บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาและรวบรวมหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2.1.1 นิยามและความหมาย

(กรมอุตุนิยมวิทยา) ภูมิอากาศ คือ สภาวะโดยทั่วไปของลมฟ้าอากาศบนพื้นที่ใดๆ ในช่วงเวลานานๆ ซึ่งพิจารณาจากการตรวจอากาศซ้ำๆ กันหลายครั้งเป็นระยะเวลานานประมาณ 30-35 ปี ลมฟ้าอากาศแตกต่างจากภูมิอากาศ ตรงที่การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศจะเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ โดยค่าปกติในทางอุตุนิยมวิทยา เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของสารประกอบอุตุนิยมวิทยาในคาบ 30 ปี ซึ่งกำหนดโดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization; WMO) เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐาน ในการนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศทั่วโลก ปัจจุบันช่วงมาตรฐานที่ใช้อยู่คือ พ.ศ. 2504–2533 (ค.ศ.1961 - 1990)

ธำรง (2519) ได้แสดงค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลา 1 วัน ที่สถานีวัดน้ำฝนจังหวัดต่างๆ ในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางรวมทั้งหมด 12 จังหวัด (เชียงใหม่ พิษณุโลก เลย อุดรธานีสกลนคร นครราชสีมา อุบลราชธานีลพบุรี กาญจนบุรี กรุงเทพฯ ชลบุรี จันทบุรี) ในแผนที่ประเทศไทย แล้วลากเส้นปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากันสำหรับทั้ง 5 กรณี โดยผลงานวิเคราะห์ค่าน้ำ ฝนสูงสุดที่แสดงนั้นได้รวบรวมจากรายงานวิเคราะห์วิจัยตามทฤษฎี Gumbel ของนิสิตปริญญาตรีโท และคณาจารย์สาขาวิชาชลศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่า คำว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) นั้นมีการให้ความหมายไว้ 2 แนวทาง ดังนี้ กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change หรือUNFCCC) ให้ความหมายของการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศว่า หมายถึง การเปลี่ยนแปลงใดๆ ของอากาศซึ่งเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน (UNITED NATIONS, Online, 1992) และคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC) ให้ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่า หมายถึง ความแปรปรวนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติของสภาวะภูมิอากาศหรือความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างถาวรเป็นเวลานาน (ทศวรรษหรือนานกว่านั้น) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการต่างๆ หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของทางด้านบรรยากาศหรือพื้นดิน ที่เกิดจากกิจกรรมต่อเนื่องของมนุษย์ (Intergovernmental Panel

on Climate Change, Online) จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้ธรรมชาติเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีและไม่ไม่ดี ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลกทั้งในด้านอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ภัยพิบัติที่ร้ายแรง เป็นต้น

2.1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานศึกษาของศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553) ได้กล่าวไว้ในบทสรุปว่า สภาพภูมิอากาศและอุทกวิทยา ถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนในอนาคตอันใกล้จากปัจจุบันถึงกึ่งกลางศตวรรษ (พ.ศ.2558-2582) และอนาคตระยะไกล จากกลาง-สิ้นศตวรรษ (พ.ศ.2618-2642) พบว่าการเปลี่ยนแปลง ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละภูมิภาค ในแบบจำลองต่างๆ โดยใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECISE (Providing Regional Climates for Impacts Studies) ที่ศูนย์เครือข่ายวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (SEA START) ได้นำมาใช้ประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทย จากการศึกษาพบว่ามีทั้งไปในทิศทางเดียวกันและแตกต่างกันบ้างในบางพื้นที่ กล่าวคือในอนาคตอันใกล้ (กึ่งกลางศตวรรษ) ส่วนใหญ่พยากรณ์ว่าในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตกปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ภาคอื่นๆ เช่น ภาคตะวันตก และภาคใต้ฝั่งตะวันออก เป็นต้น จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตระยะไกล (สิ้นศตวรรษ) ส่วนใหญ่พยากรณ์ว่าทุกภาคของประเทศไทยปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแม้ในแบบจำลองหนึ่ง พยากรณ์ว่าในภาคใต้จะปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มลดลง

วิชชุดา (2540) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกบัการใช้อนุกรมสูงสุดรายปีและอนุกรมสูงสุดบางส่วนในการวิเคราะห์ขนาดและความถี่น้ำหลากในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลที่มีช่วงปีสถิติข้อมูล 17 ถึง 75 ปี จำนวน 11 สถานีโดยเลือกฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Gumbel สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำสูงสุดรายปีผลการ วิเคราะห์พบว่าการใช้ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีโมเมนต์ให้ผลที่คล้ายกันและสรุปว่า ค่าพารามิเตอร์จากวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าวิธีโมเมนต์

