$	
Temperature	T_{max}	-27.60	-47.59	-62.05	-72.53	-80.11	-85.60	-89.58	-92.45	-94.54	-96.04
	T_{min}	16.30	35.26	57.30	82.94	112.76	147.44	187.77	234.68	289.23	352.67
Rainfall	$\nabla 50\text{mm}$	-4.88	-9.52	-13.93	-18.13	-22.12	-25.92	-29.53	-32.97	-36.24	-39.35
	$\nabla 100\text{mm}$										
	$\nabla 150\text{mm}$										
	$\nabla 200\text{mm}$										
	$\nabla 250\text{mm}$										
	$\nabla 300\text{mm}$										
	$\nabla 350\text{mm}$										
	$\nabla 400\text{mm}$										
	$\nabla 450\text{mm}$										
	$\nabla 500\text{mm}$										

จากตาราง 20 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยปัวซอง (PRM) สำหรับการเพิ่มขึ้นของ T_{max} และ T_{min} ตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก คือ -27.60 ถึง 352.67 สำหรับการเพิ่มขึ้นทุก 50mm จนถึง 500mm ของ Rain มีผลต่อการลดลงของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกตั้งแต่ -4.88 ถึง -39.35 เมื่อนำผลการวิเคราะห์เทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของ T_{max} และ T_{min} ในตาราง 19 แล้วแสดงให้เห็นถึงเมื่อ

อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 24°C ถึง 34°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้นและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิเกินค่าเฉลี่ย 37°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลง ส่วนในปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่ขังเกิดการเปลี่ยนผ่านอยู่ในลักษณะของน้ำไหลซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับเจริญเติบโตและขยายจำนวนของยุงลาย นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) เพื่อพิจารณาความเสี่ยงสัมพัทธ์ของโรคไข้เลือดออกกับ T_{max} , T_{min} และ Rain เมื่อ T_{max} มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 1 ถึง 10°C ค่า RR ลดลงจาก 0.72 ถึง 0.04 ส่วนค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเป็น 0.78:0.68 สำหรับ T_{min} ในช่วงการเปลี่ยนแปลงเดียวกันค่า RR เพิ่มขึ้นจาก 1.16 ถึง 4.53 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเท่ากับ 1.22:1.12 ส่วน Rain เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง 50mm–500mm ค่า RR ลดลงจาก 0.95 ถึง 0.61 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ คือ 0.999:0.998

ตาราง 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกจากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

variables	PC1	PC2
T_{max}	0.74	-0.58
T_{min}	0.95	0.23
Rain	0.70	0.61
Eigen values	1.99	1.52
% of variance	49.95	37.90

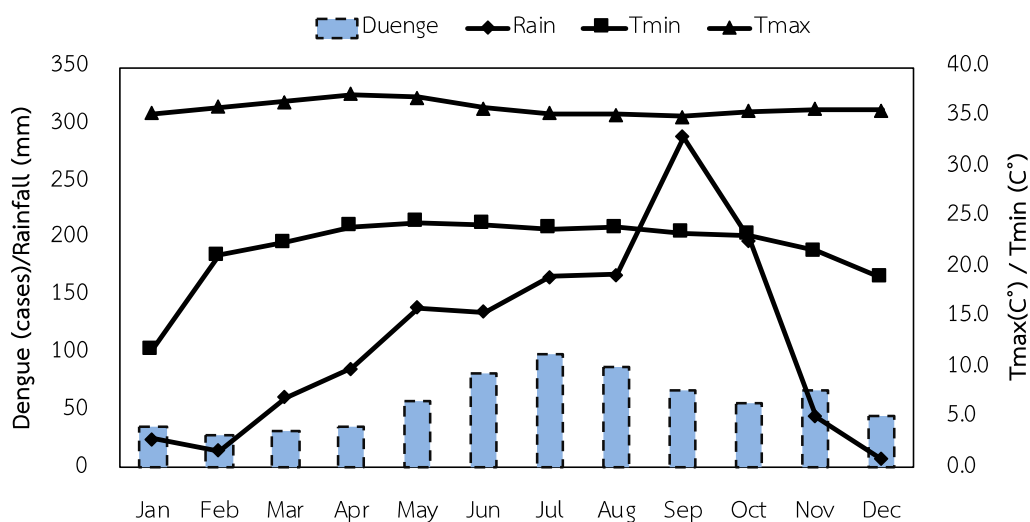
จากตาราง 21 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ PCA สอดคล้องกับการวิเคราะห์ PRM พบว่า เมื่อ PC1 แสดงได้ด้วยค่า T_{max} , T_{min} และ Rain ส่วน PC2 แสดงด้วยค่า T_{min} และ Rain ผลรวมการพิจารณาค่า PC1 และค่า PC2 มีค่าเท่ากับ 87.84%

4. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาภูมิและโรคไข้เลือดออกในจังหวัดชลบุรี

ตาราง 22 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดชลบุรี

Variables	Average	Median	Minimum	Maximum	Std.	CV (%)
Dengue cases	58	48	0	495	64	111
T_{max} (°C)	36	36	33.6	39.7	0	1
T_{min} (°C)	22	23	15.5	26.7	2	11
Rain (mm)	112	113	0	509.5	17	16

จากตาราง 22 แสดงค่าทางสถิติของข้อมูลรายเดือนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า จำนวนของผู้ป่วยไข้เลือดออกมีค่าสูงที่สุดในปี ค.ศ. 2019 จำนวน 495 ราย พบว่า อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2019 มีค่าเท่ากับ 39.7°C และ อุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ค.ศ. 2015 มีค่าเท่ากับ 26.7°C ส่วน ปริมาณน้ำฝน (Rain) สูงสุดในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2011 มีปริมาณ 509.5mm



ภาพประกอบ 21 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในจังหวัดชลบุรี

จากภาพประกอบ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ค่าเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดชลบุรีในรอบ 17 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2003–2019 พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก มีจำนวนผู้ป่วยมากในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงมีค่าสูง ส่วนค่าอุณหภูมิ T_{min} ค่อนข้างสูงเพิ่มขึ้น เช่นกัน

ตาราง 23 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดชลบุรี

Variables	The numbers of dengue cases (%)										
	$\nabla 1^{\circ}\text{C}$	$\nabla 2^{\circ}\text{C}$	$\nabla 3^{\circ}\text{C}$	$\nabla 4^{\circ}\text{C}$	$\nabla 5^{\circ}\text{C}$	$\nabla 6^{\circ}\text{C}$	$\nabla 7^{\circ}\text{C}$	$\nabla 8^{\circ}\text{C}$	$\nabla 9^{\circ}\text{C}$	$\nabla 10^{\circ}\text{C}$	
Temperature	T_{max}	-16.31	-29.95	-41.37	-50.93	-58.93	-65.63	-71.23	-75.93	-79.85	-83.14
	T_{min}	4.08	8.33	12.75	17.35	22.14	27.12	32.31	37.71	43.33	49.18
Rainfall	$\nabla 50\text{mm}$	-1.00	-1.98	-2.96	-3.92	-4.88	-5.82	-6.76	-7.69	-8.61	-9.52
	$\nabla 100\text{mm}$										
	$\nabla 150\text{mm}$										
	$\nabla 200\text{mm}$										
	$\nabla 250\text{mm}$										
	$\nabla 300\text{mm}$										
	$\nabla 350\text{mm}$										
	$\nabla 400\text{mm}$										
	$\nabla 450\text{mm}$										
	$\nabla 500\text{mm}$										

