



การออกแบบกราฟน้ำหลากด้วยวิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ

Designing Flood Hydrograph by Multicharacteristic Synthesis Index Method

ยุทธนา ตาละลักษมณ์^{1*}, อารียา ฤทธิมา²Yutthana Talaluxmana^{1*}, Areeya Rittima²¹ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 10900¹Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, 10900²ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 73170²Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University, Nakorn Pathom, 73170

*Corresponding author: Tel: +66-8-1844-0100, Fax: +66-2-579-1567, E-mail: fengynt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

กราฟน้ำท่าของแต่ละเหตุการณ์พายุฝนมีคุณลักษณะทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นปริมาณการไหลสูงสุด ปริมาตรน้ำท่าสูงสุดที่ช่วงเวลาต่างๆ ระยะเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด เป็นต้น ความแตกต่างกันนี้ทำให้วิธีการบริหารจัดการน้ำแตกต่างกันด้วย กราฟน้ำท่าหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบและการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ วิธีการออกแบบกราฟน้ำท่าหลากส่วนใหญ่จะพิจารณาจากคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของชุดข้อมูลกราฟน้ำท่า เช่น ปริมาณการไหลสูงสุดหรือปริมาตรน้ำท่าสูงสุดที่ช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้การพัฒนากราฟน้ำท่าหลากออกแบบถูกจำกัดด้วยเหตุการณ์น้ำท่วมในบางคุณลักษณะ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาการออกแบบกราฟน้ำท่าหลากโดยการพิจารณาจากหลายคุณลักษณะ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่าหลากสูงสุด ปริมาตรน้ำท่าหลากสูงสุดราย 1 3 5 และ 7 d เพื่อนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ร่วมกันเป็นค่าดัชนีตัวแทนของคุณลักษณะกราฟน้ำท่าหลากโดยอาศัยวิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ ซึ่งค่าดัชนีนี้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบกราฟน้ำท่าหลาก ผลการศึกษาจากชุดข้อมูลน้ำท่าสถานี N.13A พบว่าปริมาตรน้ำท่าหลากสูงสุดราย 7 d เป็นคุณลักษณะสำคัญที่มีผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าหลากโดยให้ค่าน้ำหนักมากที่สุด และยังพบว่าลักษณะของกราฟน้ำท่าหลากออกแบบที่สังเคราะห์ได้นั้นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเหตุการณ์น้ำท่าหลากหลายลักษณะที่เคยเกิดขึ้นในพื้นที่นั้น แสดงให้เห็นว่าวิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะสามารถใช้ในการออกแบบกราฟน้ำท่าหลากได้สอดคล้องกับเหตุการณ์น้ำท่วมจริงในพื้นที่

คำสำคัญ: ลักษณะของกราฟน้ำท่า, กราฟน้ำท่าหลากออกแบบ, ความถี่น้ำท่วม

Abstract

Hydrograph derived from various storm events has the different characteristics of the hydrological response such as flood peak, maximum flood volumes at various time durations or time to peak flows etc. These differences have led the significant manners in water resource management. Flood hydrographs at various return periods are important information in reservoir design and management. Most of the flood hydrograph designing methods are developed base upon one specific characteristic individually like flood peak or maximum flood volumes at specific time duration. This lets the development of the design flood hydrograph was limited by some characteristics of flood response. This research developed flood hydrograph designing by considering several characteristics of flood namely flood peak, 1, 3, 5 and 7-day flood volumes. These characteristics were examined and jointly synthesized a representative index by using Multicharacteristic Synthesis Index (MSI) method. The MSI values were then used to design flood hydrographs. When the runoff data at N.13A were diagnosed, the results showed that 7-day flood volume is a significant characteristic affecting the shape of hydrograph with the highest weight. It was also found that the characteristics of design flood hydrograph is relatively subject to the multicharacteristics of flood response

Received: October 21, 2019

Revised: November 10, 2019

Accepted: November 12, 2019

Available online: August 21, 2020

taken place in the basin. This shows that multicharacteristic synthesis index method can be used to design flood hydrograph corresponding to flood events occurred in the area.

Keywords: Hydrograph Characteristic, Design Flood Hydrograph, Flood Frequency

1 บทนำ

ในการออกแบบอาคารด้านชลศาสตร์ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ อาคารระบายน้ำล้น เป็นต้น สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่วิศวกรแหล่งน้ำ ผู้ปฏิบัติงานต้องทราบคือ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Flood peak) ปริมาตรน้ำหลากสูงสุด (Flood volume) และลักษณะการไหลของปริมาณน้ำ (Flow characteristics) ที่เข้าสู่อาคารหรือพื้นที่ศึกษา ซึ่งก็คือกราฟน้ำหลาก หรือ Flood hydrograph เพื่อให้อาคารที่ออกแบบสามารถรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดและปริมาณน้ำสูงสุดได้โดยไม่เกิดอันตรายแก่ตัวอาคาร