อมเรศ (2549) ได้ทำการวิเคราะห์ความถี่และแนวโน้มของปริมาณฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นขอ้มูลสำหรับประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจากอุทกภัยและแผ่นดินถล่มเนื่องจากฝนสูงสุดโดยทำการศึกษาลักษณะภูมิประเทศและสภาพการใชพื้นที่รวบรวมข้อมูลน้ำฝนวิเคราะห์ความถี่และแนวโนม้ของฝนสูงสุดตามวิธีกัมเบลและนำข้อมูลที่ได้มาประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจากการเกิดฝนสูงสุด

แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล (2553) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพบว่ามี 9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 1965 ถึง 2006 สรุปได้ว่าปริมาณฝนรวมในช่วงฝนตกน้อยและฤดูร้อน (เดือนพฤศจิกายน ถึง เมษายน) เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกในขณะที่จำนวนวันฝนตกรวมรายปีในช่วงปี ค.ศ.1965 ถึง 2006 สรุปผลถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตอันใกล้นี้คาดว่าสภาวะ

ความรุนแรงของอุณหภูมิในประเทศไทยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงขึ้นเป็นเท่าตัวในส่วนสภาวะความรุนแรงของฝนมีรูปแบบและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนและแตกต่างจากอุณหภูมิ โดยสิ้นเชิงโดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งสองทิศทางคือการเพิ่มขึ้นและการลดลงในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ผลการวิเคราะห์ยังพบว่า ความแปรปรวนในระยะสั้น (ปีต่อปีหรือทศวรรษต่อทศวรรษ) เป็นลักษณะที่โดดเด่นอีกประการหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทย ซึ่งความแปรปรวนในช่วงเวลาดังกล่าวอาจมีความเชื่อมโยงกับความแปรปรวน ของปรากฏการณ์เอนโซ่และลมมรสุมโซนร้อน

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล (2553) ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดนครราชสีมาโดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) ที่ต่ำที่สุดโดยศึกษากับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 ถึง 2545 เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ.2546 ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากที่สุดสำหรับค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปีของปี พ.ศ.2547 และ 2548 เท่ากับ 999 และ 1,002 มิลลิเมตรต่อปี

ดร.สิรินทรเทพ เต้าประยูร (2554) การศึกษาคาดการณ์สภาพอากาศสภาพอากาศของประเทศมีแนวโน้มเช่นเดียวทางเดียวกันในอัตราส่วนที่เล็กลง ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของอุณหภูมิ (อากาศใกล้พื้นผิว) และฝนของประเทศไทยโดยใช้แบบจำลอง RegCM3 ซึ่งเป็นแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคการจำลองได้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศและพิจารณาสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาอดีต 40 ปี (ค.ศ. 1961 ถึง 2000) และช่วงเวลาอนาคต 40 ปี (ค.ศ. 2013 ถึง 2070) ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า แบบจำลองประสบปัญหาในการทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยของทุกภาคของประเทศ ซึ่งต่ำกว่าที่เป็นจริงค่อนข้างมากในทุกภาคยกเว้นภาคใต้ ในหลายพื้นที่ให้ค่าต่ำกว่าที่เป็นจริงถึง 4 องศาเซลเซียส สำหรับฝนเฉลี่ยได้ทำนายเกินจริงในภาคใต้และภาคตะวันออก และต่ำกว่าที่เป็นจริงในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2. โค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน - ช่วงเวลา – รอบปีการเกิดซ้ำ

2.2.1 ฝน (Rain) ปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำหลาก ฝนเป็นรูปแบบหนึ่งของหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งเป็นน้ำที่ตกจากชั้นบรรยากาศในหลายรูปแบบ ได้แก่ ฝน (Drain) หิมะ (Snow) ลูกเห็บ (hail) ลูกปรายน้ำแข็ง (sleet) ฝนละออง (Drizzle) เป็นต้น กระบวนการเกิดฝนเกิดจากการกลั่นตัว (Condensation) ของไอน้ำในชั้นบรรยากาศกลายเป็นเมฆ ซึ่งต้องอาศัยเชื้ออนุภาคกลั่นตัวเล็กๆ (Condensing nuclei) อนุภาคเล็กๆ ดังกล่าว ได้แก่ ละออง หรืออนุภาคของสารต่างๆ ที่ลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศละอองจากการเผาไหม้ เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจนและอนุภาคเกลือต่างๆ เมื่ออากาศมีความชื้นเย็นตัวลงมากพอ ละอองน้ำในเมฆจะรวมตัวกันกลายเป็นหยดน้ำฝนขนาด 2-5 มิลลิเมตร ก็จะตกลงสู่พื้นดิน (กรมทางหลวง, 2553)

