บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การศึกษาแนวโน้มปริมาณฝนรายปีด้วยวิธีทางสถิติในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

The study of annual rainfall trends using statistical approach in Bangkok area

ขวัญชนก อุนทะอ่อน[1] วิมรรศนา ณ สงขลา[2]

วิลาวัลย์ แก้วสินชัย[3] ศิวกร ทัดไทย[4] และธัญญะ ประสูตรเสน[5]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: o_kwanchanok@hotmail.com

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

225 ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร E-mail: wimassana@gmail.com

บทคัดย่อ

วิกฤตการณ์น้ำที่เกิดขึ้นในประเทศไทยจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรจากภาวะน้ำท่วม-น้ำแล้ง กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยได้รับความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรงจากสภาวะน้ำท่วมใหญ่ในปี พ.ศ. 2554 การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มปริมาณฝนรายปีด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจากข้อมูลตรวจวัดจำนวน 13 สถานีที่กระจายตัวอยู่ในกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2559 ผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรายปีด้วยวิธีวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: แนวโน้มฝนรายปี, ปริมาณฝนรายปี, การถดถอยเชิงเส้น

Abstract

The water crisis that has occurred in Thailand due to the global climate change not only affects the agricultural sector from floods - drought. Bangkok, the capital of Thailand, suffered severe economic losses from the floods in 2011. The objective of this study is to analyze annual rainfall trends using linear regression of 13 selected rainfall stations distributed in Bangkok from 1987 to 2016. The results indicated that in the past 30 years, there has been no significant on annual rainfall trends at significant level of 0.05

Keywords: annual rainfall trend, annual rainfall, linear regression

1. บทนำ

สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงไปในหลายพื้นที่ทั่วโลก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณฝนที่อาจเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต เมื่อปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงไปย่อมทำให้เกิดปัญหาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในอนาคต ในหลายประเทศทั่วโลกต้องประสบปัญหาการจัดการทรัพยากรน้ำเนื่องจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณฝน ตัวอย่างในประเทศกานา ในปี พ.ศ. 2557 กลุ่มนักวิจัยประกอบไปด้วย M. Nyatuame, V. Owusu-Gyimah, and F. Ampiaw [1] ได้ศึกษาและวิเคราะห์เชิงสถิติของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีและรายเดือนในช่วง 30 ปีของปีพ. ศ. 2524 ถึง พ.ศ. 2554 ของภูมิภาค Volta เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการ ในปีเดียวกันกลุ่มนักวิจัยในประเทศอินเดียประกอบไปด้วย Amrutha Rani H R และ Shreedhar R [2] ได้ศึกษาแนวโน้มและความแปรปรวนของปริมาณฝนรายปีในเขต Belgaum ซึ่งประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ ผลจากการศึกษาแนวโน้มและความแปรปรวนของปริมาณฝนสามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่เหมาะสมต่อไป

ในประเทศไทยซึ่งมีกรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางการปกครอง การศึกษา การคมนาคมขนส่ง การเงินการธนาคาร การพาณิชย์ การสื่อสาร และความเจริญของประเทศ ถึงแม้กรุงเทพมหานครจะไม่ใช่พื้นที่เกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกสามารถส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครอย่างรุนแรงได้ ยกตัวอย่างการเกิดมหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยต้องประสบกับสภาวะน้ำท่วมรุนแรง จังหวัดที่ประสบภัยทั้งหมด 66 จังหวัด 721 อำเภอ 4,862 ตำบล 47,205 หมู่บ้านมูลค่าความเสียหายประเมินโดยศูนย์พยากรณ์เศรษฐกิจ และธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้า ประมาณความเสียหายเป็นมูลค่า 130,102.6 ล้านบาท ในขณะที่ธนาคารโลกได้ประเมินมูลค่าความเสียหายไว้ที่ 1.44 ล้านล้านบาท และจัดให้เป็น ภัยพิบัติที่สร้าง

ความเสียหายมากที่สุดเป็นอันดับที่ 4 ของโลก [3] ปริมาณฝนสะสมในพื้นที่กรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2554 ตั้งแต่ต้นปีมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณฝนรายเดือนสะสมเฉลี่ยคาบ 20 ปี ของสำนักการระบายน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ถึงปี พ.ศ. 2553 และปริมาณฝนรายเดือนสะสมเฉลี่ยคาบ 30 ปีของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึงปี พ.ศ. 2553 โดยในวันที่ 1 ธันวาคม 2554 มีปริมาณฝนสะสมตั้งแต่ต้นปีอยู่ที่ 2,257.5 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณฝนรายเดือนสะสมเฉลี่ยคาบ 20 ปี ของสำนักการระบายน้ำ สิ้นเดือนพฤศจิกายน อยู่ที่ 1,654.4 มิลลิเมตร ส่วนปริมาณฝนรายเดือนสะสมเฉลี่ยคาบ 30 ปี ของกรมอุตุนิยมวิทยา สิ้นเดือนพฤศจิกายน อยู่ที่ 1,641.9 มิลลิเมตร และในปีนี้ปริมาณฝนเริ่มมากขึ้นตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฝนที่มาเร็วกว่าปกติ สรุปรายงานสถานการณ์สาธารณภัยว่ากรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ประสบภัยจำนวน 36 เขต จาก 50 เขต การคาดการณ์โดยหอการค้าไทยหากเกิดน้ำท่วมทั่วทั้งกรุงเทพโดยเฉพาะเขตพื้นที่ชั้นในจะส่งผลต่อผลผลิตมวลรวม (GDP) ของกรุงเทพฯ ราว 2.5 แสนล้านบาท หรือสูญเสียรายได้เดือนละประมาณ 8.3 พันล้านบาท [4] นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนยังส่งผลโดยตรงต่อการทำเกษตรกรรมที่จำเป็นต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลักโดยเฉพาะการปลูกข้าว จากวิจัยของ N. Choosakul ในปี พ.ศ. 2555 [5] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศและปริมาณน้ำฝนในรอบ 30 ปี ต่อการปลูกข้าวของประเทศไทย โดยศึกษาจากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในช่วงปี 2513 – 2543 พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศและปริมาณฝนส่งผลโดยตรงต่อการปลูกข้าวในประเทศไทย และการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของช่วงปริมาณน้ำฝนที่จะตกลงมาเป็นผลกระทบต่อเนื่องไปถึงฤดูการทำนา และการเก็บเกี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป

จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปริมาณฝนส่งผลกระทบในหลายด้านดังนั้นการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรายปีในกรุงเทพมหานครจากอดีตจนถึงปัจจุบันจึงมีส่วนช่วยในการสนับสนุนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อการวางแผนหาแนวทางการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาอุทกภัยในอนาคตได้

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในบริเวณภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย บริเวณละติจูดที่ 13.45 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.28 องศาตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,568.7ตารางกิโลเมตร มีแม่น้ำที่สำคัญคือ แม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่ส่วนมากของกรุงเทพมหานครมีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่ม ตั้งอยู่บนพื้นที่บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพา มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.50-2 ม. โดยมีความลาดเอียงจากทิศเหนือสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ และเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1.50 เมตร ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งในช่วงฤดูมรสุม

สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในช่วงก่อนฤดูมรสุมและฤดูมรสุม (เดือน ก.ค.-ต.ค.) ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จึงทำให้มีฝนตกชุกในฤดูแล้งช่วงแรก (เดือน พ.ย.-ก.พ.) กรุงเทพมหานครได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากประเทศจีนลงมาปกคลุมจึงทำให้เกิดอากาศหนาวเย็นหรือเข้าสู่ฤดูหนาว และฤดูแล้งช่วงหลัง (เดือน มี.ค.-เม.ย.) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะอ่อนกำลังลงทำให้อากาศร้อนขึ้นหรือเข้าสู่ฤดูร้อน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32-34 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24-26 องศาเซลเซียสโดยมีอากาศร้อนจัดอยู่ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม วัดอุณหภูมิสูงที่สุดได้ 40.8 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2526 ที่สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ (ดอนเมือง) และมีอากาศหนาวอยู่ในเดือนธันวาคมและมกราคม เคยตรวจอุณหภูมิต่ำที่สุดได้ 9.9 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2498 ที่สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ (เฉลิมพระเกียรติ) [6]

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดปริมาณฝนจำนวนทั้งสิ้น 94 สถานี ที่กระจายตัวอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เริ่มตั้งสถานีจนถึงปี 2559 เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา โดยการคัดเลือกสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่เหมาะสมพิจารณาจากความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลไม่น้อยกว่า 90% และต้องมีความยาวชุดข้อมูลไม่น้อยกว่า 30 ปี จากการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนทั้ง 94 สถานี พบว่าสถานีตรวจวัดฝนที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลไม่น้อยกว่า 90% ของข้อมูลทั้งหมด มีจำนวนทั้งสิ้น 13 สถานี และมีความยาวชุดข้อมูลตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป โดยข้อมูลดังกล่าวนำมาวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนรายปีด้วยวิธีทางสถิติ ในพื้นที่กรุงเทพมหานครต่อไป

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น [7] วิเคราะห์มาจากความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรง ระหว่างตัวแปร x และ y โดยนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณฝนสะสมรายปี ณ สถานีที่คัดเลือกในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครจำนวนทั้งสิ้น 13 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2559 ดังสมการที่ (1)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_i X_i + e_i \quad (1)$$

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของปริมาณฝนสะสมรายปีจากอดีตจนถึงปัจจุบันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) ภายใต้เงื่อนไข 3 ประการ คือ ตัวแปรทั้งสองตัวเป็นข้อมูลต่อเนื่อง ข้อมูลแต่ละชุดต้องเป็นอสระต่อกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรเป็นแบบเส้นตรง ดังสมการที่ (2)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(y_i - \bar{y}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2\left(y_i - \bar{y}\right)^2}} \qquad (2)$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณฝนรายปีกับช่วงเวลาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นไปในทิศทางเดียวกันไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 หากค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0 แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนรายปีไม่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรายปีกับช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใดพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิการตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2)

การทดสอบสมมุติฐานใช้วิธีการทดสอบที (t-test) และค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมติฐานหลัก (p-value) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ p-value<0.05 ดังสมการที่ (3)

$$t = \frac{r}{\sqrt{\left(1-r^2\right)/\left(n-2\right)}} \qquad (3)$$

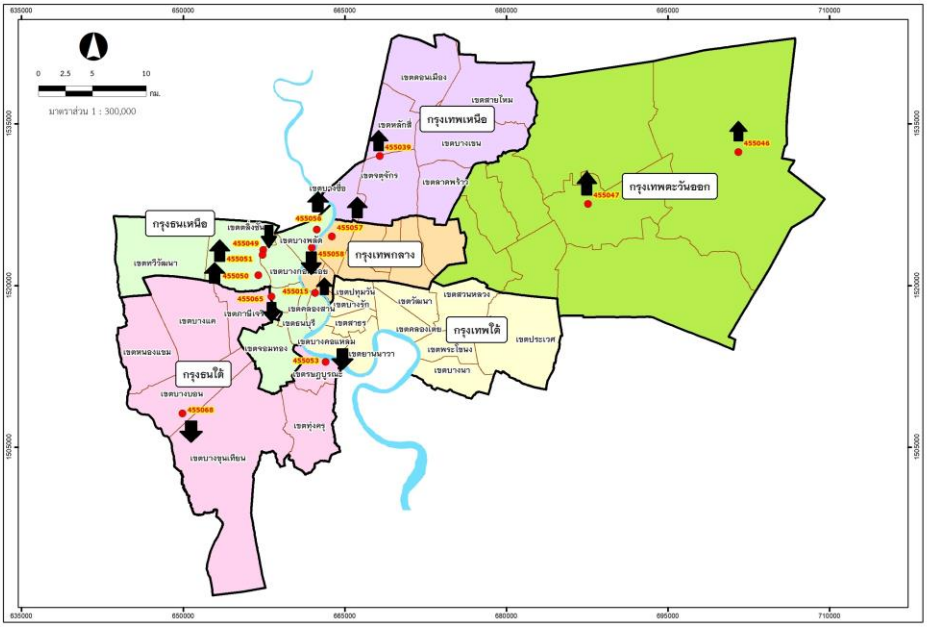
เมื่อ t คือ ค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่าง r คือ ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และ n คือ จำนวนข้อมูลปริมาณฝนรายปี

2.4 ผลการศึกษา

การวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนรายปีด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2559 จำนวน 13 สถานี จากสถานีตรวจวัดปริมาณฝนทั้งหมด 94 สถานี โดยพิจารณาจากความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลปริมาณฝนไม่น้อยกว่า 90% และมีความยาวชุดข้อมูลปริมาณฝนไม่น้อยกว่า 30 ปี ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ t-test สำหรับ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงในตารางที่ 1 พบว่า สถานีตรวจวัดฝนที่มีแนวโน้มของปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.3-23.1 มิลลิเมตรต่อปีอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีจำนวน 7 สถานี และสถานีที่มีแนวโน้มปริมาณฝนรายปีลดลงตั้งแต่ 0.3-8.7 มิลลิเมตรต่อปีอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีจำนวน 5 สถานี ยกเว้นสถานี 445047 ที่แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้น 23.1 มิลลิเมตรต่อปีที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 แต่เมื่อพิจารณาภาพรวมของกรุงเทพมหานครพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนรายปีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในรูปที่ 1 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี ณ สถานีคัดเลือก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2559 ในเขตกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบที (t-test) และความน่าจะเป็น (p-value) ของปริมาณฝนรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2559 ในกรุงเทพมหานคร

Station code	Regression equation	R^2	t-stat	95% Confidence interval		P-value	Statistically significant
				Lower bound	Upper bound		
455015	y=0.2954x+1417.6	7.2E-05	0.0448	-13.2015	13.7923	0.9646	NO
455039	y=11.609x+1142.6	1.3E-01	2.007	-0.2396	23.4567	0.0545	NO
445046	y=6.6776x+1144.1	5.0E-02	1.2180	-4.5517	17.9048	0.2334	NO
445047	y=23.095x+1221.7	2.9E-01	3.3802	9.0996	37.0910	0.0021	YES
455049	y=-0.4235x+1263.5	1.6E-04	-0.0673	-13.3225	12.4755	0.9469	NO
455050	y=2.2773x+1229.2	2.4E-03	0.261	-15.5955	20.1502	0.7960	NO
455051	y=2.8887x+1323.2	5.7E-03	0.4009	-11.8708	17.6481	0.6915	NO
455053	y=-8.6063x+1472.7	5.7E-02	-1.3004	-22.1630	4.9505	0.2041	NO
455056	y=1.7899x+1379.5	2.6E-03	0.269	-11.8411	15.4209	0.7899	NO
455057	y=4.7393x+1219.1	1.6E-02	0.6784	-9.5716	19.0502	0.5031	NO
455058	y=-0.3434x+1295.8	1.4E-04	-0.0636	-11.4021	10.7154	0.9497	NO
455065	y=-0.32978x+1490.1	8.4E-05	-0.0487	-14.2117	13.5522	0.9615	NO
455068	y=-8.7209x+1470.3	5.8E-02	-1.3183	-22.2719	4.8302	0.1981	NO



รูปที่ 1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี ณ สถานีคัดเลือก ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2559

3. สรุป

การศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนมีบทบาทสำคัญในการวางแผนและการจัดการทรัพยากรน้ำในอนาคต ในการศึกษานี้ได้มีการศึกษาแนวโน้มปริมาณน้ำฝนรายปีในกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ. 2530-2559 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบรายสถานีแสดงให้เห็นว่ามีสถานีตรวจวัดฝนบางสถานีที่มีแนวโน้มของปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาภาพรวมของแนวโน้มปริมาณฝนรายปีที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาของจังหวัดกรุงเทพมหานครพบว่าปริมาณฝนรายปีที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ

4. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และข้อมูลปริมาณฝนในกรุงเทพมหานครได้รับการเอื้อเฟื้อจากกรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Nyatuame, V. Owusu-Gyimah and F. Ampiaw. (2014) “Statistical analysis of rain fall trend for Volta Region in Ghana”

[2] Amrutha Rani H R and Shreedhar R. (2014). “Study of trends and variability for Belgaum district” IJRT Vol.3 Special Issue: 06

[3] ปฏิวิชช์ สาระพิน, “ถอดบทเรียนน้ำท่วม 2554,” วรสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 4, หน้า 69 – 88, ตุลาคม 2554 – กันยายน 2555

[4] สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554. แหล่งที่มา: www.thaiwater.net/current/flood54.html. 8 มกราคม 2561

[5] N. Choosakul, “Variations of Weather and Precipitation in the Period of 30 Years on the Rice Farming of Thailand,” Science of Technology RMUTT Journal, vol. 2, 2012, pp. 17-18

[6] กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. ภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร. แหล่งที่มา: http://climate.tmd.go.th/data/province/กลาง/ภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร.pdf. 10 มกราคม 2561

[7] Hann, c. T., (2002). “Statistical method in hydrology (2nd ed.)”. lowa: lowa State Press

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวขวัญชนก อุนทะอ่อน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร