# การวิเคราะห์รูปแบบฝนออกแบบเชิงเวลาในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู
# Temporal Design Rainfall Patterns in Bang Poo Industrial Estate

**ธนพัฒน์ ปองประพฤทธิ์[1,*] และ อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์[1]**

*[1]ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330*
**Corresponding author; E-mail address: 3p.thanaphat@gmail.com*

## บทคัดย่อ

นิคมอุตสาหกรรมบางปูเป็นพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ บริเวณใกล้กับปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูเผชิญกับปัญหาน้ำท่วมอันสร้างความเสียหายต่อพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู อยู่หลายครั้ง เนื่องจากระบบระบายน้ำในพื้นที่ไม่สามารถรองรับปริมาณฝนที่ตกติดต่อกันได้ อ้างอิงข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ระหว่างวันที่ 20 – 21 มิถุนายน พ.ศ. 2559 มีปริมาณฝนรวมกันถึง 340 มิลลิเมตร ทำให้เกิดน้ำท่วมภายในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมโดยเฉพาะในเขตประกอบการเสรีที่เป็นพื้นที่ต่ำ ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของฝนเชิงเวลาในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ด้วยวิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบทั้ง 3 รูปแบบที่เลือกใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานีโดยรอบ ได้แก่ วิธี Triangular, วิธี Alternating block method และวิธี Chicago รูปแบบฝนตกในช่วงเวลา 6 ชั่วโมงที่แตกต่างกันจากวิธีวิเคราะห์ที่หลากหลายนี้จะถูกนำไปศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงข้อจำกัดและความเหมาะสมในการเลือกใช้ในแต่ละวิธี บนพื้นฐานของความพร้อมข้อมูลน้ำฝนที่มีอยู่ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบของฝนทั้ง 3 วิธีกับรูปแบบฝนจริงในราย 15 นาที จาก Automatic Weather System ของกรมอุตุนิยมวิทยา ทั้งวิธี Alternating block และวิธี Chicago ให้รูปแบบฝนออกแบบที่มีความใกล้เคียงกับรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริง โดยวิธี Alternating block มีการกระจายตัวของฝนใกล้เคียงกับรูปแบบฝนจริงมากที่สุด ที่ค่า MAPE เท่ากับ 42.62% ผลของการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบและการพัฒนาระบบระบายน้ำ รวมถึงเตรียมตัวต่อสภาพน้ำท่วมภายใต้รูปแบบการกระจายตัวของฝนเชิงเวลาที่แตกต่างกันต่อไป อันเป็นประโยชน์ต่อการลดความเสียหายของเหตุการณ์น้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต สำหรับพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู และอาจเป็นแนวทางสำหรับพื้นที่อื่นที่มีเฉพาะข้อมูลฝนรายวันเท่านั้น

คำสำคัญ: การออกแบบพายุฝน, นิคมอุตสาหกรรมบางปู, รูปแบบฝนออกแบบเชิงเวลา

## Abstract

Bang Poo industrial estate is in Samut Prakan province near the Chao Phraya River mount. In recent years, the Bang Poo industrial estate has faced with flooding damage in the industrial estate on several times. This was caused by the inadequate drainage system which was unable to handle continuous heavy rainfall events. According to the observed rainfall stations in the industrial estate on 20-21 June 2016, there was a total rainfall of 340 millimeters in 2 days leading to flooding within the industrial estate, especially in low-lying free zones. This study aimed to investigate the temporal distribution rainfall patterns in Bang Poo Industrial Estate using three rainfall design analysis methods based on rainfall data from surrounding stations: the Triangular method, the Alternating Block Method, and the Chicago method. The different 6-hour rainfall patterns from various analysis methods were investigated to understand the limitations and the appropriateness of each method based on the availability of the rainfall data. The result comparing with actual 15-minute interval rainfall data from the Automatic Weather System of Thai Meteorological Department (TMD) show that both the Alternating Block and Chicago methods produced design rainfall patterns closely resembling the actual rainfall. The Alternating Block Method provided the most similar distribution to the real rainfall pattern with a MAPE of 42.62%. The findings of this study could be applied to the design and improvement of drainage systems, as well as the flood preparation related to different temporal rainfall distribution patterns. This information is beneficial for mitigating the impact of future flood events in the Bang Poo industrial estate. It may be a guideline for other areas that have only the daily rainfall data.

Keywords: design storm, Bang Poo industrial estate, temporal design rainfall pattern

## 1. บทนำ

อุทกภัยจะมีความรุนแรงและรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น พื้นที่พิเศษอย่างนิคมอุตสาหกรรมบางปูที่ประสบปัญหาอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นบริเวณแนวปะทะของลมจากทะเลและลมจากฝั่งทำให้มีปริมาณฝนที่มากกว่าปกติ โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานี้ มีเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ภายในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2559 และเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อวันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ. 2564 อ้างอิงข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ระหว่างวันที่ 20 – 21 มิถุนายน พ.ศ. 2559 มีปริมาณฝนรวมกันถึง 340 มิลลิเมตร เกิดน้ำท่วมขังภายในนิคมอุตสาหกรรมบางปู โดยเฉพาะในเขตประกอบการเสรีระดับความลึกน้ำสูงกว่า 30 เซนติเมตร และในบางพื้นที่ก็สูงถึง 1 เมตร และระหว่างวันที่ 28 – 29 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ที่มีปริมาณฝนถึง 273 มิลลิเมตร เกิดน้ำท่วมขังภายในนิคมอุตสาหกรรมบางปูระดับความลึกน้ำ 1 – 1.5 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นเหตุการณ์น้ำท่วมที่รุนแรงที่สุดในรอบ 15 ปี ทำให้รถยนต์ไม่สามารถสัญจรได้ และหลายโรงงานต้องประกาศหยุดทำการชั่วคราว นอกจากนี้การระบายน้ำผ่านประตูระบายน้ำในช่วงที่มีฝนตกหนักยังเป็นไปได้ช้า เนื่องจากระดับน้ำภายนอกพื้นที่ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากน้ำทะเลหนุน หรือประตูระบายน้ำบางส่วนจำเป็นต้องปิดไว้เพื่อป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็ม