2.2.2 การวัดปริมาณน้ำฝนการวัดปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาที่กำหนดจะแสดงผลในหน่วยของความลึกของน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่โดยถือว่าปริมาณฝนแผ่กระจายและมีความลึกสม่ำเสมอ (equivalent uniform depth) ครอบคลุมทั้งพื้นที่และมีสมมุติฐานว่าไม่มีการไหลออกของน้ำท่า การซึมผ่านผิวดินและการระเหย หน่วยที่นิยมใช้วัดปริมาณน้ำฝน คือ มิลลิเมตร หรืออาจใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร หรือ นิ้วการวัดปริมาณน้ำฝน กระทำได้โดยการใช้เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน การตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ และการตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

2.2.2.1 เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดาหรือเครื่องวัดน้ำฝนแบบมาตรฐาน มีลักษณะเป็นกระบอกตวง ใช้วัดปริมาณน้ำฝนรวมที่ตกลงมาในแต่ละครั้ง ไม่สามารถวัดข้อมูลปริมาณฝนอย่างต่อเนื่องได้ เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดาที่ใช้ในแต่ละประเทศอาจมีมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการเดียวกันคือ ใช้สำหรับวัดความลึกของน้ำฝนที่ตกในแต่ละช่วงระยะเวลาหนึ่ง

2.2.2.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง เป็นเครื่องวัดที่สามารถบันทึกปริมาณฝนตามเวลาได้อย่างต่อเนื่องโดยบันทึกลงในแผ่นกราฟข้อมูลกราฟน้ำฝนที่ได้ เรียกว่า Hyetograph ซึ่งจะแบ่งเวลาให้ได้แผ่นละ 24 ชั่วโมง สำหรับการเก็บและการเปลี่ยนกระดาษกราฟทุกๆ วัน

2.2.3 ความเข้มของฝน (Rainfall intensity) ความเข้มของฝนหรือความรุนแรงของฝนหมายถึง ปริมาณความลึกของน้ำฝนเทียบต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่งโมง หรือ นิ้ว/ชั่วโมง ในกรณีที่มีกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสม (accumulated rainfall depth) กับเวลาสามารถหาความเข้มฝนในแต่ละช่วงเวลาได้จากความลาดชัน (slope) ของเส้นกราฟ

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิในระยะยาวจะหาแนวโน้มหรือเส้นแนวโน้ม (Trend Line) เป็นการนำข้อมูลที่มีการเวลาเปลี่ยนแปลงไปในระยะเวลายาวมากกว่าหนึ่งปี การเปลี่ยนแปลงอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการเปลี่ยนแปลงอาจจะเป็นไปอย่างรวดเร็วหรืออย่างช้าๆ ลักษณะแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอาจจะเป็นเชิงเส้นหรือเส้นโค้งพาราโบลา จะได้สมการเส้นตรง

$$Y = mX + c \qquad \text{สมการที่ 2.1}$$

2.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณฝนสะสมรายปีมักจะใช้การพล็อตกราฟเส้นในการแสดงข้อมูลตัวเลขที่สัมพันธ์กับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นช่วงหรือแนวโน้มว่าขึ้นหรือลง โดยการลดการแปรปรวนของข้อมูลจากการค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Moving Average) คือการคำนวณค่าเฉลี่ยที่นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีที่ 30 ปีรวมกันแล้วนำมาหารด้วยจำนวนปีที่มีข้อมูล เรียกว่า การเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่พื้นฐาน (Simple Moving Average) จะได้สมการ

$$MA = \frac{\sum Pi}{n}$$ สมการที่ 2.2

เมื่อ MA = การเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่
P_i = ค่าของข้อมูล
n = จำนวนข้อมูล

2.3.3 การสร้างโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝน - ช่วงเวลา - รอบปีการเกิดซ้ำ หรือ IDF-curve (วีระพล, 2531) การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎีการแจกแจงความถี่ด้วยวิธีกัมเบล สามารถทำได้โดยวิธี โมเมนต์ (Moments Estimate) และวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Estimate) วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดเป็นวิธีที่ดีที่สุดในเชิงสถิติ และให้ผลการคำนวณที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด แต่การคำนวณค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากต้องใช้การคำนวณแบบทำซ้ำ (Iteration Method) ในที่ครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีโมเมนต์ สำหรับการนำไปใช้งานเท่านั้นคือกราฟที่ใช้ข้อมูลอย่างน้อย 10 ปี ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างกราฟนี้ใน IDF- curve จะพบว่าที่รอบปีการเกิดซ้ำเดียวกัน ความเข้มฝนจะมีแนวโน้มลดลงตามช่วงเวลาที่ฝนตกทั้งนี้เพราะความเข้มฝน หมายถึงปริมาณฝน (mm) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (hr.) การวัดข้อมูลฝนเป็นเวลานานๆ แล้วนำมาหาเป็นความเข้มฝน ตัวเลขของความเข้มฝนที่ตกนานๆ จะมีแนวโน้มลดลงตามเวลาที่ตก และถ้าพิจารณาที่ช่วงเวลาที่ฝนตกเท่ากัน จะเห็นว่าความเข้มฝนจะมากขึ้นตามรอบปีการเกิด 1 ซ้ำที่มากขึ้น IDF-curve ทั้งนี้จึงมีประโยชน์ในการออกแบบทางวิศวกรรม เช่น ท่อระบายน้ำ ท่อลอดถนน และอาคารทางชลศาสตร์ต่างๆ เป็นต้น (วราวุธ , 2541)

2.3.3.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนการหาความเข้มฝนที่ตกในช่วงเวลา 15 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 6 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของฝนแต่ละลูกโดยค่าความเข้มฝนหาได้จาก

$$\mathrm{I_t} = \frac{\mathrm{Dt}}{\mathrm{t}}$$ สมการที่ 2.3

เมื่อ $\mathrm{I_t}$ = ความเข้มที่ช่วงเวลา t
Dt = ความลึกฝนที่ช่วงเวลา t
t = ช่วงเวลาในการตกของฝน

2.3.3.2 ค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{\mathrm{I}}$) ของข้อมูลความเข้มฝนสูงสุดรายปีได้จาก

$$\bar{\mathrm{I}} = \frac{\sum \mathrm{I}}{\mathrm{n}}$$ สมการที่ 2.4

เมื่อ $\bar{\mathrm{I}}$ = ค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดเฉลี่ย
I = ค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี
n = จำนวนปี

2.3.3.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S_x) ของข้อมูลความเข้มฝนสูงสูดรายปีได้จาก

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(I_i - I)^2}{N-1}} \qquad \text{สมการที่ 2.5}$$

เมื่อ Sx = ค่าส่วนการเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3.3.4 การวิเคราะห์หาความถี่ของข้อมูลความเข้มฝนสูงสูดด้วยทฤษฎีแจงแจกความน่าจะเป็น (Probability) เพื่อหาโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ในรูปความเข้มฝนสูงสูด กับรอบปีการเกิดซ้ำ

$$P = \frac{1}{T_r} \qquad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ P = ความน่าจะเป็น
T_r = รอบปีการเกิดซ้ำ

2.3.3.5 ค่าความเข้มฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

$$I_{Tr} = \mu - a\, ln\left[-ln\left(1-\frac{1}{Tr}\right)\right] \qquad \text{สมการที่ 2.7}$$

เมื่อ μ = ค่าสัมประสิทธิ์ของทฤษฎีกัมเบลหรือค่าโมด ได้จาก

$$\mu = \bar{I} - 0.45 s_x \qquad \text{สมการที่ 2.8}$$

เมื่อ a = ค่าสัมประสิทธิ์ของทฤษฎีกัมเบล

$$a = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s_x = 0.7797 s_x \qquad \text{สมการที่ 2.9}$$

ดังนั้นค่าความเข้มฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ได้จาก

$$I_{Tr} = \bar{I} - 0.45 s_x - 0.7797 s_x ln\left[-ln\left(1-\frac{1}{Tr}\right)\right] \qquad \text{สมการที่ 2.10}$$

เมื่อ I_{Tr} = ค่าความเข้มฝนที่รอบปีการเกิดซ้ำเท่ากับ T_r
T_r = รอบปีการเกิดซ้ำ

2.3.3.6 พล็อตกราฟความสัมพันธ์ความเข้มฝน–ช่วงเวลา -รอบปีการเกิดซ้ำ (IDF-curve) พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ กับช่วงเวลาของการตกของฝน