จากตาราง 23 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยปัวซอง (PRM) สำหรับการเพิ่มขึ้นของ T_{max} และ T_{min} ตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก คือ -16.31 ถึง 49.18 สำหรับการเพิ่มขึ้นทุก 50mm จนถึง 500mm ของ Rain มีผลต่อการลดลงของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกตั้งแต่ 1.00 ถึง -9.52 เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่เทียบอุณหภูมิจนเฉลี่ยของ T_{max} และ T_{min} ในตาราง 22 แล้วแสดงให้เห็นถึงเมื่ออุณหภูมิจนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 24°C ถึง 34°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้นและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิจนเฉลี่ย 36°C จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลง ส่วนในปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่ขังเกิดการเปลี่ยนผ่านอยู่ในลักษณะของน้ำไหลซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับเจริญเติบโตและขยายจำนวนของยุงลาย นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) เพื่อพิจารณาความเสี่ยงสัมพันธ์ของโรคไข้เลือดออกกับ T_{max} , T_{min} และ Rain เมื่อ T_{max} มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ $1-10^{\circ}\text{C}$ ค่า RR ลดลงจาก $0.84-0.17$ ส่วนค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเป็น $0.985:0.71168$ สำหรับ T_{min} ในช่วงการเปลี่ยนแปลงเดียวกัน ค่า RR เพิ่มขึ้นจาก $1.04-1.49$ ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเท่ากับ $1.08:1.00$ ส่วน Rain เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง $50\text{mm}-500\text{mm}$ ค่า RR ลดลงจาก $0.99-0.90$ ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ คือ $1.000:0.998$

ตาราง 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกจาก
การวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดชลบุรี

variables	PC1	PC2
T_{max}	0.45	0.87
T_{min}	0.66	0.72
Rain	0.89	-0.87
Eigen values	2.20	0.06
% of variance	54.89	32.50

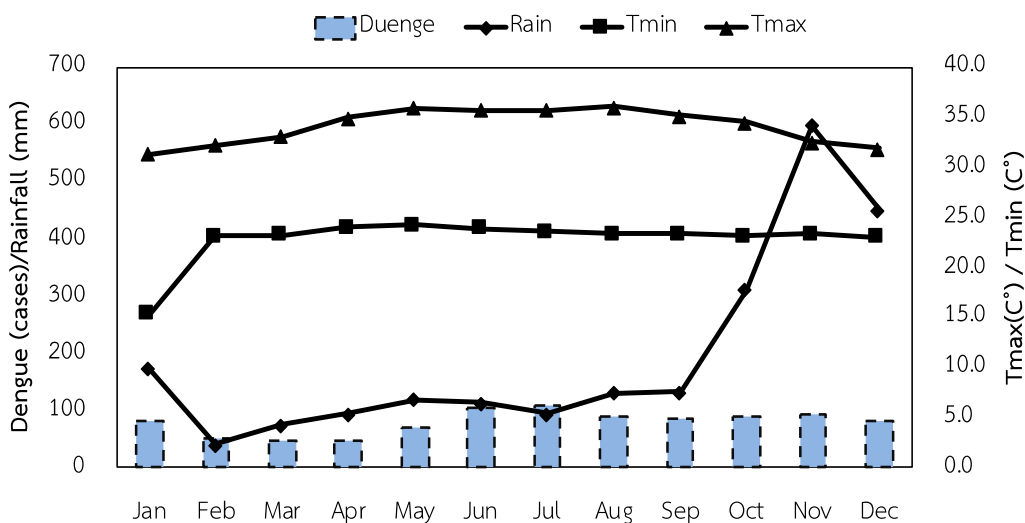
จากตาราง 24 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ PCA สอดคล้องกับการ
วิเคราะห์ PRM พบว่า เมื่อ PC1 แสดงได้ด้วยค่า T_{max} , T_{min} และ Rain ส่วน PC2 แสดงด้วย
ค่า T_{max} และ T_{min} ผลรวมการพิจารณาค่า PC1 และค่า PC2 มีค่าเท่ากับ 87.39%

5. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาภูมิและโรคไข้เลือดออกใน
จังหวัดสงขลา

ตาราง 25 แสดงค่าสถิติทางตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี
ค.ศ. 2003-2019 ในจังหวัดสงขลา

Variables	Average	Median	Minimum	Maximum	Std.	CV (%)
Dengue cases	80	69	0	406	53	67
T_{max} (°C)	34	34	30	38.6	0.4	1
T_{min} (°C)	23	23	19	25.5	0.5	2
Rain (mm)	194	183	0	1353	53	27

จากตาราง 25 แสดงค่าทางสถิติของข้อมูลรายเดือนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้
พบว่า จำนวนของผู้ป่วยไข้เลือดออกมีค่าสูงสุด ในปี ค.ศ. 2013 จำนวน 406 ราย พบว่า
อุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) มีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2010 มีค่าเท่ากับ 38.6°C และ
อุณหภูมิต่ำสุด (T_{min}) มีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2015 มีค่าเท่ากับ 25.5°C ส่วน
ปริมาณน้ำฝน (Rain) สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2015 มีปริมาณ 1353.7mm



ภาพประกอบ 22 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของ T_{min} , T_{max} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดสงขลา

จากภาพประกอบ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก ค่าเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดกรุงเทพมหานครในรอบ 17 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 2003-2019 พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก มีจำนวนผู้ป่วยค่อนข้างที่จะคงที่ตลอดทั้งปี อาจเป็นเพราะว่า พื้นที่ในจังหวัดสงขลาติดกับทะเลจึงทำให้มีฝนตกลงมาตลอดทั้งปีและอุณหภูมิค่อนข้างที่จะคงที่อีกด้วย

ตาราง 26 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ T_{max} , T_{min} , Rain และจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดสงขลา

Variables	The numbers of dengue cases (%)										
	$\nabla 1^{\circ}\text{C}$	$\nabla 2^{\circ}\text{C}$	$\nabla 3^{\circ}\text{C}$	$\nabla 4^{\circ}\text{C}$	$\nabla 5^{\circ}\text{C}$	$\nabla 6^{\circ}\text{C}$	$\nabla 7^{\circ}\text{C}$	$\nabla 8^{\circ}\text{C}$	$\nabla 9^{\circ}\text{C}$	$\nabla 10^{\circ}\text{C}$	
Temperature	T_{max}	7.80	16.21	25.27	35.04	45.57	56.93	69.16	82.36	96.58	111.91
	T_{min}	18.41	40.21	66.03	96.60	132.80	175.66	226.42	286.51	357.68	441.95
Rainfall	$\nabla 50\text{mm}$	-9.52	-18.13	-25.92	-32.97	-39.35	-45.12	-50.34	-55.07	-59.34	-63.21
	$\nabla 100\text{mm}$	-9.52	-18.13	-25.92	-32.97	-39.35	-45.12	-50.34	-55.07	-59.34	-63.21

จากตาราง 26 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยปัวซอง (PRM) สำหรับการเพิ่มขึ้นของ T_{max} และ T_{min} ตั้งแต่ 1-10°C มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออก คือ 7.80 ถึง 441.95 สำหรับการเพิ่มขึ้นทุก 50mm จนถึง 500mm ของ Rain มีผลต่อการลดลงของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกตั้งแต่ -9.52 ถึง -63.21 เมื่อนำผลการวิเคราะห์เทียบอุณหภูมิจึงเฉลี่ยของ T_{max} และ T_{min} ในตาราง 25 แล้วแสดงให้เห็นถึงเมื่อ

อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะเพิ่มขึ้นตามซึ่งต่างจากจังหวัดในภูมิภาคอื่น ส่วนในปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกจะลดลงอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำที่ซึ่งเกิดการเปลี่ยนผ่านอยู่ในลักษณะของน้ำไหลซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับเจริญเติบโตและขยายจำนวนของยุงลาย นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) เพื่อพิจารณาความเสี่ยงสัมพัทธ์ของโรคไข้เลือดออกกับ T_{max} , T_{min} และ Rain เมื่อ T_{max} มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 1-10°C ค่า RR ลดลงจาก 1.08 ถึง 2.12 ส่วนค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเป็น 1.15:1.01 สำหรับ T_{min} ในช่วงการเปลี่ยนแปลงเดียวกันค่า RR เพิ่มขึ้นจาก 1.18 ถึง 5.42 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ มีค่าเท่ากับ 1.00:0.93 ส่วน Rain เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง 50mm-500mm ค่า RR ลดลงจาก 0.90-0.37 ค่าความเชื่อมั่น $CI_{95\%}$ คือ 1.00:1.00

ตาราง 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาและโรคไข้เลือดออกจากการวิเคราะห์ปัจจัย factor loadings ในจังหวัดสงขลา

variables	PC1	PC2
T_{max}	-0.25	0.83
T_{min}	0.70	0.46
Rain	0.65	-0.48
Eigen values	1.49	1.21
% of variance	37.36	30.25

จากตาราง 27 แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ PCA สอดคล้องกับการวิเคราะห์ PRM พบว่า เมื่อ PC1 แสดงได้ด้วยค่า T_{min} , และ Rain ส่วน PC2 แสดงด้วยค่า T_{max} และ T_{min} ผลรวมการพิจารณาค่า PC1 และค่า PC2 มีค่าเท่ากับ 67.61%

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีทางภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิช่วง 30 ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019 ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิได้จากของกรมอุตุนิยมวิทยาและหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกทำการศึกษาในช่วง 17 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2003–2019 ข้อมูลผู้ป่วยไข้เลือดออกได้จากกระทรวงสาธารณสุข พื้นที่ศึกษามีจำนวน 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดชลบุรี และจังหวัดสงขลา วิเคราะห์โดยใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอย การทดสอบของแมนน์-เคนดอลล์ แบบจำลองการถดถอยบัวซอง และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักด้วยโปรแกรม RCLimDex 1.0 และ Xlstat 2020 สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสถานะความรุนแรงของอุณหภูมิในประเทศไทย พบว่า ดัชนีสถานะสุดขีดของอุณหภูมิทุกภูมิภาคของประเทศไทยหลายดัชนี มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะคล้ายคลึงกันเกือบทุกภูมิภาค ดัชนีสัมบูรณ์ที่บอกถึงค่าแนวโน้มของอุณหภูมิได้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนที่สุดคือ TNmean มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกภูมิภาคและจังหวัดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ เชียงใหม่ ($0.82^{\circ}\text{C}/10$ ปี) TXmean มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกภูมิภาค (มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3 สถานีจากทั้งหมด 5 สถานี) จังหวัดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ เชียงใหม่ ($0.56^{\circ}\text{C}/10$ ปี) เช่นกัน ในส่วน TXx, TXn, TNx, TNn พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น DTR ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น จังหวัดสงขลา ดัชนีที่บอกถึงค่าแนวโน้มความถี่ พบว่า ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศเย็น ได้แก่ TX10p, TN10p และ CSDI พบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น สำหรับดัชนีที่เกี่ยวข้องกับอากาศที่อบอุ่น ได้แก่ TX90p, TN90p, SU35, TR25 และ WSDI มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของ Limjirakan and Limsakul (2012) พบว่า 83.1% ถึง 90.8% ของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศผิวพื้นทั้งหมดของ

กรมอุตุนิยมวิทยา แสดงแนวโน้มการลดลงและเพิ่มขึ้นของดัชนีจำนวนคืน/วันที่หนาวและอบอุ่นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยแล้วพบว่า จำนวนคืนวันที่หนาวในประเทศไทย ลดลง 12 และ 8 วันในรอบ 40 ปี ในทางกลับกัน จำนวนคืน/วันที่อบอุ่น เพิ่มขึ้น 14.4 และ 13.6 วันในรอบ 40 ปี และ นางคณาถ อุประสิทธิ์วงศ์ (2002) ได้ศึกษาเหตุการณ์ผิดปกติทางภูมิอากาศ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าแนวโน้มของ ดัชนีชี้วัดอุณหภูมิส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยวันอากาศอุ่น (Warm days) คืนอากาศอุ่น (Warm nights) วันอากาศร้อน (Hot days) และคืนอากาศร้อน (Hot nights) มีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่วันอากาศเย็น (Cool days) คืนอากาศเย็น (Cool nights) วันอากาศหนาว (Cold days) และคืนอากาศหนาว (Cold nights) เช่นกัน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีแนวโน้มการ

เปลี่ยนแปลงสถานะความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย พบว่า ดัชนีความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่ไม่พบแนวโน้มที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอธิบายได้จากดัชนีปริมาณเฉลี่ยน้ำฝนในวันที่ฝนตกรวมทั้งปี SDII ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง ยกเว้น จังหวัดกรุงเทพมหานคร ส่วน PRCPTOT ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้น จังหวัดสงขลา ดัชนีปริมาณรวมของน้ำฝนของวันที่ฝนตกต่อเนื่อง Rx1day มีแนวโน้มลดลงเกือบทุกสถานี ยกเว้น จังหวัดขอนแก่น ส่วน Rx5day ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้น จังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดสงขลา ดัชนีปริมาณน้ำฝนที่เกี่ยวข้องกับเปอร์เซ็นต์ไทล์ R95p ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง ยกเว้น จังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดชลบุรี ส่วน R99p ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นยกเว้น จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดสงขลา ในส่วนของดัชนีที่แสดงถึงความถี่ของจำนวนวันที่ฝนตกหนัก R10 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและพบว่าจังหวัดกรุงเทพมหานครเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น จังหวัดสงขลา ส่วน R20 ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้น จังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดสงขลา ดัชนีของวันที่ฝนไม่ตก CDD ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงยกเว้น จังหวัดสงขลา พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของดัชนีวันที่ฝนตก CWD ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง ยกเว้นจังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดขอนแก่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ นางคณาถ อุประสิทธิ์วงศ์ (2002) ได้ศึกษาเหตุการณ์ผิดปกติทางภูมิอากาศ จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าแนวโน้มของดัชนีชี้วัดสถานะฝนส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยปริมาณฝนรายปี จำนวนวันที่มีฝน ความถี่ที่มีฝนมากผิดปกติ และความแรงฝนส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลง ขณะที่สัดส่วนฝนมีแนวโน้มสูงขึ้น

