

การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) : กรณีศึกษาพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

พลเพชร สมานมิตร¹ จุติเทพ วงษ์เพ็ชร² เกศวรา ลิทธิโชค² ศศิวิมล ขาวโกมล^{3*} และ ทรงศักดิ์ ภัทรารุณชัย³
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

* Corresponding Author: fengsmk@ku.ac.th

¹ นิสิต ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

³ อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

ข้อมูลบทความ บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 23 พฤศจิกายน 2564

แก้ไข : 29 ธันวาคม 2565

ตอบรับ : 14 กรกฎาคม 2566

DOI: 10.14456/kmuttrd.2023.15

คำสำคัญ : โครงการเขตพัฒนาพิเศษ
ภาคตะวันออก / ดัชนีความแห้งแล้ง /
ภัยแล้ง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) โดยวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกเป็นระยะเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) วิเคราะห์ดัชนี SPEI ใน 3 รูปแบบ คือ SPEI3, SPEI6 และ SPEI12 ซึ่งเป็นการพิจารณาดัชนี SPEI ในลักษณะค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ช่วงระยะเวลา 3 เดือน 6 เดือน และ 12 เดือน ตามลำดับ จากผลการศึกษา พบว่า ดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.00 ถึง 0.24 ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงค่าปกติ ส่วนค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของดัชนี SPEI อยู่ในระดับความแห้งแล้งรุนแรงมากถึงมากที่สุดและความชุ่มชื้นมากถึงมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าร้อยละของโอกาสในการเกิดความแห้งแล้งระดับปานกลาง มาก และมากที่สุด พบว่า มีค่าร้อยละ 10.24, 4.02 และ 0.81 สำหรับกรณีการวิเคราะห์รูปแบบ SPEI3 มีค่าร้อยละ 10.58, 4.30 และ 1.05 สำหรับกรณีการวิเคราะห์รูปแบบ SPEI6 มีค่าร้อยละ 9.83, 4.05 และ 0.92 และสำหรับกรณีการวิเคราะห์รูปแบบ SPEI12 มีค่าร้อยละ 10.32, 3.73 และ 0.47 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ภัยแล้งในช่วงระยะเวลาส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตามยังคงมีสถานการณ์ภัยแล้งที่มีความรุนแรงในระดับต่าง ๆ เกิดขึ้นร่วมด้วยในพื้นที่การศึกษา โดยผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำและการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

Drought Analysis via the Use of Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI): A Case Study of the Eastern Economic Corridor

Polpech Samanmit¹, Jutithev Vongphet², Ketvara Sittichok², Sasiwimol Khawkomol^{3*} and Songsak Puttrawutichai³

Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng saen, Nakhon pathom 73140

* Corresponding Author: fengsmk@ku.ac.th

¹ Student, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen

² Assistant Professor, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen

³ Lecturer, Irrigation Engineering Department, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen

Article Info

Article History:

Received: November 23, 2021

Revised: December 29, 2022

Accepted: July 14, 2023

DOI: 10.14456/kmuttrd.2023.15

Keywords : Eastern Economic Corridor / Drought indices / Drought

Abstract

The objective of the present research was to analyze the severity level of drought by using the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) through the analysis of the climate data from meteorological stations covering the Eastern Economic Corridor (EEC) over a period of 30 years (1990 – 2019). SPEI indices were analyzed in 3 forms viz. SPEI3, SPEI6 and SPEI12, which considered the moving averages over 3-month, 6-month and 12-month periods, respectively. The results showed that the average SPEI indices in 3 forms were between 0.00 and 0.24, which were near normal. The minimum and maximum values of SPEI were at levels of drought conditions, both the severe to extreme drought and severe to extreme wet. However, when considering the average duration of moderate drought, severe drought and extreme drought, the values were 10.24, 4.02 and 0.81. Based on SPEI3 analysis, the index values were 10.58, 4.30 and 1.05; based on SPEI6 analysis, the index values were 9.83, 4.05 and 0.92; and based on SPEI12 analysis, the index values were 10.32, 3.73 and 0.47, respectively. SPEI analysis revealed that the drought situation during most of the period of study was normal. However, there were some different levels of drought in the study area. The results of this research can serve as information to support effective water management to alleviate drought conditions in the study area.

1. บทนำ

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งสิ่งมีชีวิต เศรษฐกิจ ระบบนิเวศ และเกษตรกรรม ในรูปแบบของการขาดแคลนน้ำเป็นระยะเวลานาน โดยประเทศไทย ประสบภัยแล้งเป็นประจำทุกปีในพื้นที่ต่าง ๆ ใน 2 ช่วงเวลาได้แก่ ช่วงฤดูหนาวถึงฤดูร้อนในลักษณะฝนแล้ง และ ช่วงกลางฤดูฝนในลักษณะฝนทิ้งช่วง ทำให้มีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจำนวนมาก เช่น ในช่วง พ.ศ. 2532 – 2556 มีจังหวัดที่ประสบภัยแล้ง 29 – 72 จังหวัด โดยใน พ.ศ. 2548 มีระดับความรุนแรงของภัยแล้งและสร้างความเสียหายมากที่สุด [1-3] ภัยแล้งสามารถจำแนกเป็น 4 ประเภท คือ ภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยา, ภัยแล้งทางอุทกวิทยา, ภัยแล้งทางเกษตรกรรม และภัยแล้งทางเศรษฐกิจและสังคม [4] สาเหตุของภัยแล้งที่เกิดในประเทศไทย มาจากลมมรสุมตามฤดูกาลคือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ประกอบกับปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในรูปแบบของการเกิดฝนทิ้งช่วงหรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล [5] การประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งสามารถวิเคราะห์ได้จากดัชนีความแห้งแล้ง (Drought Indices) ซึ่งมีอยู่หลายดัชนีที่ได้รับความนิยมใช้งานทั่วโลก เช่น Standardized Precipitation Index (SPI), Effective Drought Index (EDI), Moisture Available Index (MAI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), Palmer Drought Severity Index (PDSI) เป็นต้น [6-9] ดัชนี SPEI เป็นดัชนีความแห้งแล้งที่ได้รับความนิยมในการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งอย่างแพร่หลายทั้งในต่างประเทศ [10-18] และถูกนำมาใช้ในประเทศไทย [26]

โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC) เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศไทยตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี โดยมีการพัฒนาแผนการเพิ่มศักยภาพอ่างเก็บน้ำและจัดสรรน้ำเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะภาคอุปโภค – บริโภคและอุตสาหกรรม ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตในช่วงเวลา 20 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2561 – 2580) ผสมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และคาดการณ์จำนวนประชากรที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน 4 ล้านคน (พ.ศ. 2560) เป็น 6 ล้านคน (พ.ศ. 2580) จึงมีความเสี่ยงต่อการมี

ปริมาณน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ แต่ในปัจจุบันที่ยังสามารถบริหารจัดการน้ำได้เพียงพอเนื่องจากการมีระบบการสูบน้ำจากโครงข่ายท่อสูบน้ำในพื้นที่ EEC [27] สำหรับการวิเคราะห์สมดุลน้ำในพื้นที่ EEC พบว่า พื้นที่จังหวัดชลบุรีและระยองมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในภาคอุตสาหกรรมและการอุปโภค – บริโภค ท่องเที่ยวและภาคบริการ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการ ส่วนในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีการพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ก็มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำภาคเกษตรกรรมเช่นกัน [31] จึงมีการเสนอแนะให้มีการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการร่วมกันระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (Conjunctive use) ทำให้มีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้ง เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำให้เกิดความเหมาะสมกับสภาวะภัยแล้งที่เกิดขึ้นในพื้นที่การศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) โดยพิจารณาจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ทำการตรวจวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) โดยทำการวิเคราะห์ใน 3 รูปแบบ คือ SPEI3, SPEI6 และ SPEI12 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระดับของภัยแล้งด้วยดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 3, 6 และ 12 เดือน ตามลำดับ ด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะการเกิดและความรุนแรงของภัยแล้งในพื้นที่การศึกษาด้วยข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) เพื่อให้ทราบถึงภาวะภัยแล้งที่เกิดขึ้นกับพื้นที่การศึกษา และเป็นข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) ได้รับความนิยมใช้ในการประเมินระดับความแห้งแล้งในต่างประเทศ โดยมีรูปแบบการวิเคราะห์รายสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่อนุญาตให้เป็นตัวแทนของพื้นที่การศึกษา เช่น การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี SPEI จากข้อมูลสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่บอสเนียและเฮอร์เซโกวีนา [12] หรือบริเวณพื้นที่ประเทศจีน [14] และการวิเคราะห์จากข้อมูลสถานี

ตรวจวัดภูมิอากาศในอดีตบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยจากสถานีเพื่อพยากรณ์ภัยแล้งในอนาคต [10] หรือในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำ Kerio ในประเทศเคนยา [11] ในลุ่มน้ำเหลือง [13] และการประยุกต์ใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ร่วมกับการศึกษาจากข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ของช่วงเวลาในอดีตบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยตาม [15] การวิเคราะห์ดัชนีความแห้งแล้งร่วมกันระหว่าง SPI และ SPEI ในประเทศปากีสถาน [16] ประเทศตุรกี [17] ประเทศจีน [18] สำหรับในประเทศไทยนิยมวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี SPI เช่น การวิเคราะห์ดัชนี SPI จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศในลุ่มน้ำสะแกกรัง [19-20] และลุ่มน้ำป่าสัก [22] ในรูปแบบค่าเฉลี่ยของคาบเวลา 30 ปี การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งในรูปแบบอนุกรมเวลาจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศในลุ่มน้ำปิง [23] หรือการวิเคราะห์จากข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่าง [21] บริเวณ 15 จังหวัดภาคเหนือ [24] และบริเวณป่าพรุควนเคร็ง [25] และการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งโดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งระหว่างดัชนี SPI, SPEI และ SPAEI ในลุ่มน้ำชี [26] เป็นต้น

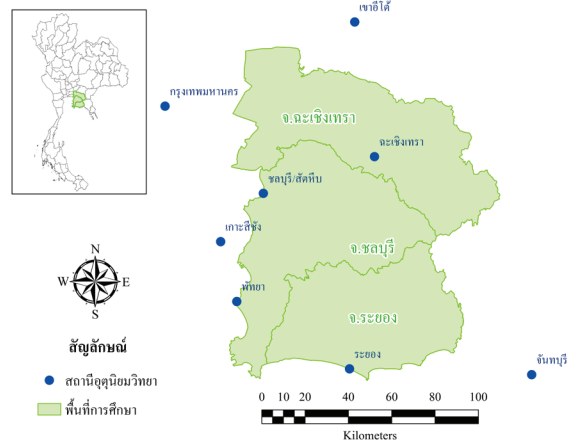
จากการวิเคราะห์ดัชนีความแห้งแล้งมีการแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบรายสถานีและเชิงพื้นที่ ทั้งผลค่าเฉลี่ยในช่วงคาบเวลาที่ใช้พิจารณาและอนุกรมเวลา โดยมีการวิเคราะห์จากข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดในอดีตและต่อยอดสู่การพยากรณ์ไปในอนาคตจากกระบวนการวิจัยต่าง ๆ จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่การศึกษาโดยเริ่มต้นจาก ข้อมูลสถานีตรวจวัดภูมิอากาศของช่วงเวลาในอดีตสำหรับงานวิจัยนี้ และจะมีการต่อยอดไปสู่การพยากรณ์ภัยแล้งในอนาคตต่อไป

3. วิธีการศึกษา

3.1 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ภาคตะวันออก ประกอบด้วย ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี และระยอง รวมพื้นที่ประมาณ 13,266 ตร.กม. จัดตั้งขึ้นเพื่อให้ประเทศไทยมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

สู่ประเทศรายได้สูงและอยู่ในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี โดยมุ่งเน้นการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคการผลิตและบริการในภาคอุตสาหกรรม และการเพิ่มศักยภาพอ่างเก็บน้ำและจัดสรรน้ำเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความต้องการน้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะภาคอุปโภค – บริโภคและอุตสาหกรรม [27] แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่การศึกษา

3.2 ข้อมูลปริมาณฝน

ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 8 สถานี ที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร, จันทบุรี, ชลบุรี, ฉะเชิงเทรา, ภูเก็ต, ระยอง, และ ระยอง แสดงดังรูปที่ 1 เนื่องจากมีข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดที่ค่อนข้างสมบูรณ์ที่สุดในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) โดยทดสอบความกลมกลืนของข้อมูลด้วยวิธี Double-mass curve [19-20, 22, 28-29] ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้ง 8 สถานี ในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,136.4 – 2,935.5 มม./ปี โดยรายละเอียดของปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณฝนตรวจวัดและปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายปีเฉลี่ย 30 ปี

สถานี	เฉลี่ย		สูงสุด		ต่ำสุด	
	ฝน	ET _o	ฝน	ET _o	ฝน	ET _o
กรุงเทพมหานคร	1,747.9	1,381.7	2,783.2	1,513.2	985.8	1,239.7
จันทบุรี	2,935.5	1,307.3	4,028.1	1,365.0	1,509.0	1,260.5
ชลบุรี	1,401.8	1,699.1	2,110.2	1,982.7	836.2	1,485.0
เกาะสีชัง	1,191.1	1,404.1	1,682.2	1,501.0	865.3	1,297.8
พัทยา	1,136.4	1,623.1	1,656.0	1,739.5	708.2	1,514.1
เขาไต้	1,752.3	1,429.9	2,581.2	1,506.7	1,189.5	1,354.3
ฉะเชิงเทรา	1,651.3	1,658.0	2,627.3	1,856.8	989.5	1,560.5
ระยอง	1,533.2	1,391.4	2,221.8	1,598.4	892.1	1,218.7

3.3 ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ET_o) คำนวณด้วยสมการ Penman-Monteith ซึ่งมีความครอบคลุมทุกปัจจัยในการใช้น้ำของพืช โดยรวบรวมข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั้ง 8 สถานี คือ อุณหภูมิ, ความชื้น, ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์ [30] แสดงดังสมการ (1)

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

- เมื่อ ET_o = ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (mm/day)
- R_n = พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นที่ผิว (MJ/m²/day)
- T = อุณหภูมิอากาศ (°C)
- U₂ = ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน (m/s)
- e_s-e_a = ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (e_s) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ (e_a) (kPa)
- Δ = ความชันของโค้งของความดันไอน้ำอิ่มตัวและอุณหภูมิ (kPa/°C)
- γ = (Psychrometric Constant) (kPa/°C)

ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายปีเฉลี่ยทั้ง 8 สถานี ในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,307.3 – 1,699.1 มม./ปี โดยรายละเอียดของปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 1

3.4 Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

ดัชนีความแห้งแล้ง Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) สามารถประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด มีจุดเด่นคือ การพิจารณาผลกระทบจากปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ET_o) การคำนวณดัชนี SPEI อ้างอิงหลักสมมูลน้ำ ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างปริมาณฝน และ ET_o แสดงดังสมการที่ (2)

$$D_i = P_i - ET_o \quad (2)$$

โดยที่ (D_i) คือ ผลต่างระหว่างปริมาณฝน (Precipitation, P) กับ ET_o ซึ่งค่าอนุกรม D_i จะถูกนำไปสร้างการแจกแจงทางสถิติแบบหลายพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ การแจกแจงแบบ three parameter Log – logistic แล้วจึงแปลงให้เป็นค่าปกติมาตรฐาน

สำหรับการแปลผลระดับความรุนแรงของภัยแล้งด้วยดัชนี SPEI แสดงดังตารางที่ 2 [6, 16]

ตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งของดัชนี SPEI [6, 16]

ระดับความแห้งแล้ง	SPEI
แห้งแล้งมากที่สุด	< -2.00
แห้งแล้งมาก	-1.50 ถึง -1.99
แห้งแล้งปานกลาง	-1.00 ถึง -1.49
ใกล้เคียงค่าปกติ	-0.99 ถึง 0.99
ชุ่มชื้นปานกลาง	1.00 ถึง 1.49
ชุ่มชื้นมาก	1.50 ถึง 1.99
ชุ่มชื้นมากที่สุด	> 2.00

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ดัชนี SPEI ใน 3 รูปแบบ จากข้อมูลปริมาณฝนและปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) คือ SPEI3, SPEI6 และ SPEI12 ซึ่งหมายถึงค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPEI ในช่วงเวลาที่พิจารณาแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) คือ ราย 3 เดือน, ราย 6 เดือน และ ราย 12 เดือน ตามลำดับ ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา ในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019)

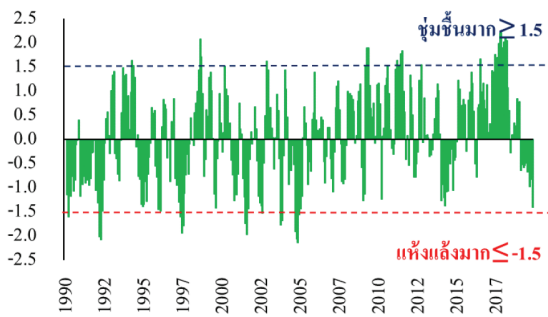
4. ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี SPEI โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนี SPEI ใน 3 รูปแบบ คือ SPEI3, SPEI6 และ SPEI12 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.24 เมื่อพิจารณาระดับความรุนแรงของภัยแล้งด้วยดัชนี SPEI พบว่า อยู่ในระดับใกล้เคียงค่าปกติ (-0.99 ถึง 0.99) ส่วนค่าสูงสุดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.98 ถึง 2.70 ซึ่งอยู่ในระดับความชุ่มชื้นมากถึงมากที่สุด และค่าต่ำสุดมีค่าอยู่ระหว่าง -1.79 ถึง -3.14 ซึ่งอยู่ในระดับความแห้งแล้งรุนแรงมากถึงมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 2 ถึง รูปที่ 4

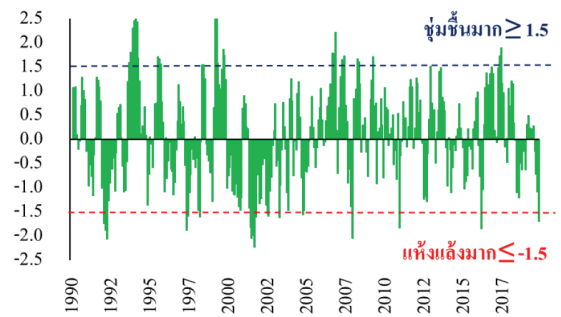
ดัชนี SPEI3 จากรูปที่ 2 แสดงช่วงเวลาที่เกิดความรุนแรงของภัยแล้งในระดับมากถึงมากที่สุด (≤ -1.5) ของแต่ละสถานี คือ กรุงเทพมหานคร (5 ช่วง) ประกอบด้วย เม.ย. – พ.ค. 1992,

มิ.ย. – ส.ค. 1997, ส.ค. – ก.ย. 2001, พ.ย. – ธ.ค. 2003 และ ต.ค. – ธ.ค. 2004, จันทบุรี (4 ช่วง) ประกอบด้วย มี.ค. – พ.ค. 1992, มิ.ย. – ก.ค. 1997, ก.ค. – พ.ย. 2001 และ ส.ค. – ก.ย. 2002, ชลบุรี (5 ช่วง) ประกอบด้วย ต.ค. – พ.ย. 2002, ต.ค. – ธ.ค. 2004, ม.ค. – มี.ค. 2007, ธ.ค. 2007 – ก.พ. 2008 และ เม.ย. – มิ.ย. 2016, เกาะสีชัง (4 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – มิ.ย. 1992, ก.ย. – ต.ค. 2002, พ.ย. – ธ.ค. 2004 และ เม.ย. – พ.ค. 2016, พัทยา (6 ช่วง) ประกอบด้วย ก.พ. – มี.ค. 1991, เม.ย. – พ.ค. 1992, มิ.ย. – ส.ค. 1997, ก.ย. – ต.ค. 2001, ก.ย. – พ.ย. 2007 และ เม.ย. – พ.ค. 2016, เขาอีโต้ (1 ช่วง) ประกอบด้วย ส.ค. – ก.ย. 1999, ฉะเชิงเทรา (5 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – ส.ค. 1997, ม.ค. – ก.พ. 2007, ธ.ค. 2007 – ม.ค. 2008, ม.ค. – ก.พ. 2011 และ เม.ย. – ต.ค. 2019 และ ระยอง (4 ช่วง) ประกอบด้วย ต.ค. – พ.ย. 1992, พ.ย. – ธ.ค. 1994, พ.ค. – ก.ย. 1997 และ มี.ค. – เม.ย. 2007

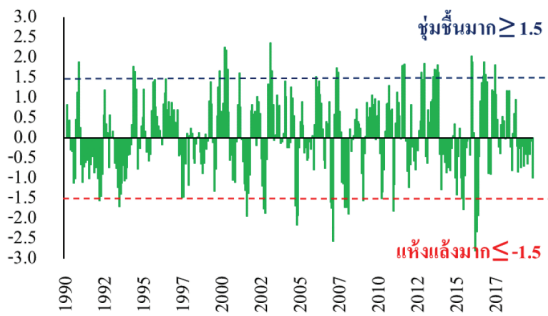
ดัชนี SPEI6 จากรูปที่ 3 แสดงช่วงเวลาที่เกิดความรุนแรงของภัยแล้งในระดับมากถึงมากที่สุด (≤ -1.5) ของแต่ละสถานี คือ กรุงเทพมหานคร (6 ช่วง) ประกอบด้วย เม.ย. – มิ.ย. 1992, มี.ค. – เม.ย. 1995, มิ.ย. – ส.ค. 1997, ต.ค. – พ.ย. 1997, ก.ย. – ธ.ค. 2001 และ ธ.ค. 2004 – มี.ค. 2005, จันทบุรี (3 ช่วง) ประกอบด้วย เม.ย. – มิ.ย. 1992, ก.ค. 2001 – มี.ค. 2002 และ ก.พ. – มี.ค. 2005, ชลบุรี (6 ช่วง) ประกอบด้วย เม.ย. – พ.ค. 1992, ต.ค. – ธ.ค. 1993, ก.ย. – ต.ค. 2001, ม.ค. – ก.พ. 2005, ม.ค. – มี.ค. 2008 และ พ.ค. – ก.ค. 2016, เกาะสีชัง (2 ช่วง) ประกอบด้วย มิ.ย. – ส.ค. 1990, และ เม.ย. – พ.ค. 2016, พัทยา (4 ช่วง) ประกอบด้วย ก.พ. – พ.ค. 1992, มิ.ย. – ส.ค. 1997, ก.ย. – ธ.ค. 2001 และ พ.ย. 2007 – ก.พ. 2008, เขาอีโต้ (1 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – มิ.ย. 2005, ฉะเชิงเทรา (5 ช่วง) ประกอบด้วย เม.ย. – มิ.ย. 1992, ก.พ. – มี.ค. 1995, ก.ค. – ส.ค. 1997, ม.ค. – มี.ค. 2008 และ เม.ย. – ธ.ค. 2019 และ ระยอง (5 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – มิ.ย. 1991, ธ.ค. 1994 – มี.ค. 1995, พ.ค. – พ.ย. 1997, เม.ย. – มิ.ย. 2002 และ มี.ค. – เม.ย. 2007



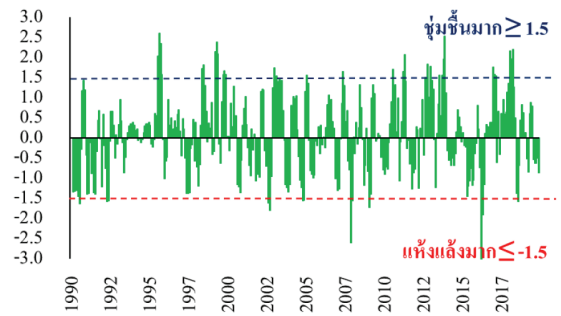
(ก) สถานีกรุงเทพมหานคร



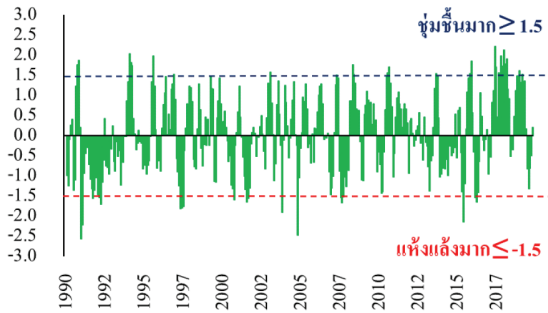
(ข) สถานีจันทบุรี



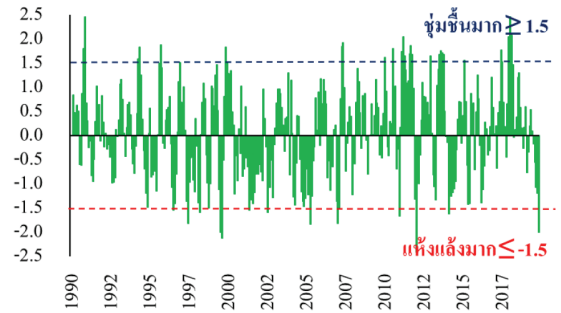
(ค) สถานีชลบุรี



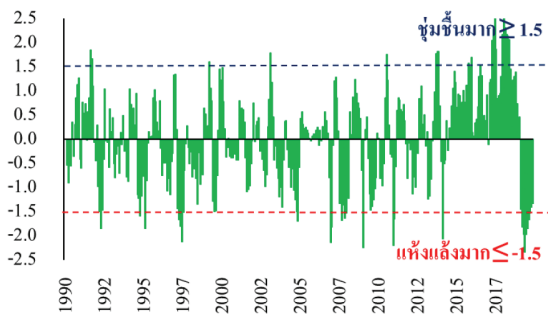
(ง) สถานีเกาะสีชัง



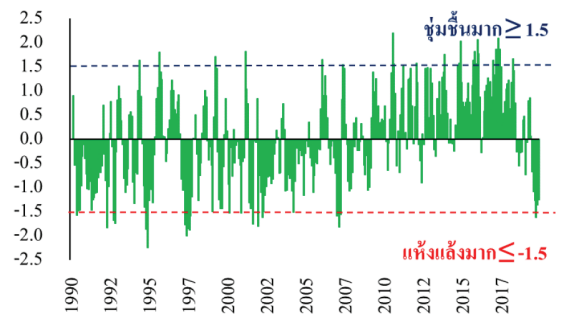
(จ) สถานีพัทยา



(ฉ) สถานีเขาอีด

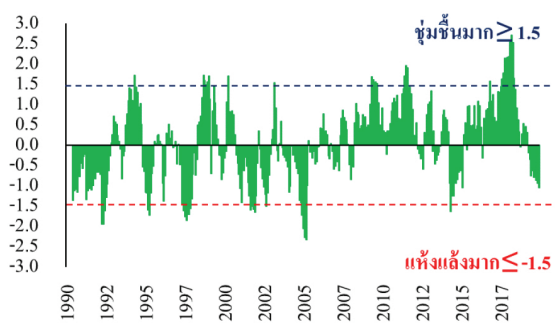


(ช) สถานีฉะเชิงเทรา

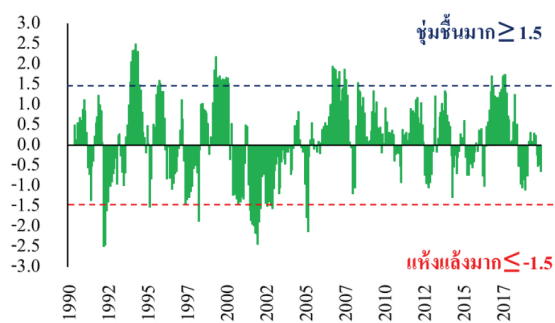


(ซ) สถานีระยอง

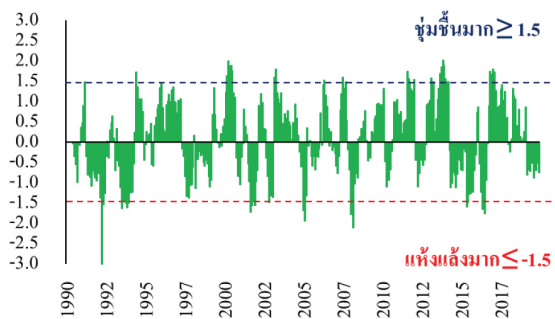
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี SPEI3 จำแนกตามสถานีอุตุนิยมวิทยา



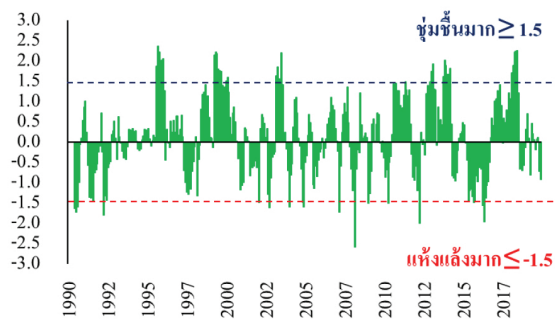
(ก) สถานีกรุงเทพมหานคร



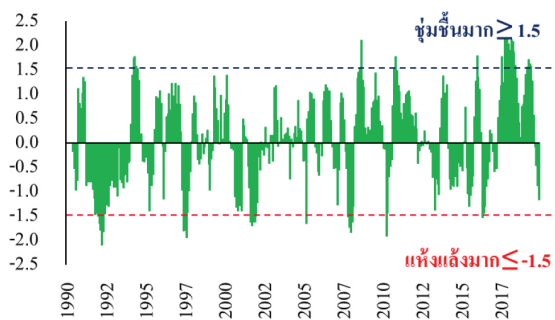
(ข) สถานีจันทบุรี



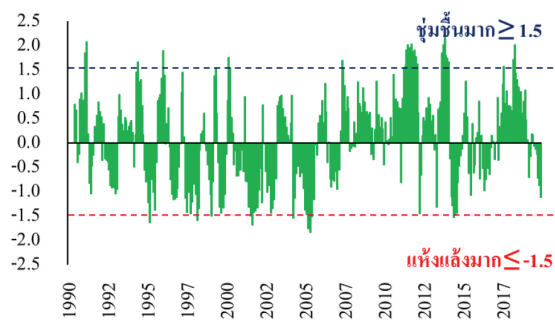
(ค) สถานีชลบุรี



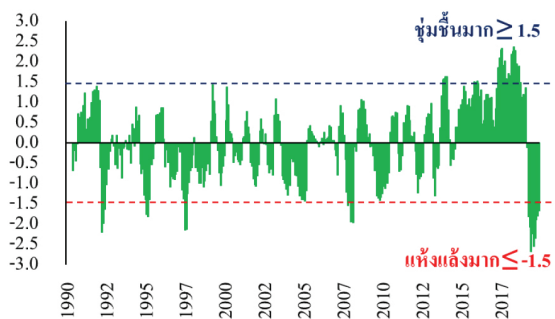
(ง) สถานีเกาะสีชัง



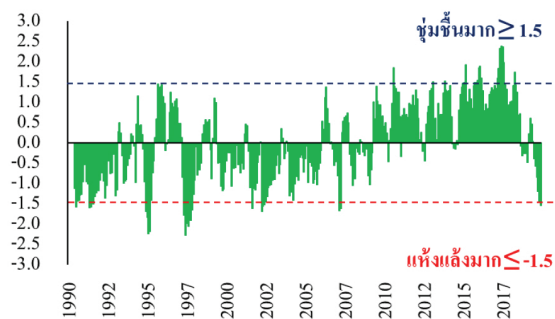
(จ) สถานีพัทลุง



(ฉ) สถานีเขาไฉ่

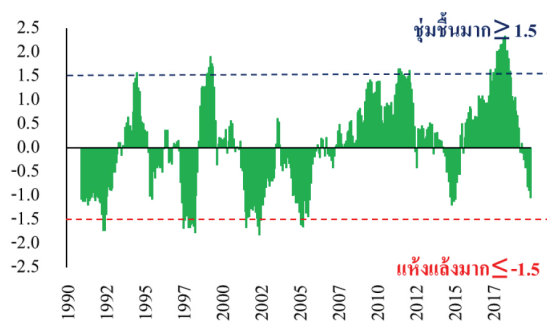


(ช) สถานีฉะเชิงเทรา

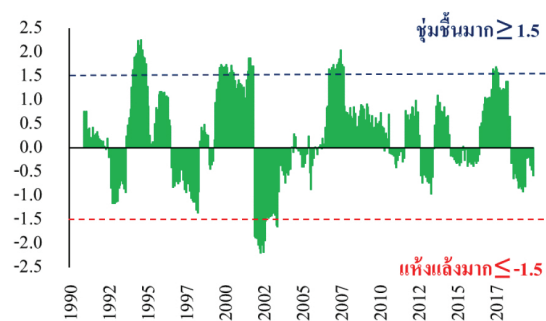


(ซ) สถานีระยอง

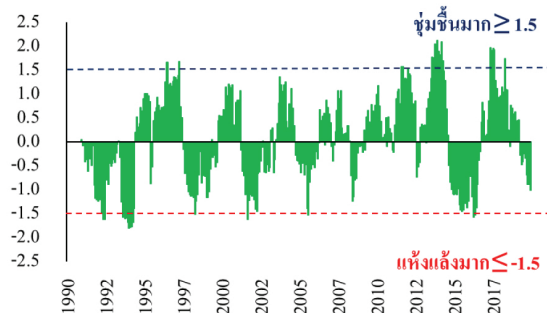
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี SPEI6 จำแนกตามสถานีอุตุนิยมวิทยา



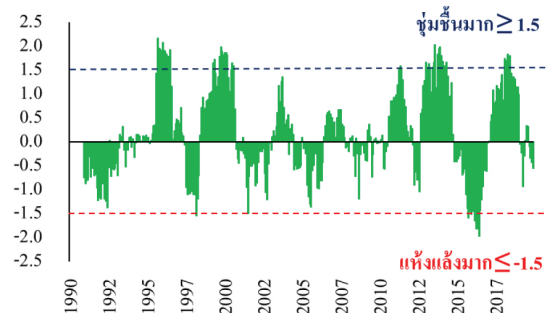
(ก) สถานีกรุงเทพมหานคร



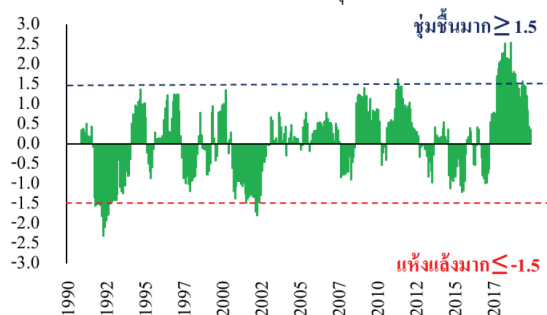
(ข) สถานีจันทบุรี



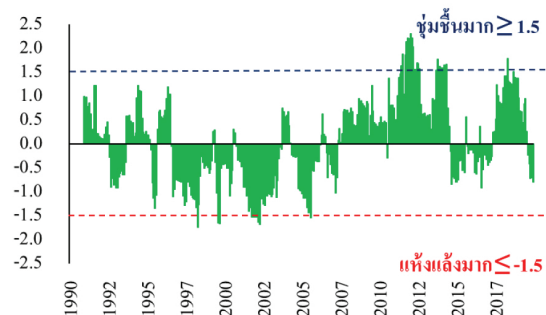
(ค) สถานีชลบุรี



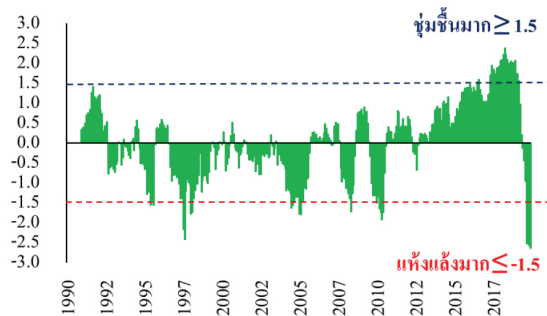
(ง) สถานีเกาะสีชัง



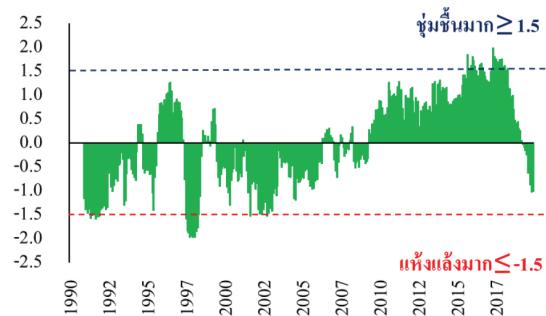
(จ) สถานีพัทยา



(ฉ) สถานีเขาอีโต้



(ช) สถานีฉะเชิงเทรา



(ซ) สถานีระยอง

รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี SPEI12 จำแนกตามสถานีอุตุนิยมวิทยา

ดัชนี SPEI12 จากรูปที่ 4 แสดงช่วงเวลาที่เกิดความรุนแรงของภัยแล้งในระดับมากถึงมากที่สุด (≤ -1.5) ของแต่ละสถานี คือ กรุงเทพมหานคร (5 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – มิ.ย. 1992, ก.ค. – ส.ค. 1997, พ.ย. 1997 – เม.ย. 1998, พ.ค. – ก.ค. 2002 และ ก.พ. – เม.ย. 2005, จันทบุรี (2 ช่วง) ประกอบด้วย ธ.ค. 2001 – ก.ย. 2002 และ พ.ค. – มิ.ย. 2003, ชลบุรี (3 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – มิ.ย. 1992, ต.ค. 1993 – เม.ย. 1994 และ เม.ย. – พ.ค. 2016, เกาะสีชัง (1 ช่วง) ประกอบด้วย มี.ค. – มิ.ย. 2016 พัทยา (3 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ย. 1991 – ม.ค. 1992, มี.ค. – ก.ย. 1992 และ มี.ค. – เม.ย. 2002, เขาค้อ (2 ช่วง) ประกอบด้วย ส.ค. – ก.ย. 1999 และ ต.ค. 2001 – เม.ย. 2002, ฉะเชิงเทรา (6 ช่วง) ประกอบด้วย ก.ค. – ส.ค. 1997, ม.ค. – ก.พ. 1998, ก.ค. – ส.ค. 2004, ม.ค. – ก.พ. 2005, มี.ค. – มิ.ย. 2010 และ ก.ย. – ธ.ค. 2019 และ ระยอง (4 ช่วง) ประกอบด้วย พ.ค. – มิ.ย. 1991, ส.ค. – ก.ย. 1991, พ.ย. – ธ.ค. 1991 และ ก.ค. 1997 – พ.ค. 1998

จากการวิเคราะห์ดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบ จะเห็นว่าช่วงที่เกิดความแห้งแล้งในระดับมากถึงมากที่สุด (≤ -1.5) ยาวนานติดต่อกันของทั้ง 8 สถานี ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา มีความสัมพันธ์กันในช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้งซึ่งส่วนใหญ่ดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบ จะเกิดภัยแล้งที่ยาวนานติดต่อกันในช่วงเดือนหรือปีเดียวกัน แต่อาจจะมีความละเอียดในการเกิดภัยแล้งในช่วงสั้น ๆ ที่จะแสดงให้เห็นในดัชนี SPEI3 และ SPEI6 ส่วนดัชนี SPEI12 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของภัยแล้งระหว่างปีจะเห็นได้ว่ามีโอกาสดังกล่าวจะเกิดภัยแล้งที่ยาวนานติดต่อกันระหว่างช่วงปี ประกอบกับการเกิดภัยแล้งที่ยาวนานติดต่อกันในระหว่างช่วงเดือนหรือช่วงฤดูกาลซึ่งมีโอกาสเกิดได้มากขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศได้เช่นกันเมื่อพิจารณารอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายปีเทียบกับช่วงที่เกิดระดับความแห้งแล้งมาก (≤ -1.5) พบว่า ผลการวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายปี ทั้ง 3 รูปแบบ มีความสัมพันธ์กัน โดยมีรอบปีการเกิดซ้ำระหว่าง 1 – 15 ปี เนื่องจากปีที่เกิดระดับความแห้งแล้งมากส่วนใหญ่จะเกิดในปีที่มีปริมาณฝนรายปีน้อยกว่าค่าเฉลี่ย

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับรอบปีการเกิดซ้ำของค่า SPEI ที่มีระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งมากที่สุดในแต่ละปี ในระดับความแห้งแล้งมาก (≤ -1.5) พบว่า มีรอบปีการเกิดซ้ำระหว่าง 2 – 10 ปี ซึ่งมีความสอดคล้องกันของรอบปีการเกิดซ้ำระหว่างปริมาณฝนกับดัชนีความแห้งแล้ง SPEI ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 30 ปี แสดงให้เห็นว่าพื้นที่การศึกษามีโอกาสเกิดความแห้งแล้งและชุ่มชื้นในระดับมากถึงมากที่สุด แต่ยังไม่สามารถกล่าวได้ว่าระดับความรุนแรงของภัยแล้งต่าง ๆ มีโอกาสเกิดขึ้นมานาน้อยเพียงใด จึงทำการวิเคราะห์โอกาสในการเกิดความรุนแรงของภัยแล้งระดับต่าง ๆ ในรูปแบบร้อยละของโอกาสการเกิดความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นรวม 100% แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า การเกิดภัยแล้งในแต่ละระดับมีความแตกต่างกันทั้งด้านความแห้งแล้งและความชุ่มชื้น เมื่อพิจารณาโอกาสในการเกิดภัยแล้งในระดับต่าง ๆ ในรูปแบบของร้อยละ พบว่า

ดัชนี SPEI3 มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับใกล้เคียงค่าปกติร้อยละ 62.57 ถึง 67.88 ระดับแห้งแล้งปานกลางร้อยละ 8.66 ถึง 11.73 ระดับแห้งแล้งมากร้อยละ 3.07 ถึง 5.87 และระดับมากที่สุดร้อยละ 0.56 ถึง 1.68 ส่วนในระดับชุ่มชื้นปานกลางอยู่ระหว่างร้อยละ 9.22 ถึง 13.13 ระดับชุ่มชื้นมากร้อยละ 3.35 ถึง 6.98 และระดับมากที่สุดร้อยละ 0.84 ถึง 2.79

ดัชนี SPEI6 มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับใกล้เคียงค่าปกติร้อยละ 63.10 ถึง 69.30 ระดับแห้งแล้งปานกลางร้อยละ 8.17 ถึง 13.24 ระดับแห้งแล้งมากร้อยละ 2.54 ถึง 5.35 และระดับมากที่สุดร้อยละ 0.00 ถึง 2.25 ส่วนในระดับชุ่มชื้นปานกลางอยู่ระหว่างร้อยละ 6.76 ถึง 15.21 ระดับชุ่มชื้นมากร้อยละ 3.10 ถึง 7.32 และระดับมากที่สุดร้อยละ 0.28 ถึง 2.25

ดัชนี SPEI12 มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับใกล้เคียงค่าปกติร้อยละ 61.89 ถึง 71.92 ระดับแห้งแล้งปานกลางร้อยละ 5.16 ถึง 14.90 ระดับแห้งแล้งมากร้อยละ 2.01 ถึง 5.73 และระดับมากที่สุดร้อยละ 0.00 ถึง 1.72 ส่วนในระดับชุ่มชื้นปานกลางอยู่ระหว่างร้อยละ 7.45 ถึง 12.89 ระดับชุ่มชื้นมากร้อยละ 2.29 ถึง 12.03 และระดับมากที่สุดร้อยละ 0.00 ถึง 3.15

ตารางที่ 3 ค่าร้อยละของโอกาสการเกิดระดับความรุนแรงของภัยแล้งจำแนกตามสถานีวิจัย

ระดับความรุนแรง	SPEI	กรุงเทพมหานคร	จันทบุรี	ชลบุรี	เกาะสีชัง	พัตยา	เขาค้อ	ฉะเชิงเทรา	ระยอง
แห้งแล้งมากที่สุด	SPEI3	1.12	1.12	1.12	0.56	1.12	1.12	1.68	0.56
	SPEI6	0.85	1.69	0.56	0.56	0.28	0.00	2.25	1.13
	SPEI12	0.00	1.43	0.00	0.00	0.57	0.00	1.72	0.00
แห้งแล้งมาก	SPEI3	3.07	4.19	5.03	3.07	4.19	3.07	5.87	5.87
	SPEI6	4.79	3.38	4.51	3.38	5.35	2.54	3.38	5.07
	SPEI12	4.87	2.01	4.30	2.29	3.44	3.15	4.01	5.73
แห้งแล้งปานกลาง	SPEI3	10.61	10.61	8.66	11.45	10.06	11.73	9.78	11.73
	SPEI6	8.73	9.58	9.30	8.17	8.17	13.24	9.86	11.55
	SPEI12	14.90	5.16	13.18	7.74	9.74	10.32	10.60	10.89
ใกล้เคียงค่าปกติ	SPEI3	66.48	63.41	67.88	66.48	64.53	66.48	67.32	62.57
	SPEI6	68.17	65.35	66.48	67.32	67.04	69.30	68.17	63.10
	SPEI12	61.89	68.19	63.90	67.34	70.49	71.92	67.91	65.33
ชุ่มชื้นปานกลาง	SPEI3	11.73	12.29	9.22	9.78	13.13	9.50	9.50	12.57
	SPEI6	10.42	10.70	12.68	12.11	12.68	6.76	10.14	15.21
	SPEI12	10.32	10.32	12.89	9.74	10.60	7.45	8.60	11.17
ชุ่มชื้นมาก	SPEI3	5.31	6.42	6.98	5.87	6.15	6.70	3.35	5.59
	SPEI6	5.35	7.32	6.20	5.07	4.79	6.48	3.94	3.10
	SPEI12	5.73	11.46	4.58	12.03	2.29	5.44	4.01	6.88
ชุ่มชื้นมากที่สุด	SPEI3	1.68	1.96	1.12	2.79	0.84	1.40	2.51	1.12
	SPEI6	1.69	1.97	0.28	3.38	1.69	1.69	2.25	0.85
	SPEI12	2.29	1.43	1.15	0.86	2.87	1.72	3.15	0.00

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละของโอกาสการเกิดระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นด้วยดัชนี SPEI แสดงให้เห็นว่าพื้นที่การศึกษามีโอกาสในการเกิดภัยแล้งส่วนใหญ่อยู่ในระดับใกล้เคียงค่าปกติ ส่วนโอกาสในการเกิดความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นจะลดลงตามระดับความรุนแรงที่เพิ่มมากขึ้น โดยผลการวิเคราะห์ดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบมีความสัมพันธ์กันของร้อยละของโอกาสการเกิดภัยแล้งทั้งด้านความแห้งแล้งและความชุ่มชื้น แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) ที่ทำการวิเคราะห์โอกาสมากกว่าร้อยละ 60 อยู่ในระดับใกล้เคียงค่าปกติแต่มีร้อยละของโอกาสการเกิดภัยแล้งและความชุ่มชื้นขึ้นพอ ๆ กันซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นไม่มากนัก ดังนั้นการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของภัยแล้งสามารถเลือกพิจารณาได้ตามดัชนี SPEI ต่าง ๆ เช่นหากต้องการพิจารณาการเกิดระดับความรุนแรงของภัยแล้งในแต่ละช่วงเวลาหรือฤดูกาลของปีนั้น ๆ สามารถวิเคราะห์

ได้จากดัชนี SPEI3 และ SPEI6 หรือหากต้องการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับความรุนแรงของภัยแล้งระหว่างปีสามารถวิเคราะห์ได้จากดัชนี SPEI12 เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำมีความเหมาะสมตามสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของพื้นที่การศึกษา

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ดัชนีความแห้งแล้ง SPEI ช่วงเวลาในอดีตเปรียบเทียบกับสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจริงจากการรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่า มีการเกิดภัยแล้งในช่วงปี พ.ศ. 2536 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทั้งรูปแบบราย 3 เดือน, 6 เดือน และ 12 เดือน มีการเกิดสถานการณ์ภัยแล้งขึ้นเช่นกัน แสดงจากกราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความรุนแรงของภัยแล้ง รูปที่ 2 ถึง รูปที่ 4 ที่มีระดับความรุนแรงของการเกิดภัยแล้งตั้งแต่ระดับปานกลางถึงมาก จึงกล่าวได้ว่าผลการวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้ง SPEI มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจริงในอดีตกับพื้นที่การศึกษา

เช่นเดียวกับสถานการณ์ภัยแล้งปี ค.ศ. 2019 – 2020 ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ EEC จากผลการวิเคราะห์ดัชนี SPEI รายสถานี จะเห็นว่าสถานีส่วนใหญ่ในช่วงปี ค.ศ. 2019 โดยเฉพาะช่วงปลายปีมีลักษณะอยู่ในด้านความแห้งแล้ง (< -0.99) แต่จะมีระดับความรุนแรงของภัยแล้งที่แตกต่างกันในแต่ละสถานี ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันของผลการวิเคราะห์ดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบ

5. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ระดับภัยแล้งด้วยดัชนี Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor, EEC) ใน 3 รูปแบบ ประกอบด้วย SPEI3, SPEI6 และ SPEI12 ในช่วงเวลา 30 ปี (ค.ศ. 1990 – 2019) พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนี SPEI ในช่วงเวลา 30 ปี ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.24 ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงค่าปกติ เมื่อพิจารณาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในช่วงเวลา 30 ปี พบว่า อยู่ในระดับความแห้งแล้งและชุ่มชื้นมากถึงมากที่สุด โดยทำการพิจารณาช่วงที่เกิดภัยแล้งยาวนานติดต่อกันพบว่าผลการวิเคราะห์ของดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบ มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันโดยดัชนี SPEI12 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงภัยแล้งระหว่างปี แต่จะมีความละเอียดของช่วงเดือนหรือฤดูกาลที่เกิดภัยแล้งจากผลการวิเคราะห์ดัชนี SPEI3 และ SPEI6 โดยมีรอบปีการเกิดซ้ำของดัชนี SPEI ทั้ง 3 รูปแบบที่มีระดับความแห้งแล้งมาก (≤ -1.5) อยู่ระหว่าง 2 – 10 ปี แต่หากพิจารณาถึงโอกาสในการเกิดภาวะภัยแล้งในระดับต่าง ๆ ในรูปแบบร้อยละ พบว่า มากกว่าร้อยละ 60 จากระดับของโอกาสการเกิดความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นรวม 100% โอกาสในการเกิดภัยแล้งของพื้นที่การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับใกล้เคียงค่าปกติและมีความสัมพันธ์ของร้อยละของโอกาสการเกิดความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นสอดคล้องกันทั้ง 3 รูปแบบ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการเกิดความแห้งแล้งปานกลาง ความแห้งแล้งมาก และความแห้งแล้งมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 10.24, 4.02 และ 0.81 สำหรับการวิเคราะห์รูปแบบ SPEI3 ร้อยละ 10.58,

4.30 และ 1.05 สำหรับการวิเคราะห์รูปแบบ SPEI6 ร้อยละ 9.83, 4.05 และ 0.92 และสำหรับการวิเคราะห์รูปแบบ SPEI12 ร้อยละ 10.32, 3.73 และ 0.47 ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้ไม่มากนัก แสดงให้เห็นว่าภาวะภัยแล้งในช่วงระยะเวลาส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะปกติ แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีภาวะภัยแล้งในระดับต่าง ๆ เกิดขึ้นร่วมด้วยในพื้นที่การศึกษา ดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี SPEI (รูปที่ 2 ถึง รูปที่ 4) ผสมกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพอากาศจึงมีโอกาที่จะเกิดความไม่แน่นอนของการเกิดภัยแล้งขึ้นในอนาคต

จากผลการศึกษา พบว่า ดัชนีความแห้งแล้ง SPEI เป็นหนึ่งในดัชนีที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้วิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งในพื้นที่การศึกษา เนื่องจากการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อภัยแล้งทั้งปริมาณฝนและข้อมูลภูมิอากาศ คือ ปริมาณการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ETo) แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์สภาวะภัยแล้งเพื่อให้เกิดความครอบคลุมของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เกิดภัยแล้งทั้งทางอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา เกษตรกรรม เศรษฐกิจและสังคม จึงสามารถพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในการวิเคราะห์ร่วมกับดัชนีภัยแล้งอื่น ๆ เช่น Standardized Precipitation Index (SPI), Palmer Drought Severity Index (PDSI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นต้น เช่นเดียวกับการพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดในอดีต โดยงานวิจัยนี้จะเริ่มจุดเริ่มต้นในการวิเคราะห์ดัชนี SPEI ในรูปแบบของข้อมูลภาพฉายอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต เพื่อนำไปสู่การพิจารณาแนวทางการปรับตัวอย่างเหมาะสมในพื้นที่การศึกษาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทางวิจัยและคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่ให้ความรู้และคำปรึกษา ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้การอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาใช้งานวิจัยนี้จนสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

1. Department of Disaster Prevention and Mitigation, 2015, Disaster Statistics [Online], Available: <http://122.155.1.145/in.directing-6.191/>. [1 June 2021]
2. Thai Meteorological Department, 2019, Drought [Online], Available: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>. [1 June 2021]
3. Damberg, L. and AghaKouchak, A., 2014, "Global Trends and Patterns of Drought from Space," *Theoretical and Applied Climatology*, 117 (3-4), pp. 441-448.
4. Wilhite, D.A. and Glantz, M.H., 1985, "Understanding: the Drought Phenomenon: the Role of Definitions," *Water International*, 10 (3), pp. 111-120.
5. Thanapakpawin, P., Boonya-aroonnet, S., Chankarn, A., Chitradon, R. and Snidvongs, A., 2011, "Chapter 7 Thailand Drought Risk Management: Macro and Micro Strategies," Droughts in Asian Monsoon Region (Community, Environment and Disaster Risk Management, Volume 8), Emerald Group Publishing Limited, pp. 121-140. (In Thai)
6. Thai Meteorological Department, 2012, Study on Drought Index in Thailand 2012, Agro-meteorological Division, Meteorological Development Bureau, pp. 33-60. (In Thai)
7. Apirat, P. and Bancha, K., 2016, "Drought Monitoring by Composite Drought Index," *Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, 15 (2), pp. 45-53. (In Thai)
8. Apirat, P. and Bancha, K., 2018, "Testing the Use of Composite Drought Index to Monitoring Agricultural Drought in Thailand," *King Mongkut's Agricultural Journal*, 36 (3), pp. 136-146. (In Thai)
9. Adisa, O.M., Masinde, M. and Botai, J.O., 2021, "Assessment of the Dissimilarities of EDI and SPI Measures for Drought Determination in South Africa," *Water*, 13 (82), pp. 1-17.
10. Ali, Z., Hussain, I., Nazeer, A., Faisal, M., Ismail, M., Qamar, S., Grzegorzczak, M., Zahid, F.M. and Ni, G., 2020, "Measuring and Restructuring the Risk in Forecasting Drought Classes: An Application of Weighted Markov Chain Based Model for Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) at One-month Time Scale," *Tellus A*, 72 (1), pp. 1-10.
11. Kimosop, P., 2019, "Characterization of Drought in the Kerio Valley Basin, Kenya using the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index: 1960-2016," *Singapore Journal of Tropical Geography*, 40 (2), pp. 239-256.
12. Cadro, S., Zurovec, J. and Cherni-Cadro, S., 2017, "Severity, Magnitude and Duration of Droughts in Bosnia and Herzegovina Using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)," *Agriculture and Forestry*, 63 (3), pp. 199-206.
13. Wang, F., Wang, Z., Yang, H., Zhao, Y., Zhang, Z., Li, Z. and Hussain, Z., 2019, "Copula-Based Drought Analysis Using Standardized Precipitation Evapotranspiration Index: A Case Study in the Yellow River Basin, China," *Water*, 11 (6), pp. 1-20.
14. Zeng, Z., Wu, W., Li, Y., Zhou, Y., Zhengtao, Z., Zhang, S., Guo, Y., Huang, H. and Li, Z., 2020, "Spatiotemporal Variations in Drought and Wetness from 1965 to 2017 in China," *Water*, 12 (8), pp. 1-22.
15. Nguyen, L.B. and Le, M.H., 2019, "Application of Artificial Neural Network and Climate Indices to Drought Forecasting in South-Central Vietnam," *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (1), pp. 1293-1303.
16. Adnan, S., Ullah, K., Shuanglin, L., Gao, S., Khan, A.H. and Mahmood, R., 2018, "Comparison of Various Drought Indices to Monitor Drought Status in Pakistan," *Climate Dynamics*, 51, pp. 1885-1899.

17. Mehr, A.D. and Vaheddoost, B., 2020, "Identification of the Trends Associated with the SPI and SPEI indices across Ankara, Turkey," *Theoretical and Applied Climatology*, 139, pp. 1531-1542.
18. Pei, Z., Fang, S., Wang, L. and Yang, W., 2020, "Comparative Analysis of Drought Indicated by the SPI and SPEI at Various Timescales in Inner Mongolia, China," *Water*, 12 (7), pp. 1-20.
19. Patana, W., Charoon, S., Pantip, K. and Sombat, C., 2016, "Meteorological drought in the Sakea Krang River basin using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Meteorological Drought Index (D)," *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 24 (3), pp. 123-135. (In Thai)
20. Patana, W., Charoon, S., Pantip, K. and Sombat, C., 2017, "Rainfall Prediction and Meteorological Drought Analysis in the Sakae Krang River basin of Thailand," *Agriculture and Natural Resources*, 50 (6), pp. 490-498. (In Thai)
21. Madusanka, T. and Venkataramana, S., 2017, "Characterization of Future Drought Conditions in the Lower Mekong River Basin," *Weather and Climate Extremes*, 17, pp. 47-58. (In Thai)
22. Patana, W., 2019, "Drought Analysis in the Rain-fed Agriculture Area Using the Standardized Precipitation Index (SPI) in the Huai Ko Kaeo sub-basin of the Pasak River Basin," *12th THAICID National Symposium*, 31 July 2019, Irrigation Development Institute, Royal Irrigation Department, Pak Kret, Nonthaburi, pp. 150-163. (In Thai)
23. Tanachot, C. and Manad, K., 2020, "Time Series Model for Standardized Precipitation Index in the Ping River Basin of Chiang Mai Province," *The Journal of KMUTNB 2020*, 21 (2), pp. 1-14. (In Thai)
24. Voraluck, K. and Chakrit, C., 2019, "Analysis of Drought in Northern Thailand Using Standardized Precipitation Index," *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 39 (3), pp. 313-322. (In Thai)
25. Anan, K., Chao, Y. and Kuaanan, T., 2018, "Drought Monitoring using Drought Indices and GIS Techniques in Kuan Kreng Peat Swamp, Southern Thailand," *Walailak Journal of Science and Technology*, 15 (5), pp. 357-370. (In Thai)
26. Tipaporn, H., Kobkiat, P. and Shinjiro, K., 2016, "A Comparative Performance Analysis of Three Standardized Climatic Drought Indices in the Chi River Basin, Thailand," *Agriculture and Natural Resources*, 50, pp. 211-219. (In Thai)
27. The Eastern Economic Corridor Office of Thailand, 2018, "Combined diagram for the development of the Eastern Economic Corridor 2017-2022," *The Eastern Economic Corridor Office of Thailand (EECO)*, pp. 71-80. (In Thai)
28. Wisuwat, T., 2012, Engineering Hydrology, Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng saen, Kasetsart University Kamphaeng saen Campus, pp. 96-100. (In Thai)
29. Royal Irrigation Department, 2012, The Relation between Suspended Sediment and Drainage Area in 25 River Basins, Suspended Sediment Group, Hydrological Part Office of Water Management and Hydrology, Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatives, pp. 20-80. (In Thai)
30. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998, "Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements," *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 300.
31. Vongphet, J., Kwanyuen, B., Thepprasit, C., Sittichok, K. and Vudhivanich, V., 2020, Analysis and Management of Water Balance in Eastern Economic Corridor (EEC), *Thailand Science Research and Innovation*, 1288. (In Thai)