อุทกภัยเป็นภัยทางธรรมชาติไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แต่สามารถเตรียมการลดความรุนแรงและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ สำหรับมาตรการในการป้องกันอุทกภัยจะประกอบด้วย มาตราการที่ไม่ใช้สิ่งก่อสร้าง เช่น ระบบการพยากรณ์และเตือนภัยล่วงหน้า เป็นต้น และมาตราการที่ใช้สิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันหรือลดขนาดความรุนแรงของอุทกภัย เช่น เขื่อน พนังกั้นน้ำ อ่างเก็บน้ำ รวมไปถึงการปรับปรุงลำน้ำหรือรางระบายน้ำ เป็นต้น โดยในปัจจุบันการออกแบบสิ่งก่อสร้างอย่างอ่างเก็บน้ำ บ่อหน่วงน้ำ และระบบรางระบายน้ำต่างๆ มักจะออกแบบขนาดโครงสร้างให้รองรับต่อปริมาณอัตราการไหลสูงสุดที่พิจารณามาจากปริมาณฝนสูงสุด ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการกระจายตัวของฝนในมิติของเวลาหรือความเข้มของฝนในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวางแผนความสามารถในการรองรับและระบายน้ำของระบบต่างๆ ทำให้การออกแบบในบางครั้งอาจไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การออกแบบรางระบายน้ำที่พิจารณาเฉพาะปริมาณฝนสูงสุด ทำให้รองรับอัตราการไหลสูงสุดได้แต่ทว่า หากรูปแบบฝนในพื้นที่มีการเกิดฝนสูงสุดในแค่ช่วงเวลาสั้นๆ ก็อาจจะทำให้การออกแบบมีความสิ้นเปลือง ส่งผลต่อถึงมูลค่าของสิ่งก่อสร้างที่มากเกินจำเป็น หรือกรณีที่เลือกวิธีการออกแบบรูปแบบฝนไม่เหมาะสมกับความเข้มฝนสูงสุดที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ หากค่าความเข้มฝนที่ใช้ออกแบบมีค่าน้อยกว่าความเข้มฝนสูงสุดที่เกิดขึ้นจริงก็อาจจะทำให้ระบบรางล้นหรือเกิดการท่วมที่เกิดฝนตกหนักในระยะสั้น นอกจากนี้การวิเคราะห์รูปแบบฝนเชิงเวลาของพื้นที่ ยังมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจำลองสภาพน้ำท่วมและระบบเตือนภัยล่วงหน้า เนื่องจากจะสามารถประเมินความเร็วการเกิดและอัตราการไหลได้แม่นยำ จากความเข้มของฝนในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเป็นมาตราการสำคัญในการช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์น้ำท่วม

ตัวอย่างหนึ่งของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำโดยมีเพียงข้อมูลปริมาณฝนรวมเท่านั้นคือ นิคมอุตสาหกรรมบางปู ดังนั้นในการศึกษานี้จะจำลองรูปแบบของฝนที่ตกในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง ด้วยเทคนิควิธีต่างๆ ได้แก่ วิธี Triangular (Yen & Chow method), วิธี Alternating block method และวิธี Chicago (Keifer & Chu method) โดยทั้ง 3 วิธีจะเป็นการออกแบบรูปแบบของฝนเชิงเวลาจากโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน–ช่วงเวลา–รอบการเกิดซ้ำ (Intensity-duration-frequency curve, IDF curve) สำหรับการนำต่อยอดประยุกต์ใช้ในแบบจำลองน้ำท่วมเขตเมือง เพื่อศึกษาผลของการรูปแบบฝนที่แตกต่างกันต่อสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยผลจากการศึกษาจะเป็นแนวทางสำหรับการเลือกใช้วิธีการจำลองรูปแบบฝนเชิงเวลากับพื้นที่ที่ขาดแคลนข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้าง ระบบเตือนอุทกภัยล่วงหน้าและมาตราการรองรับอุทกภัยอื่นๆที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