เกือบทุกสถานี และ การศึกษาปริมาณฝนของ Limsakul and Singhruck, (2016) พบว่า ปริมาณฝนสะสมรายปีในภาคใต้ฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยในช่วง ค.ศ. 1955–2014 มี แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ตรงข้าม กล่าวคือ ลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ผลการศึกษาล่าสุด พบความสัมพันธ์แบบไม่สมมาตรระหว่างดัชนีเอ็นโซและ ความแปรปรวนในคาบเวลาระหว่างปีถึงระหว่างทศวรรษของฝนในประเทศไทย ซึ่งบ่งชี้ถึง เหตุการณ์ Elo Nino มีอิทธิพลต่อปริมาณฝนมากกว่าเหตุการณ์ La Nina

ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยากับจำนวน ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย พบว่า แนวโน้มของอุณหภูมิ T_{max} และ T_{min} มี แนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 30 ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1990–2019 และปริมาณฝนตกมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน การวิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกกับตัวแปรทาง อุตุนิยมวิทยา พบว่า ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างโรคไข้เลือดออกกับ T_{max} และ T_{min} และนับว่าแบบจำลอง PRM สามารถทำนายได้ด้วยข้อผิดพลาดที่ยอมรับได้ตาม การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกตามตัวแปรภูมิอากาศนี้ และจากการวิเคราะห์ ผ่าน PCA สังเกตว่าความสัมพันธ์ที่มีน้ำหนักมากที่สุด คือ T_{max} และ T_{min} ตามมาด้วย Rian แต่อย่างไรก็ตาม เราพบว่าจังหวัดสงขลามีค่าความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ออกมาไม่เป็นไป ตามพื้นที่ส่วนใหญ่ อาจเป็นเพราะภูมิอากาศของพื้นที่ของจังหวัดสงขลาอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ ของประเทศและติดกับทะเลทำให้มีฝนตกชุกตลอดทั้งปีซึ่งภูมิอากาศต่างจากภูมิภาคอื่นจึง เป็นผลทำให้ผลการวิเคราะห์ต่างกันออกไป จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จึงสามารถบอกได้ ว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิยังส่งผลกับการเกิดพาหะนำโรค โดยที่ทำให้เกิดอัตราเร่งการ เฒ่า ผลาญพลังงานของแมลง รวมทั้งการเพิ่มการผลิตไข่และความถี่การกินเลือดเป็น อาหาร ซึ่งการระบาดอย่าง รุนแรงมักเกิดหลังจากช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นของฝนและ/หรือ อุณหภูมิ ดังนั้น มีความเป็นไปได้ในการส่งผลให้เกิด การเพิ่มขึ้นของสายพันธุ์พาหะนำโรค โดยแมลง (Kilian AHD, 1999) และอัตราการเติบโต (Jetten TH, 1994) รวมถึงเพิ่มวงจร ชีวิตในยุงของเชื้อ และการอยู่รอดของแมลงที่เป็นพาหะ อุณหภูมิที่สูงขึ้นไม่เพียงแต่ส่งเสริม ให้เกิดพาหะของโรคเท่านั้น ยังพบว่ามี การเกิดโรคอุบัติใหม่และโรคที่เคยสูญหายไปแล้วใน อดีตเกิดขึ้น โดยที่สามารถแพร่ระบาดไปยังพื้นที่ที่ไม่เคยพบการแพร่ระบาด รวมทั้ง ครอบคลุมเป็นพื้นที่กว้างขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ เหมาะแก่การ เพาะพันธุ์และเจริญเติบโตของเชื้อโรคและพาหะนำโรค

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมโรค. (2559). *สรุปรายงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาประจำปี 2554-2558*. เข้าถึงได้จาก http://www.boe.moph.go.th/Annual/Total_Annual.html. 20 ตุลาคม 2563.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2557). *ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์*. เข้าถึงได้จาก <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=89>. 20 ตุลาคม 2563.
- กาญจนา นาตะภากร และจิตติ จันทรแสง. (2555). *ชุดโครงการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายและขับเคลื่อนระบบสุขภาพและสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.
- จิตติ จันทรแสง และกาญจนา นาตะภากร. (2555). *โครงการศึกษาสถานการณ์และการเตรียมความพร้อม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.
- นงคณาถ อุประสิทธิ์วงศ์. (2544). *ดัชนีและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- วัชรวิ แก้วนอกเขา และสมาน สยมภูรุจินันท์ ปภานิจ สวงโท. (2556). *สถานการณ์ไข้เลือดออก ไข้เลือดออกช็อกและไข้แดงกึ่งในประเทศไทย*. นนทบุรี: สำนักกระบาดวิทยา.
- วิกานดา วรรณวิเศษ. (2558). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบต่อประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). *รายงานสรุปการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย*. กรุงเทพฯ: เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลส์พับลิเคชัน.
- Alexander, L. V., Uotila, P., & Nicholls, N. (2009). Influence of sea surface temperature variability on global temperature and precipitation extremes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D18), 1-13.

- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., ... & Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *111*(D5), 1–22.
- Apiratikorn, S., Sdoodee, S., & Limsakul, A. (2014). Climate-related changes in tropical-fruit flowering phases in Songkhla Province, Southern Thailand. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, *7*(15), 3150–3158.
- Arifwidodo, S. D., & Tanaka, T. (2015). The characteristics of urban heat island in Bangkok, Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *195*, 423–428.
- Caesar, J., Alexander, L. V., Trewin, B., Tse-Ring, K., Sorany, L., Vuniyayawa, V., & Sirabaha, S. (2011). Changes in temperature and precipitation extremes over the Indo-Pacific region from 1971 to 2005. *International Journal of Climatology*, *31*(6), 791–801.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2014). *Climate Effects on Health*. Available from <https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects>. Nov 6th, 2020
- Chivapak, s. (2007). *Variability and climate change*. Available from <http://www.tmd.go.th/ncct/article/2550.pdf>. Nov 6th, 2020.
- Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y., ... & Zhou, Y. (2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, *29*(13), 1906–1925.
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *science*, *289*(5487), 2068–2074.
- Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., & Dahe, Q. (Eds.). (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*. United Kingdom: Cambridge University Press.

- Gaffen, D. J., & Ross, R. J. (1998). Increased summertime heat stress in the US. *Nature*, 396(6711), 529–530.
- Hokao, K., & Phonekeo, V. (2012). Assessing the impact of urbanization on urban thermal environment: A case study of Bangkok Metropolitan. *International Journal of Applied*, 2(7), 243–256.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001 Working Group I: The Scientific Basis*. Available from <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/088.htm>. Nov 6th, 2020.
- Jetten, T. H., & Takken, W. (1994). *Anophelism without malaria in Europe: a review of the ecology and distribution of the genus Anopheles in Europe*. (No. 94–5). Netherlands: Wageningen Agricultural University.
- Jones, P. D., Parker, D. E., Osborn, T. J., & Briffa, K. R. (2006). Global and hemispheric temperature anomalies—land and marine instrumental records. United Kingdom. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25(2), 1213–1230.
- Jongtanom, Y., Kositanont, C., & Baulert, S. (2011). Temporal variations of urban heat island intensity in three major cities, Thailand. *Modern Applied Science*, 5(5), 105.
- Kilian, A. H. D., Langi, P., Talisuna, A., & Kabagambe, G. (1999). Rainfall pattern, El Niño and malaria in Uganda. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(1), 22–23.
- Klongvessa, P., & Chotpantararat, S. (2015). Statistical analysis of rainfall variations in the Bangkok urban area, Thailand. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(6), 4207–4219.
- Kreft, S., Eckstein, D., Dorsch, L., & Fischer, L. (2016). *Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2014 and 1995 to 2014. Global climate risk index*. Germany: Germanwatch.
- Limjirakan, S., & Limsakul, A. (2012). Observed trends in surface air temperatures and their extremes in Thailand from 1970 to 2009. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 90(5), 647–662.

- Limsakul, A., & Singhruck, P. (2016). Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand. *Atmospheric Research*, (169), 301–317.
- Limsakul, A., Limtong, P., & Chidthaisong, A. (2014). Evaluating the potential impacts of high temperature on rice production in Northeast Thailand. *J Sustain Energy Environ*, 5, 65–74.
- Nakhapakorn, K., & Tripathi, N. K. (2005). An information value based analysis of physical and climatic factors affecting dengue fever and dengue haemorrhagic fever incidence. *International journal of health geographics*, 4(1), 1–13.
- Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., and other. Solomon S. (2012). *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*. Available from https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm. Nov 6th, 2020.
- Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., & Qin, D. (2007). *Climate change 2007—the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. (Vol. 4). United Kingdom: Cambridge university press.
- Stocker, T. (Ed.). (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom: Cambridge university press.
- World Health Organization. (2015). *Climate change and health*. Available from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en>. Nov 6th, 2020.
- Young, P. C. (2002). Advances in real-time flood forecasting. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360(1796), 1433–1450.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบการขอข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

แบบการขอข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

วันที่ 16 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563

คำขอเลขที่/.....

เรื่อง ขอข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้างานบริการข้อมูล

ข้าพเจ้า นายวิทยา ผิวงาม โทรศัพท์ .0847951125

ในนามของ..... มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัตรประจำตัว 1470700043793...ข้าราชการ และรัฐวิสาหกิจ บริษัท ห้างร้าน และเอกชน สถาบัน เลขที่บัตร

ก. ราคาข้อมูลกระดาษต่อเนื่อง

1. ข้อมูลรายชั่วโมง	ต่อชนิดข้อมูล / สถานี / เดือน	8	บาท
2. ข้อมูลราย 3 ชั่วโมง	ต่อชนิดข้อมูล / สถานี / เดือน	4	บาท
3. ข้อมูลรายวัน	ต่อชนิดข้อมูล / สถานี / ปี	4	บาท
4. ข้อมูลรายเดือน	ต่อชนิดข้อมูล / สถานี หรือภาค / ปี	1	บาท
5. ข้อมูลผลสรุปรายวัน	ต่อสถานี / เดือน	4	บาท
6. ข้อมูลสถิติภูมิอากาศ	รายปี / รายคาบ แผ่นละ	10	บาท

ข. ราคาข้อมูลบันทึกบนแผ่นแม่เหล็ก (ไม่รวมราคาแผ่นแม่เหล็ก)

พันตัวอักษรละ (1 KB) 2 บาท

ค. ผลการวิเคราะห์และสรุปข้อมูลเฉพาะกรณีเป็นพิเศษ (ใช้ในการทำนิติกรรม)

กรณีละ 200 บาท

(กรอกรายละเอียดการขอข้อมูลให้ชัดเจน เช่น ข้อมูลอะไร สถานี หรือ ภาคไหน และ เดือน ปี ที่ต้องการ)

ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุด-ต่ำสุด

- สถานีอุตุนิย เชียงใหม่, ขอนแก่น, กรุงเทพมหานคร, ชลบุรี, สงขลา ข้อมูลรายวัน(ค่าสูงสุด-ต่ำสุด) ตั้งแต่ปี 1990 – 2019

ข้าพเจ้าจะนำข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยดังกล่าวไปใช้เพื่อการ ...ทำวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ....

และ ขอรับรองว่าจะไม่นำข้อมูลนี้ไปใช้ในการประกอบนิติกรรมใด ๆ ทั้งสิ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย

ขอแสดงความนับถือ

ลงชื่อวิทยา ผิวงาม.....ผู้ยื่นคำขอ

(นายวิทยา ผิวงาม)

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลในงานวิจัย

ตาราง 28 ข้อมูลของจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003–2019

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2003	24	30	24	27	56	55	65	34	33	18	12	5
2004	8	4	2	5	14	33	26	33	23	10	9	6
2005	7	10	3	2	32	44	42	62	46	26	15	8
2006	81	29	47	21	58	142	108	118	87	105	71	129
2007	16	6	13	20	43	80	78	57	66	22	13	7
2008	10	3	4	20	33	60	53	42	27	19	24	4
2009	0	1	4	4	23	72	48	79	36	31	24	10
2010	13	28	46	13	26	44	94	119	98	34	9	23
2011	5	4	2	12	57	113	125	92	60	29	32	22
2012	25	19	32	30	67	127	136	97	125	100	103	99
2013	80	35	64	60	118	222	352	465	208	57	16	0
2014	4	12	15	3	11	27	47	50	49	33	17	9
2015	1	3	10	22	47	100	162	186	209	152	161	62
2016	42	35	27	13	20	52	79	94	66	28	12	7
2017	6	2	3	4	16	38	45	43	25	10	7	3
2018	5	5	6	9	64	132	138	143	120	67	83	80
2019	98	87	122	65	128	406	307	323	315	242	192	48
Average	25	18	25	19	48	103	112	120	94	58	47	31
Median	10	10	13	13	43	72	79	92	66	31	17	9
Minimum	0	1	2	2	11	27	26	33	23	10	7	0
Maximum	98	87	122	65	128	406	352	465	315	242	192	129
Std.	30	21	30	18	33	90	88	111	79	60	55	38

ตาราง 29 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003-2019

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2003	0	53	134	50	140	172	182	305	370	62	0	0
2004	5.2	75	0.5	190	192	137	271	236	114	1	0.8	0
2005	0.1	0	6.9	82	152	105	104	159	283	16	28	1.7
2006	0	34	7	81	175	209	176	189	151	173	5.8	0
2007	0	59	9.6	23	228	121	199	313	239	172	15	0
2008	8.4	2.7	53	337	139	133	338	212	409	56	95	0
2009	0	4.9	53	129	158	85	175	181	217	38	0.4	0
2010	70	16	0.1	66	94	182	176	330	184	112	0.1	0
2011	0	1.6	16	52	105	156	269	223	368	177	12	0
2012	39	0	36	124	224	87	96	230	135	34	30	0
2013	7.4	0	54	7.3	108	57	249	172	214	41	1.4	32
2014	0	0	8.9	155	74	95	155	201	258	19	6.9	0.1
2015	0	42	39	42	56	179	136	284	145	40	43	0
2016	28	0	1	103	103	155	189	225	266	155	143	0.7
2017	1.2	4.6	44	37	188	267	320	229	114	214	0.9	6.3
2018	1	5.4	28	206	163	217	213	67	300	78	16	4.2
2019	0	14	45	58	216	64	111	212	308	23	18	0
Average	9	18	32	102	148	142	198	222	240	83	24	3
Median	0.1	4.9	28	81	152	137	182	223	239	56	12	0
Minimum	0	0	0.1	7.3	56	57	96	67	114	1	0	0
Maximum	70	75	134	337	228	267	338	330	409	214	143	32
Std.	18.5	23.8	32.2	80.5	50.8	56.2	69.5	61.8	89.8	66.9	37.5	7.5

ตาราง 30 ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003–2019

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2003	34	36	38	39	40	37	36	36	34	36	36	33
2004	34	37	40	40	37	36	36	34	34	34	36	32
2005	37	39	40	40	39	36	37	36	35	34	35	34
2006	36	37	39	39	37	38	35	35	36	34	35	34
2007	34	38	39	41	37	37	35	36	35	33	32	35
2008	35	35	38	39	36	36	36	35	35	34	33	31
2009	34	39	38	40	38	37	36	37	36	34	38	35
2010	35	38	39	41	41	40	37	35	35	34	34	34
2011	32	38	39	39	36	36	39	35	33	33	34	32
2012	33	38	39	39	38	36	36	35	34	35	36	35
2013	33	38	40	42	40	37	37	35	35	33	35	32
2014	33	36	40	41	39	38	36	36	35	34	36	33
2015	34	37	38	41	39	39	40	36	35	34	36	35
2016	36	38	41	42	40	38	37	36	35	35	34	33
2017	33	39	40	39	40	37	34	36	36	33	35	32
2018	34	37	39	39	37	36	35	36	37	35	36	38
2019	35	38	38	42	41	39	38	37	35	37	36	35
Average	34	38	39	40	39	37	36	36	35	34	35	34
Median	34	38	39	40	39	37	36	36	35	34	35	34
Minimum	32	35	38	39	36	36	34	34	33	33	32	31
Maximum	37	39	41	42	41	40	40	37	37	37	38	38
Std.	1.3	1.1	0.9	1.1	1.6	1.2	1.5	0.8	0.9	1.1	1.4	1.7

ตาราง 31 ข้อมูลอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดขอนแก่น ค.ศ. 2003-2019

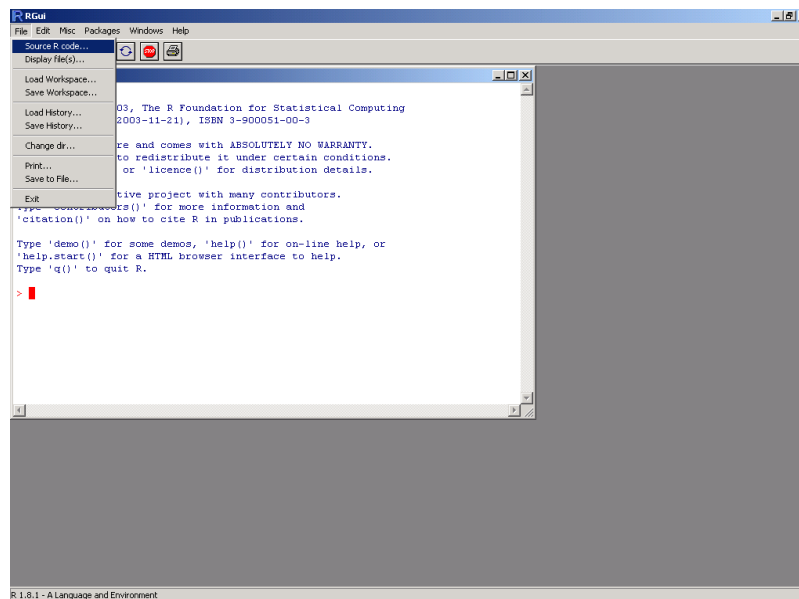
ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2003	12.5	13.3	17.5	22	22.5	23.1	23.3	23	23	21	16.5	12.2
2004	13	13.2	17.4	21.5	22.8	21.1	22.3	22.9	22.5	20	17	14.1
2005	11	17.7	13.2	20	23	23.2	23	22.5	23	20.7	16	12.8
2006	14.5	18	16	22	20.6	23.2	23	22.2	22.3	21.5	18.5	12
2007	13	12.6	20	21.9	22.6	24	22	22.5	21.7	20.6	13.4	15.6
2008	11.9	13.9	16.5	22	23.2	22.7	22.2	22.6	23.4	23	13.4	14
2009	10.2	17.9	16.8	21.7	22.3	22.8	22.6	23	23.1	22	14	15.7
2010	15.1	17.2	18.5	22.9	24.4	22.9	22.7	21.9	22.4	14.9	15	13.5
2011	11.8	14.4	13.2	19.7	22.1	22.7	22.6	21.1	22.6	20.2	18	11.6
2012	15.4	15	19.6	21	22.6	22.3	22.2	21.3	22.2	21.5	20.4	15.9
2013	14.7	19	18.2	22.1	22.7	22.7	23	23.2	22.3	19.6	16.5	11.6
2014	10.2	16.6	19.8	20.2	23.1	23.1	23.4	23.3	22.5	21.7	18	14
2015	11.6	15.8	22	19.9	24.4	22.7	21.6	21.3	23	20.6	20.1	14
2016	9.5	10.3	15.6	22.5	22.8	22.9	21.5	22.8	22.3	22.8	18.3	14.9
2017	16.5	14.9	18.1	20	22.3	23.1	22.1	22.1	22.4	19	17.1	10.1
2018	13.5	11.7	17.5	17.2	22.5	21.9	23.5	23.3	21.9	19.3	17.3	17.5
2019	15.7	11.3	23.5	24.4	23.5	24	22.6	22.6	23.1	19.5	18.8	11.1
Average	13	15	18	21	23	23	23	22	23	20	17	14
Median	13	14.9	17.5	21.7	22.7	22.9	22.6	22.6	22.5	20.6	17.1	14
Minimum	9.5	10.3	13.2	17.2	20.6	21.1	21.5	21.1	21.7	14.9	13.4	10.1
Maximum	16.5	19	23.5	24.4	24.4	24	23.5	23.3	23.4	23	20.4	17.5
Std.	2.1	2.5	2.6	1.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.4	1.8	2.0	1.9

ภาคผนวก ค

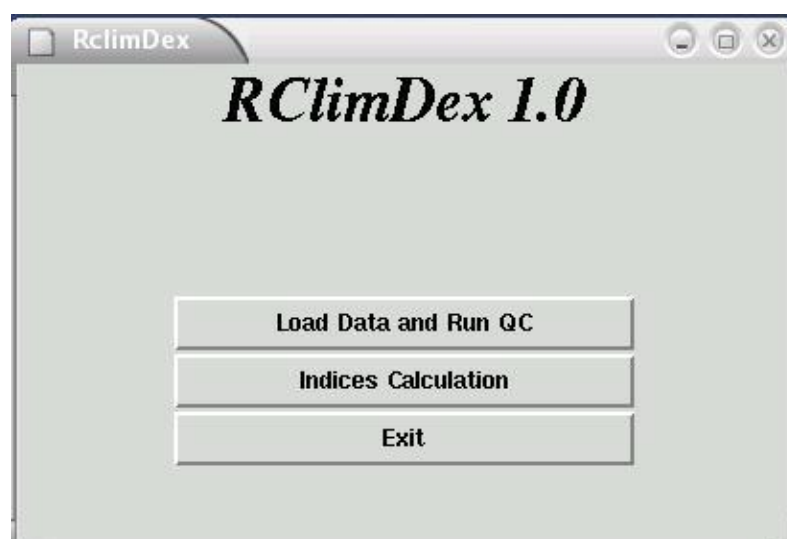
วิธีการใช้งานโปรแกรม RClmDex.

1. เตรียมโปรแกรม RclimDex

โหลด `source("rclimdex.r")`. เข้าสู่โปรแกรม สามารถดาวน์โหลดเวอร์ชันล่าสุดจากเว็บไซต์ ETCCDMI โดยป้อนแหล่งที่มา (<http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/RclimDex/rclimdex.r>) โดยเลือกที่ File และคลิกที่ Source R code

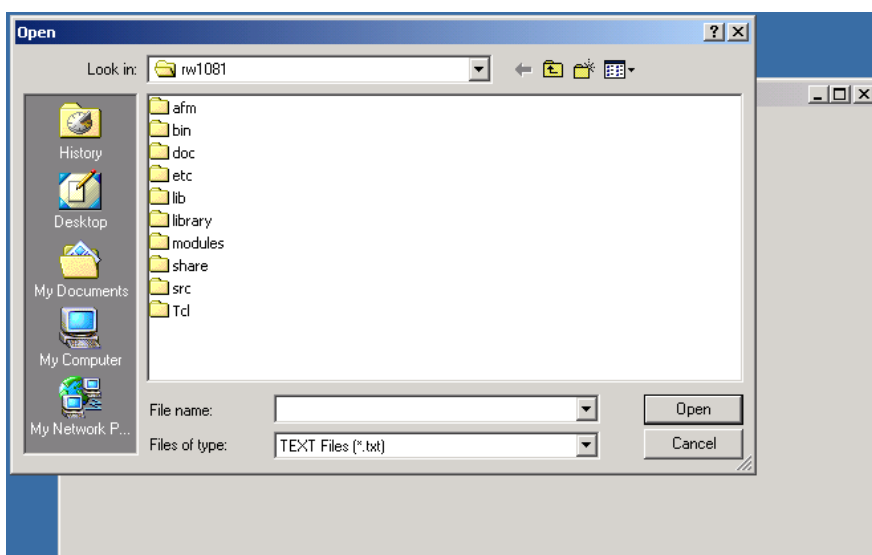


เมื่อโหลดซอร์สโค้ดสำเร็จเมนูหลัก RclimDex จะปรากฏขึ้น

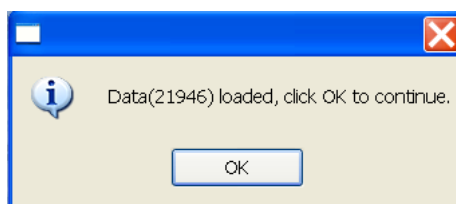


2. โหลดข้อมูลและตรวจสอบคุณภาพ

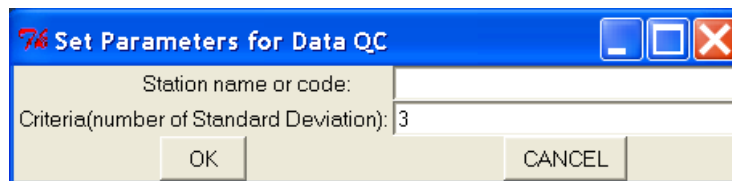
การควบคุมคุณภาพข้อมูลเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการคำนวณดัชนี RCLimDex QC ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้: 1) แทนที่ค่าที่ขาดหายไปทั้งหมด (ให้ใส่รหัสเป็น -99.9) เป็นรูปแบบภายในที่ R รับรู้ และ 2) แทนที่ค่าที่ไม่สมเหตุผลทั้งหมดเป็น NA ค่าเหล่านี้รวมถึง a) ปริมาณฝนรายวันน้อยกว่าศูนย์และ b) อุณหภูมิสูงสุดรายวันน้อยกว่าอุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน จากนั้นโหลดข้อมูลและเรียกใช้ QC จากเมนู RCLimDex เพื่อเปิดหน้าต่างดังรูป หลังจากนั้นเลือกไฟล์ข้อมูลที่จะคำนวณดัชนี



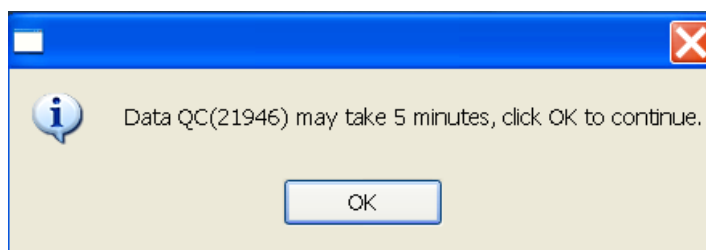
ชื่อไฟล์ควรอยู่ในรูปแบบ "stationname.txt" หน้าต่างจะปรากฏดังภาพเมื่อโหลดข้อมูลของสถานีนั้นสำเร็จ



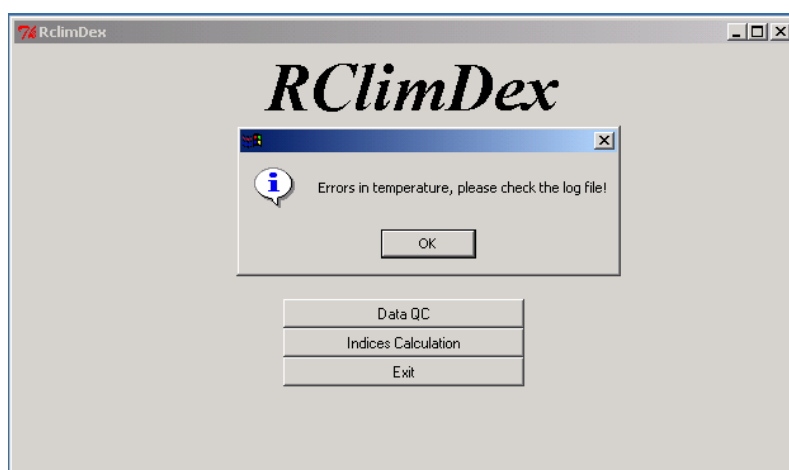
ข้อความแสดงข้อผิดพลาดจะปรากฏในคอนโซล R หากขั้นตอนนี้ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งมักเกิดจากรูปแบบข้อมูลที่ป้อนไม่ถูกต้อง ส่วนค่าที่ไม่สมเหตุผลจะถูกระบุโดยอัตโนมัติ แต่การระบุค่าผิดปกติในข้อมูลอุณหภูมิจำเป็นต้องมีการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้