ลักษณะของกราฟน้ำหลากประกอบด้วย ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Flood peak) และปริมาตรน้ำหลากสูงสุด (Flood volume) ที่มีความสัมพันธ์ในช่วงเวลาต่างๆ การสร้างกราฟน้ำหลากมีด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีแบบดั้งเดิม (Traditional unit-hydrograph method) วิธีกราฟน้ำหลากหนึ่งหน่วยสังเคราะห์ (Synthetic unit-hydrograph method) วิธีการศึกษาจากกราฟน้ำหลากตัวอย่าง (Typical flood hydrograph method, TFH) และวิธีทางสถิติ (Statistical method) (Yue et al., 2002) ที่อาศัยหลักการวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลเหตุการณ์น้ำหลากที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability distribution) รูปแบบต่างๆ วิธีการวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลเหตุการณ์น้ำหลากส่วนใหญ่จะวิเคราะห์จากปริมาณน้ำหลากสูงสุดหรือปริมาตรน้ำหลากสูงสุดอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เช่นนี้ทำให้คุณลักษณะสำคัญบางอย่างของเหตุการณ์น้ำท่วมถูกจำกัดในการนำมาใช้ประเมินเหตุการณ์น้ำท่วมหรือสังเคราะห์กราฟน้ำหลากออกแบบ (Design Flood hydrograph) (Xiao et al., 2009)

โดยทั่วไปแล้วกราฟน้ำหลาก (Flood hydrograph) จะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไป เช่น ระยะเวลาการเกิดปริมาณการไหลสูงสุด (Time to peak, t_p) ระยะจากจุดกำเนิดถึงจุดศูนย์กลางของกราฟน้ำหลาก (t_c) ลักษณะของกราฟน้ำหลากสามารถแบ่งคร่าว ๆ ได้ 3 แบบ (Yue et al., 2002) คือ (1) แบบเบ้ซ้าย (Positive skew or prior-peak shape, $t_p < t_c$) (2) แบบสมมาตร (Symmetrical or midpeak shape, $t_p = t_c$) และ (3) แบบเบ้ขวา (Negative skew or posterior-peak shape, $t_p > t_c$) รูปแบบของกราฟน้ำหลากที่แตกต่างกันจะทำให้การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำต่างกันด้วย เช่น การตัดปริมาณน้ำหลากโดยอ่างเก็บน้ำ ซึ่งกราฟน้ำหลากแบบเบ้ขวาจะต้องการปริมาตรเก็บกักในอ่างเก็บน้ำมากกว่าแบบเบ้ซ้าย (Chow et al., 1988)

ในการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ข้อมูลเกี่ยวกับขนาด ช่วงเวลา และปริมาตรของเหตุการณ์น้ำท่วมวิกฤตเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทราบ นักวิจัยจึงให้ความสนใจมากขึ้นในการศึกษาคุณลักษณะกราฟน้ำหลากโดยใช้ปัจจัยการตอบสนอง

จากกระบวนการทางอุทกวิทยา (Hydrological response) หลายอย่างเข้ามาพิจารณา และศึกษาถึงเหตุการณ์น้ำท่วมทั้งหมด โดยไม่ได้สนใจเฉพาะเหตุการณ์น้ำหลากสูงสุดเท่านั้น เช่น Yue et al. (1999) ใช้ Gumbel mixed model ซึ่งประกอบด้วย Bivariate extreme distribution กับ Standard gumbel marginal distribution เพื่ออธิบายคุณลักษณะการกระจายตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุด และปริมาตรน้ำหลากสูงสุด รวมทั้งคุณลักษณะการกระจายตัวของปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่สัมพันธ์กับช่วงเวลา แต่ในการพิจารณาหลายปัจจัยต้องการข้อมูลจำนวนมาก และมีความยุ่งยากในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ (Goel et al., 1998)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกวิธีการออกแบบกราฟน้ำหลากโดยวิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ (Multicharacteristics synthesis index, MSI) ซึ่งเป็นการสร้างกราฟน้ำหลากออกแบบ (Design flood hydrograph, DFH) ที่ผสมผสานคุณลักษณะสำคัญของปริมาณน้ำหลาก ได้แก่ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Flood peak) และปริมาตรน้ำหลากสูงสุด (Flood volume) ซึ่งจะถูกใช้ประเมินค่าดัชนี MSI ที่ใช้ในการสร้างกราฟน้ำหลากออกแบบ โดยได้ทำการศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติของปริมาณน้ำหลากที่มีผลต่อการออกแบบกราฟน้ำหลาก และเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ได้จากการพัฒนาโดยวิธีแบบดั้งเดิม (Conventional method) ซึ่งอาศัยสมการ Discrete convolution ในการคำนวณ และวิธีการศึกษาจากกราฟน้ำหลากตัวอย่าง (Typical flood hydrograph method) ซึ่งพิจารณาเหตุการณ์น้ำท่วมจากค่าอัตราการไหลของน้ำสูงสุดและปริมาตรน้ำสูงสุด (อารียา และคณะ, 2562)

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำน่าน (Nan river basin) ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด คือ น่าน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 34,331 km^2 แบ่งออกเป็น 16 ลุ่มน้ำย่อย โดยมีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ได้แก่ เขื่อนสิริกิติ์ ตั้งอยู่ที่ตำบลผาซ่อม อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ การวิจัยครั้งนี้ได้เลือกสถานีวัดน้ำท่า N.13A ซึ่งตั้งอยู่เหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์เป็นกรณีศึกษาในการออกแบบกราฟน้ำหลากที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ที่แสดงใน Figure 1 โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับงานวิจัยกราฟน้ำท่วมออกแบบที่ได้ศึกษาไว้โดยอารียา และคณะ (2562) เพื่อให้สามารถนำผลการวิจัยมาเปรียบเทียบกันได้

2.2 วิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ

วิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ (Multicharacteristic Synthesis Index Method) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้อธิบายกราฟน้ำหลากในภาพรวมโดยการสังเคราะห์ค่าดัชนีซึ่งพิจารณาจากคุณลักษณะของกราฟน้ำหลากที่เกิดขึ้น (Xiao et al., 2009) เช่น ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Flood peak) หรือปริมาตรน้ำหลากสูงสุด (Flood volume) ที่ช่วงเวลาต่างๆ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของกราฟน้ำหลากที่ออกแบบด้วยคุณลักษณะของกราฟน้ำหลากต่างๆ เพื่อให้ได้กราฟน้ำหลากออกแบบ (Design flood hydrograph, DFH) ที่เหมาะสม

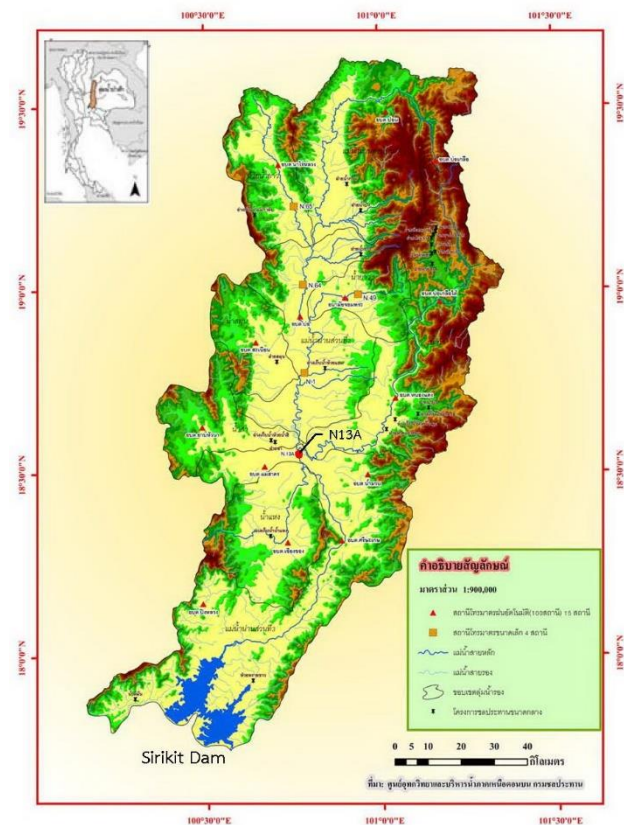


Figure 1 Locations of sirikit dam and n.13a runoff station (modified from upper northern region irrigation hydrology center – royal irrigation department).

1) การสุ่มตัวอย่างกราฟน้ำหลากสูงสุดรายปี (Annual maximum flood hydrograph, AMFH) จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำท่า N.13A ระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2559 จำนวน 28 ปี โดย AMFH ที่เลือกมีปริมาณน้ำหลากสูงสุด และปริมาตรน้ำหลากสูงสุดที่ช่วงเวลา 1 3 5 และ 7 d ดัง Figure 2 ซึ่งเป็นปริมาณน้ำหลากที่ทำให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์สูงสุดเมื่อกราฟน้ำหลากนั้นเคลื่อนผ่านอ่างเก็บน้ำ

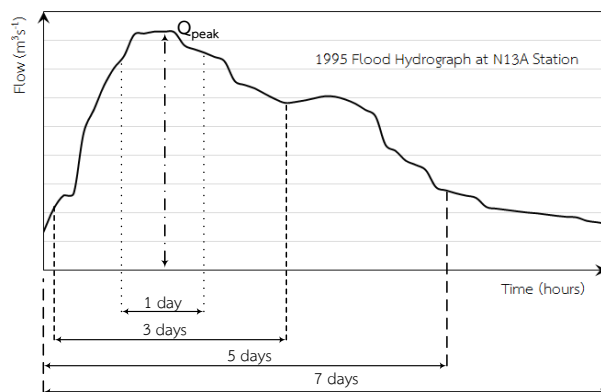


Figure 2 Typical annual maximum flood hydrograph at N.13A station.

2) การสร้างดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ (Multicharacteristic synthesis index, MSI) จาก AMFH โดยแต่ละ AMFH ถูกอธิบายด้วยคุณลักษณะ ได้แก่ ปริมาณน้ำหลากสูงสุด (Flood peak- Q_p) ปริมาตรน้ำหลากสูงสุด 1 3 5 และ 7 d (1, 3, 5, 7-Day Maximum flood volume, V_1, V_3, V_5, V_7) ในที่นี้ได้สร้าง MSI 2 ชุด ได้แก่ (1) MSI จากคุณลักษณะของ Q_p, V_1, V_3 และ V_7 กับ (2) MSI จากคุณลักษณะของ Q_p, V_1, V_3, V_5 และ V_7 เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะที่ให้ DFH ที่เหมาะสมคุณลักษณะของ AMFH ของปีที่ j ถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ Q_j ดังสมการ

$$Q_j = (q_{1j}, q_{2j}, \dots, q_{mj})^T, \quad j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

เมื่อ m คือจำนวนคุณลักษณะของ AMFH และ $q_{1j}, q_{2j}, \dots, q_{mj}$ คือค่าของแต่ละคุณลักษณะ ตามลำดับ ค่าของแต่ละคุณลักษณะถูกแปลงให้เป็นปริมาณไร้มิติ (Dimensionless) r_{ij} โดยที่

$$r_{ij} = \frac{(q_{ij} - q_{min_i})}{(q_{max_i} - q_{min_i})}, \quad i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

q_{max_i} และ q_{min_i} เป็นค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของคุณลักษณะที่ i ในชุดข้อมูล AMFH และ r_{ij} เป็นค่าของคุณลักษณะ i ที่ไร้มิติของ AMFH ปีที่ j ดังนั้น เวกเตอร์ Q_j ในสมการที่ 1 สามารถแปลงเป็นเวกเตอร์ R_j ดังนี้

$$R_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

ค่า MSI ของ AMFH ปี j (d_j) สามารถคำนวณได้จาก

$$d_j = W \times R_j = W \times (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T \quad (4)$$

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m), \quad \sum_{i=1}^m w_i = 1, \quad 0 \leq w_1, w_2, \dots, w_m \leq 1 \quad (5)$$

โดยที่ W คือเวกเตอร์น้ำหนักแสดงความสำคัญของคุณลักษณะที่มีผลต่อกราฟน้ำหลาก ซึ่ง w_i เป็นน้ำหนักของแต่ละคุณลักษณะ

3) การคำนวณเวกเตอร์น้ำหนัก ในงานวิจัยนี้ใช้วิธี CRITIC (Criteria importance through intercriteria correlation) ซึ่งเป็นวิธีหาค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ของปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กันในปัญหาการตัดสินใจภายใต้หลายเงื่อนไข (Multiple criteria decision making, MCDM) แนวคิดหลักของวิธีนี้ คือหาจำนวนแทน 2 แนวคิดพื้นฐานของ MCDM ได้แก่ เงื่อนไขความแตกต่าง (Contrast intensity) ของแต่ละคุณลักษณะและความขัดแย้ง (Conflict) ในการประเมินระหว่างเงื่อนไข ซึ่งเป็นโครงสร้างของปัญหาการตัดสินใจเข้าไว้ด้วย (Diakoulaki et al., 1995) โดยความแตกต่างของแต่ละคุณลักษณะถูกวัดด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และความขัดแย้งของคุณลักษณะพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างค่าดัชนี กำหนดให้ค่า C_i เป็นค่าจำนวนดังกล่าวที่ถูกคำนวณโดยรวมแนวคิดทั้งสองของดัชนี i ตามสมการดังนี้

$$C_i = \sigma_i \times \sum_{j=1}^m (1-R_{ij}) \quad (6)$$

เมื่อ σ_i คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวกเตอร์ R_i และ R_{ij} เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์ R_i และ R_j จากนั้นหาค่าน้ำหนักวัตถุประสงค์ด้วยการ Normalize ค่าเหล่านั้นให้เป็น 1 โดยสมการ

$$w_i = C_i / \sum_{j=1}^m C_j \quad (7)$$

วิธี CRITIC ได้สะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบของทั้งความแปรปรวนและความขัดแย้งกันของคุณสมบัติการเกิดน้ำหลากสำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำหนดให้ เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมีค่าสูง ค่าน้ำหนักจะลดลง

2.3 การออกแบบกราฟน้ำหลาก

ในการออกแบบกราฟน้ำหลากได้ประมาณค่า MSI ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ โดยอาศัยฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (Gumbel distribution) เพื่อออกแบบกราฟน้ำหลากจากคุณลักษณะของกราฟน้ำหลากที่กำหนดข้างต้น โดยให้คุณลักษณะของกราฟน้ำหลากสูงสุดของชุดข้อมูลที่ใช้ (Typical flood hydrograph, TFH) และของ DFH ที่รอบปีการเกิดซ้ำ T กำหนดให้เป็น q_{id} และ q_{iT} ตามลำดับ (i เป็นคุณลักษณะที่ใช้อธิบายกราฟน้ำหลากที่กำหนด) และค่าของคุณลักษณะ i ที่ไว้มิติที่สอดคล้องกันเป็น r_{id} และ r_{iT} ตามลำดับ คำนวณค่า MSI ของ TFH และ DFH โดยสมการ

$$d_d = \sum_{i=1}^m w_i r_{id} \quad (8)$$

$$d_T = \sum_{i=1}^m w_i r_{iT} = d_d + \Delta d \quad (9)$$

เมื่อ Δd เป็นการเพิ่มขึ้นของ d_T จาก d_d ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$\Delta d = \sum_{i=1}^m w_i r_{iT} - \sum_{i=1}^m w_i r_{id} \quad (10)$$

ค่าของคุณลักษณะ i ที่ไว้มิติของ DFH สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} (r_{iT})_{i=1, \dots, m} &= (r_{1T}, r_{2T}, \dots, r_{mT}) \\ &= \left(r_{1d} + \frac{w_1}{A} \Delta d, \dots, r_{md} + \frac{w_m}{A} \Delta d \right) \end{aligned} \quad (11)$$

โดยที่ $A = \sum_{i=1}^m w_i^2$ คุณลักษณะของกราฟน้ำหลากออกแบบที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ คำนวณได้จาก

$$q_{iT} = r_{iT} \times (q_{max_i} - q_{min_i}) + q_{min_i} \quad (i=1, \dots, m) \quad (12)$$

การออกแบบกราฟน้ำหลากถูกสร้างโดยวิธีอัตราการไหลสูงสุด-ปริมาตรสูงสุด (Peak and volume-amplitude method, PVA) (อารียา และคณะ, 2562)

3 ผลและวิจารณ์

3.1 การเลือกกราฟน้ำหลากสูงสุดรายปีและกราฟน้ำหลากสูงสุดตัวอย่าง

จากชุดข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้ที่สถานี N.13A ระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2559 จำนวน 28 ปี เลือก AMFH ของแต่ละปีที่ทำให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์สูงสุดเมื่อเคลื่อนที่ผ่านได้จำนวน 28 เหตุการณ์ โดยปริมาณน้ำหลากสูงสุดของแต่ละปีจะเกิดในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน จาก AMFH ของแต่ละปี ได้เลือกคุณลักษณะ (q) ที่ใช้อธิบายลักษณะของกราฟน้ำหลาก ได้แก่ ปริมาณการไหลสูงสุด ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี 1 3 5 และ 7 d พบว่า ปี พ.ศ. 2552 เป็นปีน้ำน้อย โดยมีปริมาณการไหลสูงสุดเพียง $650 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ซึ่งน้อยที่สุดในชุดข้อมูล AMFH ที่ใช้ ส่วนปีที่มีปริมาณการไหลมากที่สุด ในชุดข้อมูล ได้แก่ ปี พ.ศ. 2538 มีปริมาณการไหลสูงสุด เท่ากับ $4,153 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ และยังมีปริมาณน้ำท่าในแต่ละช่วงเวลาสูงสุดด้วย จึงเลือกเป็น TFH ดัง Figure 2

3.2 การสร้างดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะสำหรับ AMFH

จากคุณลักษณะของกราฟน้ำหลากที่เลือก คือปริมาณการไหลสูงสุด ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี 1 3 5 และ 7 d ได้ทำการสังเคราะห์ค่าดัชนี MSI จำนวน 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ข้อมูลคุณลักษณะ ได้แก่ ปริมาณการไหลสูงสุด ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี 1 3 และ 7 d และชุดที่ 2 ใช้คุณลักษณะปริมาณการไหลสูงสุด ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี 1 3 5 และ 7 d เพื่อเปรียบเทียบจำนวนคุณลักษณะที่เหมาะสมในการออกแบบกราฟปริมาณน้ำหลากที่

รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ทั้งนี้ชุดข้อมูล AMFH ที่ได้จากข้อมูลน้ำท่าของสถานี N.13A ถูกนำมาใช้วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ตามขั้นตอนในหัวข้อ 2.2 และค่าน้ำหนักคุณลักษณะของกราฟน้ำท่าหลากซึ่งได้ผลดังนี้

ชุดข้อมูลที่ 1 ประกอบด้วย ปริมาณการไหลสูงสุด ปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 1, 3 และ 7 d และข้อมูลชุดที่ 2 ประกอบด้วย ปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 1 3 5 และ 7 d ได้ค่าน้ำหนัก W_1 และ W_2 โดยวิธี CRITIC ตามลำดับ ดังนี้

$$W_1 = (0.208, 0.194, 0.206, 0.392) \quad (13)$$

$$W_2 = (0.203, 0.188, 0.169, 0.164, 0.276) \quad (14)$$

คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะอื่นมากจะมีค่าน้ำหนักต่ำ ดังในสมการ 13 ชุดข้อมูลชุดที่ 1 ค่าน้ำหนักของปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 1 d (V_1) มีค่าต่ำสุด เนื่องจากปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 1 d มีความสัมพันธ์กับปริมาณการไหลสูงสุด (Q_p) และปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 3 d (V_3) อย่างมาก ทำให้คุณลักษณะของปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 1 d มีผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าหลากน้อยกว่า Q_p และ V_3 ในทำนองเดียวกันกับชุดข้อมูลชุดที่ 2 (สมการที่ 14) และทั้ง 2 ชุดข้อมูลมีค่าน้ำหนักของปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 7 d (V_7) ค่าสูงสุด แสดงว่า ปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 7 d เป็นคุณลักษณะที่มีอิทธิพลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าหลากมาก

3.3 ผลการออกแบบกราฟน้ำท่าหลากโดย MSI

ค่า MSI ของ AMFH ในแต่ละปีที่คำนวณได้จากค่าน้ำหนัก (W) นำมาวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นโดยใช้ Gumbel distribution และทดสอบความเหมาะสมด้วยวิธี Kolmogorov-smirnov ซึ่งเป็นการทดสอบ Goodness of fit ที่วัดความแตกต่างระหว่างการแจกแจงของค่าความถี่สะสมของตัวอย่างกับการแจกแจงค่าความถี่สะสมที่คาดหวังทางทฤษฎี (อุตมพร และคณะ, 2557) พบว่าข้อมูลมีความเหมาะสมในระดับนัยสำคัญ 0.20 ซึ่งค่า MSI ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ แสดงดัง Table 1

Table 1 MSI values at the different return periods.

Tr (yr)	100	500	1,000	5,000
MSI	1.16	1.47	1.61	1.92

ตามขั้นตอนในหัวข้อ 2.3 สามารถคำนวณคุณลักษณะของกราฟน้ำท่าหลากได้ดังแสดงใน Table 2 สำหรับชุดข้อมูลที่ 1 ซึ่งใช้ 4 คุณลักษณะ และ Table 3 ชุดข้อมูลที่ 2 เมื่อใช้ 5 คุณลักษณะ

Table 2 4-characteristic of DFH at the different return periods.

Tr (yr)	100	500	1,000	5,000
Q_p^*	4,586.28	5,406.07	5,920.91	6,576.46
V_1^+	419.25	490.35	520.92	591.868
V_3^+	1,063.09	1,260.02	1,344.69	1,541.18
V_7^+	1,999.76	2,629.56	2,900.32	3,528.71

Unit: * $m^3 s^{-1}$, + $\times 10^6 m^3$

การสร้าง DFH ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ใช้วิธีการเดียวกับวิธี PVA (อารียา และคณะ, 2562) Figure 3 แสดง DFH ที่รอบปีการเกิดซ้ำ 1,000 ปี เปรียบเทียบระหว่างชุดข้อมูลที่ 1 ซึ่งใช้ 4 คุณลักษณะกับชุดข้อมูลที่ 2 ใช้ 5 คุณลักษณะ และ TFH ที่เลือกไว้ พบว่าจำนวนคุณลักษณะที่เลือกใช้มีผลต่อลักษณะของ DFH สอดคล้องกับค่าน้ำหนักที่ได้ ซึ่งปริมาณการไหลสูงสุดและปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 7 d มีค่าน้ำหนักมากกว่าคุณลักษณะอื่นๆ นอกจากนี้เห็นได้ว่า DFH ที่ได้จากชุดข้อมูลที่ 1 ซึ่งไม่ใช่ค่าปริมาตรน้ำท่าสูงสุดราย 5 d แตกต่างจาก TFH อย่างมากเมื่อช่วงเวลาเกินจาก 3 d (72 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นอิทธิพลของช่วงเวลา 7 d

Table 3 5-characteristic of DFH at the different return periods.

Tr (yr)	100	500	1,000	5,000
Q_p^*	4,713.56	5,772.80	6,430.42	7,285.04
V_1^+	430.13	521.69	561.05	652.41
V_3^+	1,072.74	1,287.65	1,380.04	1,594.47
V_5^+	1,499.70	1,790.32	1,915.26	2,205.23
V_7^+	1,978.75	2,568.05	2,821.39	3,409.36

Unit: * $m^3 s^{-1}$, + $\times 10^6 m^3$

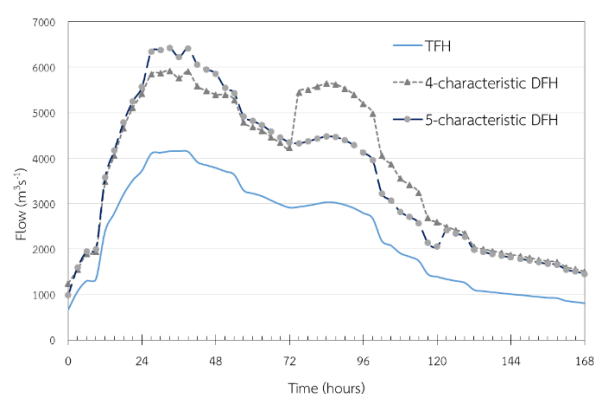


Figure 3 1,000-year DFH generated by multiple characteristics method and TFH.

3.4 ผลการเปรียบเทียบ DFH ของวิธีต่างๆ

อารียา และคณะ (2562) ได้พัฒนากราฟน้ำท่าวมสูงสุด ออกแบบไว้ 2 วิธีหลัก คือ (1) วิธีดั้งเดิม โดยใช้สมการของ Discrete convolution ได้เป็นค่าน้ำท่าผิวดิน (Surface runoff)

และนำไปรวมกับปริมาณการไหลฐาน (Base flow) ได้เป็นกราฟน้ำท่วมสูงสุด และ (2) วิธีศึกษาจากกราฟน้ำท่วมตัวอย่าง (TFH) โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีอัตราการไหลสูงสุด (PA) วิธีปริมาณน้ำสูงสุด (VA) และวิธีอัตราการไหลสูงสุด-ปริมาณน้ำสูงสุด (PVA) เมื่อนำผลการวิจัยของวิธีศึกษาจากกราฟน้ำท่วมตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับวิธี MSI ที่ใช้ 5 คุณลักษณะ ได้ผลดังแสดงใน Table 4 และ Figure 4

จาก Figure 4 เห็นได้ว่ากราฟน้ำหลากสูงสุดที่ออกแบบโดยวิธี MSI มีลักษณะใกล้เคียงกับ DFH ที่ออกแบบโดยวิธี PA ซึ่งเป็นวิธีที่ยังคงใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากในปัจจุบัน และไม่มีส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลแบบผิดปกติเหมือนในวิธี VA และ PVA

4 สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาลักษณะของกราฟน้ำหลากที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำท่า N.13A พบว่ากราฟน้ำท่ามีหลายคุณลักษณะ เช่น ปริมาณ

การไหลสูงสุด (Flood peak) ช่วงเวลาฐาน (Base time) ระยะเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Time to peak flow) และปริมาณน้ำหลากในช่วงเวลาต่างๆ (Flood volume) ดังนั้นการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุดควรต้องใช้คุณลักษณะหลายๆอย่างประกอบกัน วิธีการออกแบบกราฟน้ำหลากส่วนใหญ่จะเลือกใช้คุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งในการอธิบายรูปร่างของกราฟน้ำหลาก เช่น ปริมาณการไหลสูงสุด หรือปริมาณน้ำท่าสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆ อย่างที่ดำเนินการในวิธี PA และ VA ตามลำดับ หรือในวิธี PVA ซึ่งพิจารณาคุณลักษณะทั้งปริมาณการไหลสูงสุด และปริมาณน้ำท่าสูงสุดในช่วงเวลาต่างๆ แต่เป็นพิจารณาคุณลักษณะแยกจากกัน โดยการใช้ค่าสัดส่วนที่คงที่ของแต่ละคุณลักษณะในแต่ละช่วงเวลาในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุด

Table 4 Flood peaks and flood volumes of 1,000-year DFH generated by the selected methods.

Method	Flood Peak (m ³ s ⁻¹)	1-Day Flood Volume (10 ⁶ m ³)	3-Day Flood Volume (10 ⁶ m ³)	5-Day Flood Volume (10 ⁶ m ³)	7-Day Flood Volume (10 ⁶ m ³)
PA	6,330.89	530.36	1,276.71	1,927.16	2,197.23
VA	6,384.36	534.84	1,281.10	1,885.47	2,171.22
PVA	6,330.89	534.27	1,280.53	1,884.89	2,170.64
MSI	6,430.42	561.06	1,380.04	1,915.26	2,821.39

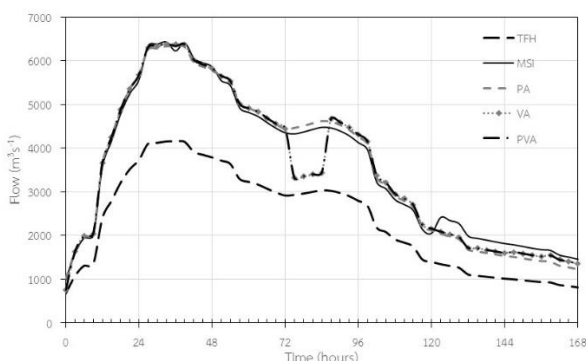


Figure 4 1,000-year DFH generated by the different methods and TFH.

การออกแบบกราฟน้ำหลากโดยวิธีดัชนีสังเคราะห์หลายคุณลักษณะ (MSI) จะพิจารณาคุณลักษณะของการเกิดน้ำหลากในหลายคุณลักษณะร่วมกัน โดยการสังเคราะห์ค่าดัชนีซึ่งเป็นตัวแทนของกราฟน้ำหลากที่รวมคุณลักษณะต่างๆ ของกราฟน้ำหลากไว้ด้วยกัน การวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นจากชุดข้อมูล MSI ที่สังเคราะห์ได้ จึงให้ค่าดัชนีที่เป็นตัวแทนที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ของกราฟน้ำหลากทั้งกราฟ มากกว่าที่จะให้ค่าที่รอบปีการเกิดซ้ำของแต่ละคุณลักษณะ ซึ่งค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน

ของแต่ละคุณลักษณะจะมีผลต่อรูปร่างของ DFH ทำให้วิธี MSI สามารถประเมินกราฟน้ำหลากสูงสุดแตกต่างจากวิธีที่พิจารณาเพียงคุณลักษณะเดียว จาก Figure 4 แม้ว่า DFH ที่ได้จากวิธี MSI จะใกล้เคียงกับวิธี PA แต่ลักษณะของกราฟน้ำหลากไม่ได้ห่างจาก TFH แบบสัดส่วนคงที่ คุณลักษณะของ DFH แต่ละช่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของแต่ละคุณลักษณะและค่าน้ำหนักของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดราย 7 d มีผลต่อรูปร่างของ DFH ที่ได้มากที่สุด

อย่างไรก็ตาม การเลือกกราฟน้ำหลากตัวอย่าง และคุณลักษณะของกราฟน้ำหลากที่ใช้ในการสังเคราะห์ค่าดัชนีก็มีความสำคัญ เห็นได้จาก TFH ที่เลือกเป็นกราฟน้ำหลากสูงสุดในชุดข้อมูล 28 ปี เมื่อใช้กับวิธีการวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับปริมาณน้ำท่า ได้แก่วิธี VA, PVA และ MSI ซึ่งใช้ 4 คุณลักษณะของปริมาณน้ำท่า กราฟน้ำหลากที่ออกแบบจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติบริเวณชั่วโมงที่ 72 ซึ่งปริมาณน้ำท่าของ TFH มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในวิธี MSI สามารถลดผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลใน TFH โดยการเพิ่มคุณลักษณะที่ใช้ในการสังเคราะห์ดัชนี MSI ซึ่งใน Figure 3 เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหลากแบบผิดปกติใน DFH ลดลงเมื่อเพิ่ม

คุณลักษณะปริมาตรน้ำหลากสูงสุดราย 5 d เข้าไปในการสังเคราะห์ค่าดัชนี MSI

ดังนั้น การเลือกกราฟน้ำหลากตัวอย่างและคุณลักษณะของกราฟน้ำหลากที่เหมาะสมจะช่วยให้วิธี MSI เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการออกแบบกราฟน้ำหลากที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางอุทกวิทยาจากปัจจัยการตอบสนองในหลายคุณลักษณะ

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ รศ.ดร. วราวุธ วุฒิวิณิชย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยนี้

6 เอกสารอ้างอิง

อารียา ฤทธิมา, กอบกล้า จันทนสถาน, ภาณุพงศ์ ประจักษ์คุณ, พิชญ์ชาติ แสงเทียน และยุทธนา ตาละลักษมณ์. 2562. การพัฒนากราฟน้ำท่วมสูงสุดออกแบบเพื่อการทำนายระดับน้ำเขื่อนสิริกิติ์. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 25(1), 28–36.

อุดมพร จันทศร, กนกวรรณ อัครไพบูลย์, พิมพ์ชนก ทรกะกาลสุภรัตน์ และศิรินภรณ์ สุขรินทร์. 2557. ความน่าเชื่อถือของสถิติทดสอบโคลโมโกลอฟ-สมอร์นอฟสำหรับ 1 กลุ่มตัวอย่างจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(2), 172-183.

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. 1988. Applied Hydrology. New York, USA: McGraw-Hill.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Papayaunakis L. 1995. Determining objective weight in multiple criteria problems; the critic method. Computers and Operations Research 22(7), 763–770.

Goel, N.K., Seth, S.M., Chaudra, S. 1998. Multivariate modeling of flood flows. Journal of Hydraulic Engineering 124(2), 146–155.

Xiao, Y., Guo, S., Liu, P., Baowei, Y., Chen, L. 2009. Design flood hydrograph based on multicharacteristic synthesis index method. Journal of Hydrologic Engineering 14(12), 1359–1364.

Yue, S., Quarda, T.B.M. J., Bobée, B., Legendre, P., Bruneau, P. 1999. The gumbel mixed model for flood frequency analysis. Journal of Hydrology 266(1–2), 88–100.

Yue, S., Quarda, T.B.M.J., Bobée, B., Legendre, P., Bruneau, P. 2002. Approach for describing statistical

properties for flood hydrograph. Journal of Hydrologic Engineering 7(2), 147–153.