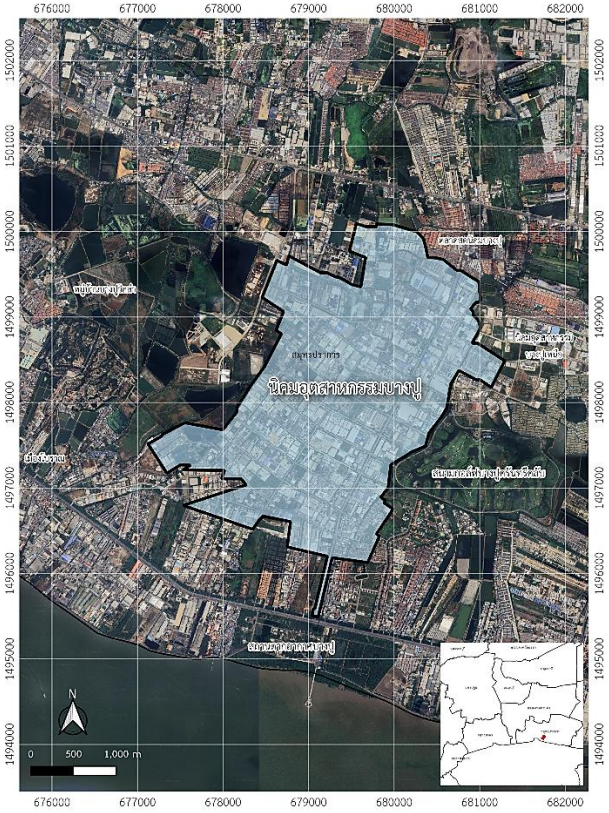
## 2. วิธีการศึกษา

### *2.1 ขอบเขตและพื้นที่ศึกษา*

พื้นที่ศึกษานิคมอุตสาหกรรมบางปูตั้งอยู่บริเวณกิโลเมตรที่ 34-37 ถนนสุขุมวิท ตำบลบางปูใหม่ และตำบลแพรกษาอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ขนาดพื้นที่ศึกษา 4,915 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมประจำฤดูกาล 2 ชนิด ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast monsoon) ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม โดยอิทธิพลของลมมรสุมนี้ทำให้บริเวณจังหวัดสมุทรปราการมีอากาศหนาวเย็นแห้งแล้ง และมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (southwest monsoon) ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมซึ่ง ทำให้อากาศชุ่มชื้นและมีฝนตกทั่วไป

แม้ว่าภาพรวมของจังหวัดสมุทรปราการจะถูกจัดให้เป็นจังหวัดที่ถูกจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีฝนตกน้อย โดยปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปีของจังหวัดสมุทรปราการมีค่าประมาณ 1,000 มิลลิเมตร พื้นที่ส่วน ใหญ่มีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยน้อยกว่า 90 วันต่อปีนอกจากนี้บริเวณบางพื้นที่ของอำเภอพระสมุทร เจดีย์ และทางตอนบนของอำเภอบางพลีและอำเภอบางเสาธงยังมีปริมาณฝนรวมตลอดปี เฉลี่ยน้อย กว่า 1,000 มิลลิเมตร สำหรับเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน มีปริมาณฝนเฉลี่ย 227.7 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันฝนตก 10 –16 วันต่อปี [1] แต่ทว่าปัญหาของนิคมอุตสาหกรรมบางปูคือช่วงที่มีฝนตกหนัก พบว่าปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดภายในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู มีค่ามากกว่าปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาสมุทรปราการอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น ช่วงวันที่ 20 – 21 มิถุนายน พ.ศ. 2559 ที่มีปริมาณฝนตกหนักต่อเนื่อง

ติดต่อกันสองวันอยู่ที่ 340 มิลลิเมตร หรือช่วงวันที่ 28 – 29 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ที่มีปริมาณฝน 273 มิลลิเมตร [2] ซึ่งทั้งสองเหตุการณ์ล้วน ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่นิคมอย่างรุนแรง

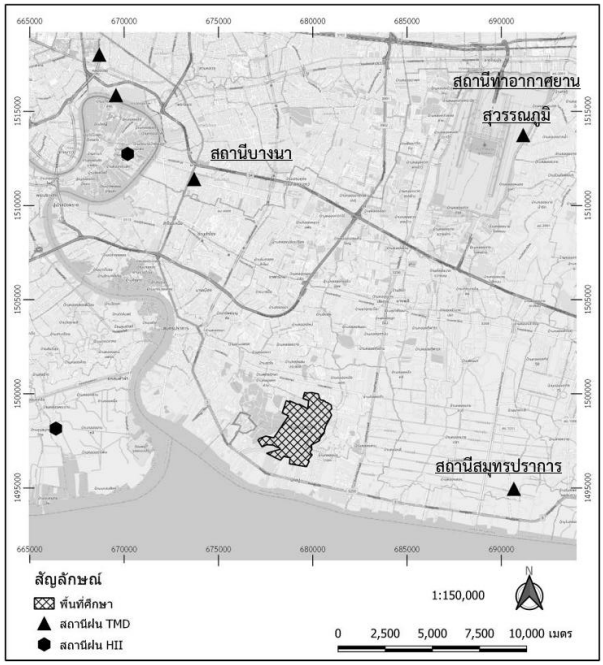



**รูปที่ 1** พื้นที่ศึกษานิคมอุตสาหกรรมบางปู

*2.2 การรวบรวมข้อมูล*

เนื่องจากข้อมูลฝนในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูมีการเก็บรวบรวมเฉพาะความลึกรวมของฝนแต่ละลูกบวกกับมีการเก็บข้อมูลย้อนหลังที่ค่อนข้างน้อยจึงทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการออกแบบรูปแบบของฝนเชิงเวลาสำหรับระบบระบายน้ำ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลรูปแบบของฝนจาก Automatic Weather System (AWS) สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลฝนสูงสุดย้อนหลังในแต่ละปี ตั้งแต่ข้อมูลฝนราย 15 นาที, รายชั่วโมง และราย 3 ชั่วโมงจากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ โดยรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ดังแสดงในรูปที่ 2

จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าสถานีที่มีข้อมูลฝนสูงสุดย้อนหลังใน 15 นาที, 30 นาที และ 45 นาทีของแต่ละปี และข้อมูลฝนรายชั่วโมง และข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมง คือ สถานีบางนาของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจากการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนรายชั่วโมง และข้อมูลฝนที่ตกในนิคมตั้งแต่ปีพ.ศ. 2565 จนถึงปีพ.ศ.2567 พบว่ามีค่า correlation coefficient อยู่ที่ 0.67 ดังนั้นในการศึกษาและออกแบบรูปแบบฝนครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลย้อนหลังจากสถานีบางนาเป็นหลัก




**รูปที่ 2** ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำรอบพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู

*2.3 การสร้างโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน–ช่วงเวลา–รอบการเกิดซ้ำ (Intensity-duration-frequency curve, IDF curve)*

การสร้าง IDF Curve เป็นกระบวนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (Intensity) ระยะเวลาฝนตก (Duration) และความถี่การเกิด (Frequency) [3-4] และเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างสูงในโครงการและการศึกษาทางระบบระบายน้ำในเขตเมือง โดยใช้ในการประเมินผลของเหตุการณ์ฝนตกรุนแรงในพื้นที่เขตเมืองที่กำหนดไว้หรือใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการออกแบบโครงสร้างระบบระบายน้ำในเขตเมือง [5] โดยหลังจากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆ จากข้อมูลย้อนหลังแต่ละปี จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความถี่การเกิดโดยในการศึกษานี้จะใช้ Gumbel Distribution เพื่อคำนวณปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มิลลิเมตร) ในแต่ละคาบการเกิดซ้ำ ได้แก่ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี เมื่อหาค่าความเข้มของฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ที่ช่วงเวลาและคาบการเกิดต่างๆ แล้วจึงนำไปพล็อตเป็นกราฟบน Log-Log Scale เพื่อสร้าง IDF Curve ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งในการออกแบบระบบระบายน้ำและโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมให้รองรับปริมาณน้ำฝนได้อย่างเหมาะสม [6] ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนา IDF Curve ให้ทันสมัยและเป็นปัจจุบันที่สุดจึงมีความสำคัญอย่างมาก [7-8]

สำหรับการศึกษานี้จะใช้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝนสูงสุดกับระยะเวลาที่ฝนตกดังแสดงในสมการที่ (1) [6]

$$i = \frac{a}{t_d{}^c + b} \quad (1)$$

โดยที่ $i$ คือความเข้มของฝน, $t_d$ คือระยะเวลาที่ฝนตก, และ $a$, $b$, $c$ คือค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับสภาพทางอุตุนิยมวิทยาซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่

*2.4 การสร้างรูปแบบของฝนออกแบบเชิงเวลา*

ในการศึกษานี้ที่ต้องการศึกษารูปแบบฝนของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูซึ่งไม่เคยมีการเก็บข้อมูลรูปแบบของฝน จึงได้ทำการเลือกวิธีทั้งหมดที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลในพื้นที่ ศึกษาได้ทั้งหมด 3 วิธี ดังนี้

*2.2.1 วิธี Triangular (Yen & Chow method)*

วิธีนี้เป็นวิธีการออกแบบรูปแบบฝนเชิงเวลาในรูปแบบสามเหลี่ยม โดยจะมียอดของรูปสามเหลี่ยมเป็นค่าความเข้มฝนสูงสุด และพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมดังกล่าวจะเป็นความลึกรวมของฝนทั้งลูก ซึ่งสามารถหาความลึกรวมของฝนที่จะนำมาใช้ออกแบบได้จากโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน–ช่วงเวลา–รอบการเกิดซ้ำ [9] ซึ่งแม้ว่ารูปแบบสามเหลี่ยมนี้เป็นรูปแบบที่มีความเรียบง่ายอย่างยิ่ง แต่ในบางครั้งก็เป็นรูปแบบที่รวดเร็วและดีเพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานจริงกับรูปแบบฝนที่มีระยะเวลาไม่สูงนัก [10-11]

*2.2.2 วิธี Alternating block method*

วิธีนี้เป็นวิธีการออกแบบรูปแบบฝนเชิงเวลา โดยใช้หลักการแบ่งช่วงเวลาของฝนออกเป็นบล็อก (blocks) ย่อย และหาค่าความเข้มฝนช่วงเวลาย่อยดังกล่าว ก่อนจะนำมาจัดอันดับตามค่าฝนสูงสุดแล้วจึงนำไปจัดเรียงโดยเริ่มจากค่าฝนสูงสุดแล้วจึงสลับซ้ายขวาไปจนครอบคลุมทั้งช่วงเวลา [12]

*2.2.3 วิธี Chicago (Keifer & Chu method)*

วิธีนี้เป็นวิธีการออกแบบฝนที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะสำหรับการออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตเมือง ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มของฝนก่อน-หลังช่วงเวลาที่มีค่าความเข้มฝนสูงสุด และสร้างเป็นรูปแบบฝนได้จากสมการที่ (2) – (3) [13]

ความเข้มของฝนก่อนถึงจุดที่มีความเข้มฝนสูงสุด ($i_b$) :

$$i_b = \frac{a\left[(1-b)\left[\frac{t_a}{r}\right]^b + c\right]}{\left[\left(\frac{t_a}{r}\right)^b + c\right]^2} \quad (2)$$

ความเข้มของฝนหลังจากจุดที่ความเข้มฝนสูงสุด ($i_a$) :

$$i_a = \frac{a\left[(1-b)\left[\frac{t_a}{1-r}\right]^b + c\right]}{\left[\left(\frac{t_a}{1-r}\right)^b + c\right]^2} \quad (3)$$

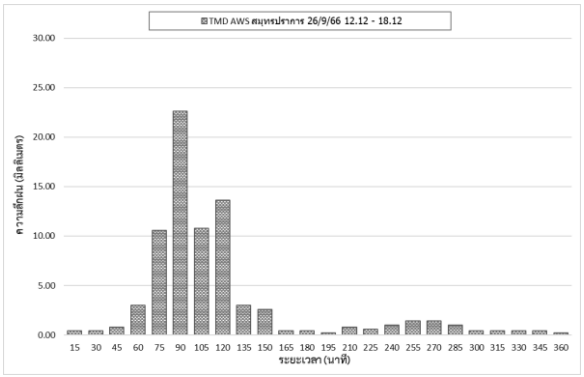
โดยที่ $t_a$ คือช่วงเวลาหลังจากการความเข้มฝนสูงสุด, $r$ คือ storm advanced coefficient หรืออัตราส่วนระยะเวลาก่อนถึงจุดที่ความเข้มฝนสูงสุดต่อระยะเวลาของฝน และ $a$, $b$, $c$ คือค่าคงที่ทางอุตุนิยมวิทยา

## 3. ผลการศึกษา

*3.1 รูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่*

การศึกษานี้ได้อ้างอิงรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่จากข้อมูลฝน Automatic Weather System (AWS) สถานีสมุทรปราการของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีความละเอียดในการเก็บข้อมูลสูงสุดในระดับรายนาที

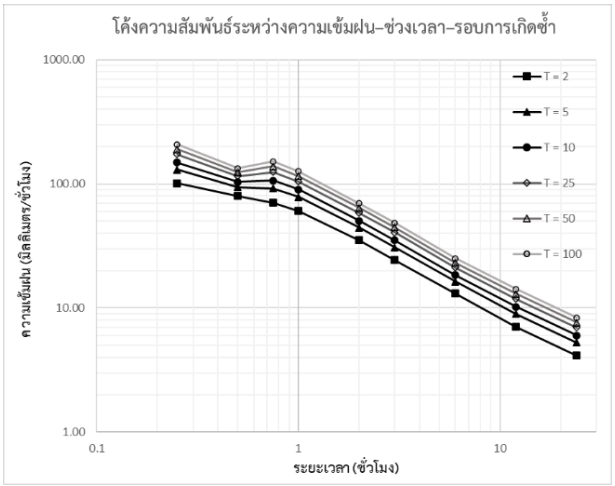
สำหรับเหตุการณ์ฝนที่จะนำมาพิจารณาคือเหตุการณ์ฝนในวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566 ซึ่งระยะเวลาฝนทั้งหมด 6 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 12.12 ถึง 18.12 น. ปริมาณฝนทั้งหมดอยู่ที่ 76.80 มิลลิเมตร และใช้ระยะเวลาก่อนจะถึงช่วงที่มีค่าความเข้มฝนสูงสุดประมาณ 90 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3 ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงพิจารณาออกแบบรูปแบบฝนวิธีต่างๆ ด้วยระยะเวลาฝน 6 ชั่วโมง และค่า $r$ ที่ 0.25




**รูปที่ 3** ข้อมูลฝน TMD AWS สถานีสมุทรปราการ เมื่อวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566 เวลา 12.12 ถึง 18.12 น.

*3.2 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน–ช่วงเวลา–รอบการเกิดซ้ำ (Intensity-duration-frequency curve, IDF curve)*

โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลฝนสูงสุดย้อนหลังในช่วงเวลาต่างๆ ได้แก่ 15 นาที, 30 นาที, 45 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 6 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยเป็นค่าสูงสุดรายปีตั้งแต่พ.ศ. 2533 จนถึง พ.ศ. 2563 นำมาแจกแจงความถี่การเกิดด้วย Gumbel distribution ที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี เพื่อสร้าง IDF curve สำหรับการนำไปออกแบบรูปแบบฝนเชิงเวลา ดังที่แสดงในรูปที่ 4




**รูปที่ 4** โค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน–ช่วงเวลา–รอบการเกิดซ้ำของข้อมูลจากสถานีบางนา

3.3 รูปแบบฝนออกแบบด้วยวิธี Triangular

การศึกษานี้ได้ออกแบบรูปแบบฝนสามเหลี่ยมระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยพิจารณาที่ค่า $r$ เท่ากับ 0.25 โดยพบว่าค่าความเข้มสูงสุดของฝนจะอยู่ 25.63, 32.54, 36.80, 42.19, 46.18 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5

3.4 รูปแบบฝนออกแบบด้วยวิธี Alternating block

สำหรับวิธี Alternating block ในการศึกษานี้จะพิจารณาช่วงเวลาย่อย (block) ที่ 15 นาที เพื่อสร้างรูปแบบฝนระยะเวลา 6 ชั่วโมงที่คาบการเกิดซ้ำต่างๆดังที่แสดงในรูปที่ 6 พบว่าค่าความลึกฝนอยู่ที่ 25.28, 32.45, 37.20, 43.20, 47.65 และ 52.07 มิลลิเมตร ที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี ตามลำดับ ดังที่แสดงในรูปที่ 6

3.5 รูปแบบฝนออกแบบด้วยวิธี Chicago

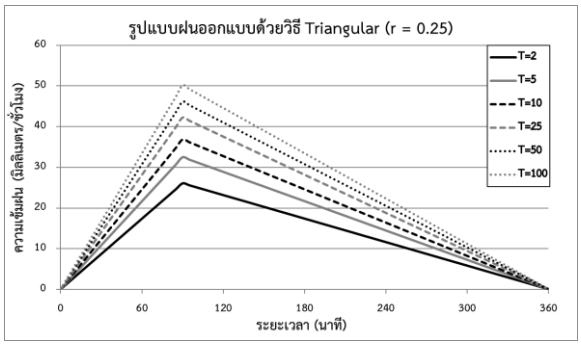
การศึกษานี้ได้ออกแบบรูปแบบฝนด้วยวิธี Chicago ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยพิจารณาที่ค่า $r$ เท่ากับ 0.25 พบว่าค่าความเข้มสูงสุดของฝนออกแบบที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี จะอยู่ที่ 150.31, 189.40, 214.85, 246.91, 270.82 และ 294.84 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7

3.6 การเปรียบเทียบรูปแบบฝนออกแบบกับรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริง

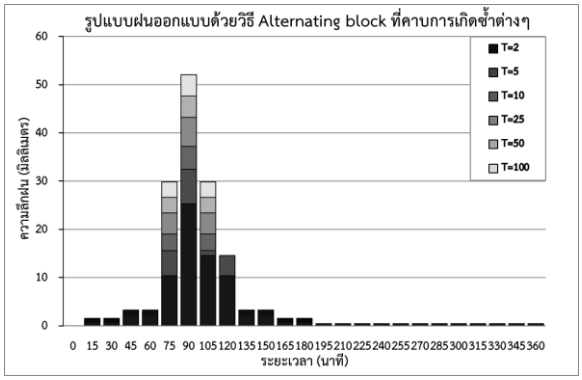
เมื่อนำรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริง เมื่อวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นข้อมูลฝนตรวจวัด สถานีสมุทรปราการจาก Automatic Weather System ของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีปริมาณฝนใกล้เคียงกับคาบการเกิด 2 ปี กับรูปแบบฝนออกแบบที่คาบการเกิด 2 ปี ทั้ง 3 วิธีที่ออกแบบให้ระยะเวลาทั้งหมดของฝนและระยะเวลาก่อนจะถึงจุดที่มีค่าความเข้มสูงสุดเท่ากัน มาเปรียบเทียบกันในความลึกของฝนราย 15 นาที ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าเมื่อพิจารณาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ฝนออกแบบด้วยวิธี Alternating มีรูปแบบใกล้เคียงกับรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดในทั้ง 3 วิธี ที่ค่า MAPE เท่ากับ 42.62% และเมื่อพิจาณาร้อยละความแตกต่างของค่าความเข้มฝนสูงสุด พบว่าฝนออกแบบด้วยวิธี Chicago มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มฝนสูงสุดที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด โดยมีค่าความเข้มฝนสูงสุดมากกว่าความเข้มฝนสูงสุดที่เกิดจริง 4.04%

3.7 การเปรียบเทียบรูปแบบฝนออกแบบทั้ง 3 วิธี

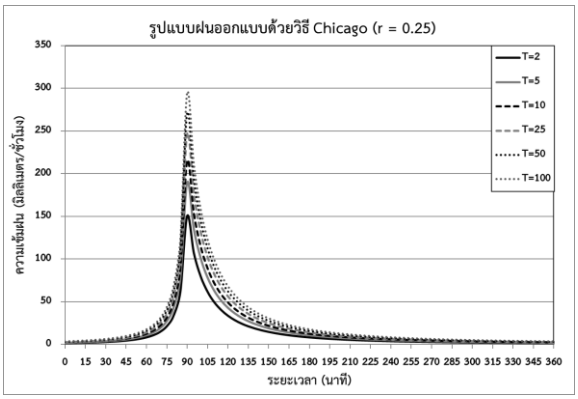
เมื่อนำรูปแบบฝนทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบกันที่ปริมาณความลึกของฝนในระดับราย 15 นาที ดังแสดงในรูปที่ 9 จะพบว่า ปริมาณฝนที่จุดที่มีความเข้มสูงที่สุด รูปแบบฝนออกแบบด้วยวิธี Chicago และวิธี Alternating block ค่าใกล้เคียงกัน โดยมีร้อยละความแตกต่างกันที่ 6.99, 8.44, 20.93, 10.12, 10.55 และ 10.81 ที่คาบการเกิดซ้ำ 2, 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี ตามลำดับ ซึ่งต่างจากวิธี Triangular ที่ตำแหน่งที่จุดที่มีความเข้มฝนสูงสุดมีปริมาณฝนไม่สูงมาก แต่ปริมาณฝนกระจายตัวไปตลอดช่วงระยะเวลาของฝนออกแบบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 วิธีที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้



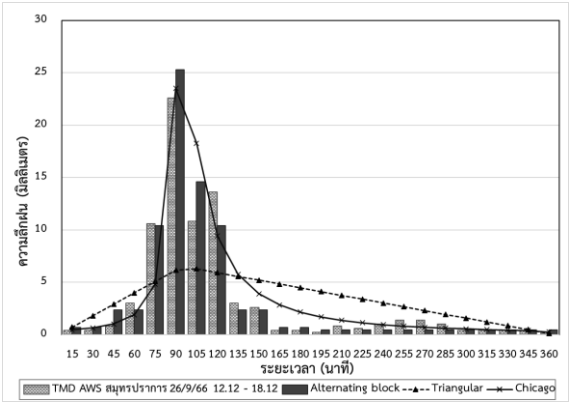

**รูปที่ 5** รูปแบบของฝนออกแบบด้วยวิธี Triangular (r = 0.25)



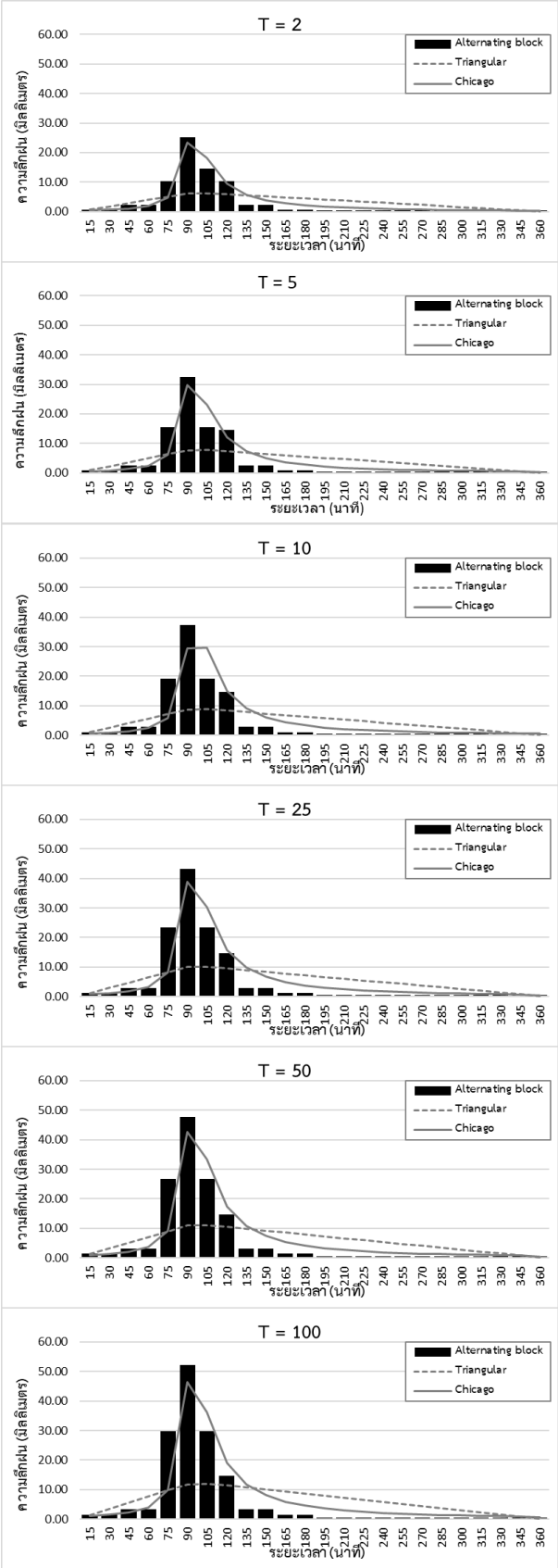

**รูปที่ 6** รูปแบบของฝนออกแบบด้วยวิธี Alternating block ที่คาบการเกิดซ้ำต่างๆ




**รูปที่ 7** รูปแบบของฝนออกแบบด้วยวิธี Chicago (r = 0.25)




**รูปที่ 8** การเปรียบเทียบรูปแบบฝนออกแบบทั้ง 3 วิธี กับรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริงที่คาบการเกิดซ้ำ 2 ปี




**รูปที่ 9** การเปรียบเทียบความลึกของรูปแบบฝนออกแบบทั้ง 3 วิธี ที่คาบการเกิดซ้ำต่างๆ

## 4. บทสรุป

การศึกษานี้ได้ทำการจำลองรูปแบบฝนเชิงเวลาในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู เนื่องจากข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่เก็บเฉพาะข้อมูลความลึกฝนรวมของแต่ละเหตุการณ์และมีการเก็บข้อมูลย้อนหลังที่สั้น ทำให้ไม่สามารถเลือกใช้วิธีการออกแบบรูปแบบฝนที่จำเป็นจะต้องใช้รูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริงในในพื้นที่ได้ จึงต้องเลือกวิธีการออกแบบรูปแบบฝนเชิงเวลาที่สร้างจาก IDF Curve ของข้อมูลสถานีใกล้เคียง ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกวิธีการออกแบบฝนทั้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธี Triangular, วิธี Alternating block และ วิธี Chicago โดยการใช้ IDF Curve ซึ่งถูกสร้างจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆ จากข้อมูลย้อนหลังแต่ละปีมาวิเคราะห์ความถี่การเกิดโดยใช้ Gumbel Distribution และเปรียบเทียบกับรูปแบบเหตุการณ์ฝนที่ตกจริงเมื่อวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นข้อมูลฝนตรวจวัด สถานีสมุทรปราการจาก Automatic Weather System ของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกับคาบการเกิด 2 ปี

ผลการเปรียบเทียบรูปแบบฝนทั้ง 3 วิธีกับรูปแบบฝนจริง พบว่าทั้งวิธี Alternating block และวิธี Chicago ให้รูปแบบฝนออกแบบที่มีความใกล้เคียงกับรูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริง โดยวิธี Alternating block มีการกระจายตัวของฝนใกล้เคียงกับรูปแบบฝนจริงมากที่สุด และวิธี Chicago ค่าความเข้มของฝนสูงสุดที่ใกล้กับความเข้มสูงสุดของฝนที่ตกจริง ส่วนวิธี Triangular มีความแตกต่างกับรูปแบบของฝนที่เกิดขึ้นจริงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในเรื่องของการกระจายตัวและค่าความเข้มฝนสูงสุด

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกันรูปแบบระหว่างรูปแบบฝนออกแบบทั้ง 3 วิธี พบว่าจุดที่มีความเข้มของฝนสูงสุด วิธี Alternating block และ วิธี Chicago มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยวิธี Chicago จะมีแนวโน้มที่จะให้ค่าความเข้มฝนต่ำกว่าวิธี Alternating block ร้อยละ 6 ถึง 11 ต่างจากวิธี Triangular ซึ่งความเข้มของฝนไม่ได้สูงมากนัก แต่เน้นไปที่การกระจายตัวของฝนตลอดระยะเวลาทั้งหมดของฝนออกแบบ ซึ่งทำให้ค่าความเข้มของฝนในจุดที่สูงที่สุดมีค่าน้อยกว่าทั้ง 2 วิธีแรกอย่างมีนัยสำคัญ โดยเหตุผลดังกล่าวนั้นมาจากรูปแบบฝนออกแบบที่ใช้ในการศึกษาเลือกใช้ระยะเวลาฝนออกแบบที่ 6 ชั่วโมง ซึ่งถือเป็นระยะเวลาฝนออกแบบที่ค่อนข้างนานและเกิดขึ้นไม่บ่อยนักในพื้นที่ ทำให้การกระจายตัวของฝนด้วยวิธี Triangular อาจจะไม่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 2 วิธีก่อนหน้าที่ปริมาณฝนส่วนใหญ่จะกระจุกตัวกันอยู่ใกล้กับบริเวณที่มีความเข้มฝนสูงสุด แต่ทั้งนี้การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ฝนเมื่อวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2566 เพียงเหตุการณ์เดียว ซึ่งอาจจะไม่สะท้อนถึงรูปแบบฝนส่วนใหญ่ของพื้นที่จึงมีความจำเป็นจะต้องพิจารณาศึกษารูปแบบฝนที่เกิดขึ้นจริงจากเหตุการณ์อื่นๆ เพิ่มเติม

นอกจากการพัฒนาและปรับปรุง IDF Curve ให้ทันสมัยและเป็นปัจจุบันที่สุดจะมีความสำคัญแล้ว จะเห็นได้ว่าแม้ว่าจะใช้ข้อมูล IDF Curve ชุดเดียวกันแต่การออกแบบฝนจากแต่ละวิธีให้รูปแบบฝนที่แตกต่างกัน โดยบางครั้งก็แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกความเข้มสูงสุดของฝนที่จะนำไปออกแบบระบบโครงสร้างหรือมาตราการต่างๆ จึง

เป็นการแสดงให้เห็นถึงความของการเก็บข้อมูลรูปแบบของฝนหรือความเข้มของฝนในช่วงเวลาต่างๆ

ส่วนข้อจำกัดของการใช้ Gumbel Distribution ในการแจกแจงความถี่การเกิด ซึ่งอาจจะมีลักษณะที่ไม่ครอบคลุมกับพฤติกรรมของฝนสูงสุดในบางปี ดังนั้นสำหรับการพัฒนาการศึกษานี้จึงควรมีการทดสอบกับฟังก์ชันการแจกแจงความถี่อื่นๆ เพิ่มเติม และควรมีการทดสอบความเหมาะสมการแจกแจงแต่ละฟังก์ชันด้วยวิธี Goodness of fit

จากผลที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้รูปแบบฝนเชิงเวลาที่ถูกออกแบบไว้จะถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลนำเข้ากับแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่าเพื่อศึกษาผลของรูปแบบฝนเชิงเวลาที่แตกต่างกันต่อสภาพน้ำท่วมในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปูต่อไป

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้

## เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2558). *เอกสารวิชาการ อุตุนิยมวิทยาน่ารู้เพื่อการเกษตรจังหวัดสมุทรปราการ*. ส่วนอุตุนิยมวิทยาเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา.

[2] การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2560). *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสำรวจ ศึกษา และออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม (ระยะที่ 2) นิคมอุตสาหกรรมบางปู*.

[3] Menabde, M., Seed, A., & Pegram, G. (1999). A simple scaling model for extreme rainfall. *Water Resources Research*, 35(2), 335–339.

[4] Nhat, L. M., Tachikawa, Y., & Takara, K. (2006). Establishment of intensity-duration-frequency curves for precipitation in the monsoon area of Vietnam. *Annual Report of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, 49B, 93–102.

[5] Wang, A., Qu, N., Chen, Y., Li, Q., & Gu, S. (2018). A 60-minute design rainstorm for the urban area of Yangpu District, Shanghai, China. *Water, 10*(3), 312.

[6] Watt, W. E., Chow, K. C. A., Hogg, W. D., & Lathem, K. W. (1986). A 1-h urban design storm for Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 13(2), 293–300.

[7] อุบลวรรณ เจนพานิชทรัพย์. (2542). *การปรับปรุงเกณฑ์การวิเคราะห์ฝนออกแบบสำหรับกรุงเทพมหานคร* (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

[8] อารียา ฤทธิมา, คุณากร เปี่ยมฟ้า, ณัฏฐ์ อู่ไทย, & อรรคเดช จันทรมานะ. (2556). การปรับปรุงการวิเคราะห์ฝนออกแบบของพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 24(4), 1–10.

[9] Yen, B. C., & Chow, V. T. (1980). Design hyetographs for small drainage structures. *Journal of the Hydraulics Division*, 106(6), 1055–1076.

[10] Asquith, W. H., Bumgarner, J. R., & Fahlquist, L. S. (2003). A triangular model of dimensionless runoff producing rainfall hyetographs in Texas. *Journal of the American Water Resources Association*, 39(5), 911–921.

[11] Ellouze, M., Abida, H., & Safi, R. (2009). A triangular model for the generation of synthetic hyetographs. *Hydrological Sciences Journal, 54*(2), 287–299.

[12] Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.

[13] Keifer, C. J., & Chu, H. H. (1957). Synthetic storm pattern for drainage design. *Journal of the Hydraulics Division, 83*(4), 1–25.