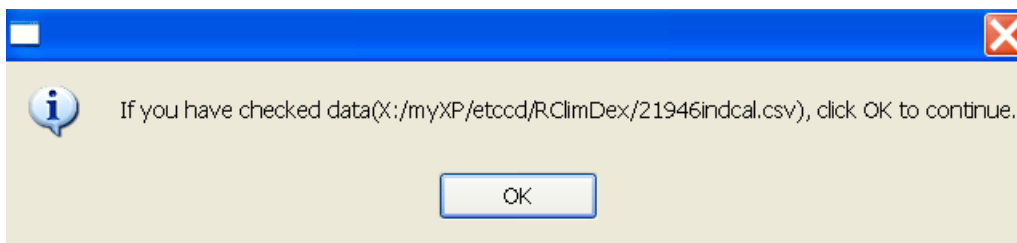
ค่าเริ่มต้นสำหรับ Criteria คือ 3 (เกณฑ์ในหน้าต่าง “ ตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพข้อมูล”) แต่ตัวเลขนี้อาจถูกเขียนทับโดยผู้ใช้ เนื่องจากค่า 3 อาจตั้งค่าสถานะเป็นค่าจำนวนมากผู้ใช้อาจต้องการเริ่มต้นด้วยการตั้งค่านี้เป็น 4 ในส่วนของ "ชื่อสถานีหรือรหัส" “ไม่จำเป็นต้องกรอกเนื่องจากพารามิเตอร์นี้มีไว้สำหรับใช้ในภายหลังหลังจากตั้งค่าพารามิเตอร์แล้วให้คลิก “ OK ” เพื่อดำเนินการต่อ



ในพีซีบางเครื่องที่ทำงานช้าลงขั้นตอนนี้อาจใช้เวลาสักครู่ ต่อมาหน้าต่างจะปรากฏขึ้นหากพบค่าที่ไม่สมเหตุสมผล ตัวอย่างเช่นเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดรายวันมากกว่าอุณหภูมิสูงสุดประจำวันข้อความต่อไปนี้จะปรากฏขึ้นกลับไปเช็คข้อมูลให้ถูกต้อง



หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ผู้ใช้สามารถคลิกตกลงบนหน้าต่างต่อไปนี้เพื่อ
ดำเนินการคำนวณดัชนี



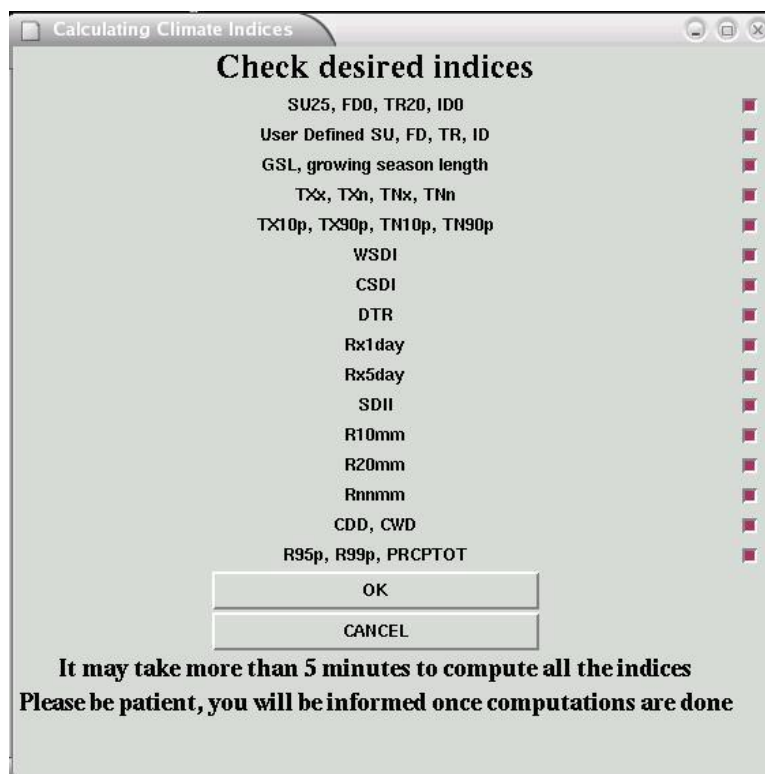
โปรดทราบว่าดัชนีคำนวณจากข้อมูล QC ไฟล์อินพุตต้นฉบับไม่มีการ
เปลี่ยนแปลงในลักษณะใด ๆ ดังนั้นหากผู้ใช้เลือกที่จะแก้ไขไฟล์ข้อมูลต้นฉบับเพื่อแก้ไขค่าที่
เป็นปัญหาบางค่าขั้นตอนการโหลดข้อมูลและเรียกใช้ QC จะต้องดำเนินการอีกครั้งกับชุด
ข้อมูลที่ปรับปรุงแล้วก่อนที่การเปลี่ยนแปลงจะแสดงในการคำนวณดัชนี

3. การคำนวณดัชนี

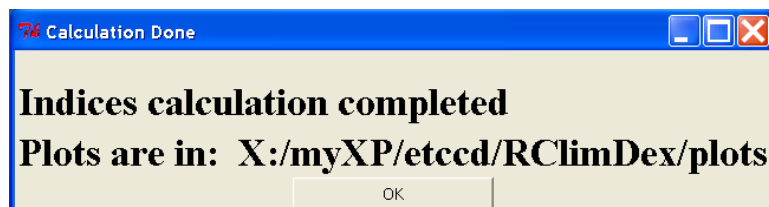
RClimDex สามารถคำนวณดัชนีหลักทั้งหมด 27 ดัชนี อย่างไรก็ตามผู้ใช้อาจ
คำนวณเฉพาะดัชนีที่ต้องการ ก่อนที่จะเลือกดัชนี ให้ตั้งค่าช่วงเวลาและค่ามาตรฐานของ
พื้นที่ที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลก่อน

User defined parameters for Indices Calculation	
First year of base period	1961
Last year of base period	1990
Latitude of this station location	0
Longitude of this station location	0
User defined upper threshold of daily maximum temperature	25
User defined lower threshold of daily maximum temperature	0
User defined upper threshold of daily minimum temperature	20
User defined lower threshold of daily minimum temperature	0
User defined daily precipitation threshold	25

เมื่อขั้นตอนนี้เสร็จสิ้นหน้าต่างจะปรากฏขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้เลือกดัชนีที่ต้องการ
สำหรับการคำนวณ ดัชนีทั้งหมดจะถูกเลือกโดยค่าเริ่มต้น



หน้าต่างนี้จะปรากฏขึ้นเมื่อคำนวณดัชนีที่เลือกเสร็จแล้ว



ภาคผนวก ง

หนังสือรับรองการร่วมประชุม CAJG



Certificate of Contribution

Springer, part of Springer Nature, wishes to express its appreciation to

Wilawan Kumharn

for the **paper they contributed** to the proceedings (published by Springer) of the 3rd Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG), held online, on 2–5 November 2020

(Paper number 410) The relationship between climate and dengue in Bangkok.

Author(s): Wittaya Pivngam, Oradee Pilahome, Somboon Chaochaikong, Wilawan Kumharn

Nabil Khelifi
Springer MENA Program
Dr. Nabil Khelifi, Senior Editor

AA
CAJG General Chair
Prof. Dr. Abdullah Al-Amri



3rd CONFERENCE OF THE ARABIAN
JOURNAL OF GEOSCIENCES (CAJG)
Online | 2–5 November 2020
www.cajg.org

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	วิทยา ผิวงาม
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 2 เดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2335
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 34 หมู่ 8 ตำบลนิคมน้ำจืด อำเภอนิคมน้ำจืด จังหวัดสกลนคร 47270
ตำแหน่งปัจจุบัน	ครู
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2554	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมวาริชภูมิ อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร
พ.ศ. 2559	ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) วิชาเอกฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2559	ครูผู้ช่วย โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร
พ.ศ. 2561	ครู คศ. 1 โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร