

การวิเคราะห์โครงข่ายประตูละบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่าง

ความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด

The Analysis of Floodgate Network Based on A Combination of Betweenness Centrality and Maximum Flow

พฤติพงษ์ เพ็งศิริ (Prudtipong Pengsiri)¹ สุนันทา สดสี (Sunantha Sodsee)²

และ พยุง มีสัจ (Phayung Meesad)³

¹ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ²ภาควิชาการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย

³ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Emails: ¹prudtipong.p@rmutsb.ac.th, ²sunantha.s@it.kmutnb.ac.th, ³phayung.m@it.kmutnb.ac.th

ABSTRACT – This paper proposes an analysis of floodgate network based on a combination of Betweenness Centrality and Maximum Flow approach, which is called "BC-Max". It applies the theory of graph to measure the Betweenness Centrality (BC) on each floodgate in order to identify a route of drain water from source to sink floodgates. Herein, the BC is also used for calculating Maximum Flow values assigned as a draining water performance in each floodgate. In this work, the proposed work, BC-Max presents a route and a maximum flow of water draining by considering BC-Max value. The BC-Max of selected floodgate must be greater than an average BC value. The BC-Max is evaluated on a floodgate network of Southern Pasak Operation and Maintenance Project. The results shown that the average BC of this network was 0.043. As well as, the most important floodgate was Phra Mahindra and its BC-Max value was 0.787. Finally, efficient 9 routes of water draining were presented with an average of maximum flow value $24.333 \text{ m}^3/\text{s}$.

KEY WORDS -- Betweenness Centrality; Maximum Flow; Floodgate; Drainage Path

บทคัดย่อ -- บทความนี้เป็นการนำเสนอวิธีในการวิเคราะห์โครงข่ายประตูละบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด ซึ่งในที่นี้เรียกว่าวิธี “BC-Max” ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีกราฟความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ (Betweenness Centrality, BC) ของประตูละบายน้ำ เพื่อกำหนดเส้นทางในการระบายน้ำจากต้นทางไปยังปลายทาง และนำ BC มาคำนวณหาค่าการไหลสูงสุด (Maximum Flow) โดยได้เป็นค่าความสามารถในการระบายน้ำที่ประตูละบายน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของวิธีการ BC-Max ทำให้ได้เส้นทางการระบายน้ำ (Path) และค่าการระบายน้ำสูงสุดที่ประตูละบายน้ำ ทดสอบโดยใช้ข้อมูลโครงข่ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักใต้เขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นกรณีศึกษา โดยกำหนดให้ $BC\text{-}Max > AVG(BC)$ โดยค่า $AVG(BC)$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์เท่ากับ 0.043 ซึ่งแสดงถึงลำดับความสำคัญการระบายน้ำในแต่ละประตูละบายน้ำ พบว่าประตูละบายน้ำที่มีความสำคัญที่สุดคือ ประตูละบายน้ำพระมหินทร์ มีค่า BC-Max เท่ากับ 0.787 มีเส้นทางระบายน้ำ 9 เส้นทาง ค่าเฉลี่ยการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ $24.333 \text{ m}^3/\text{s}$ และส่งผลทำให้ทราบถึงความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของประตูละบายน้ำในเส้นทางนั้นได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ -- ความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์; การไหลสูงสุด; ประตูละบายน้ำ; เส้นทางระบายน้ำ

1. บทนำ

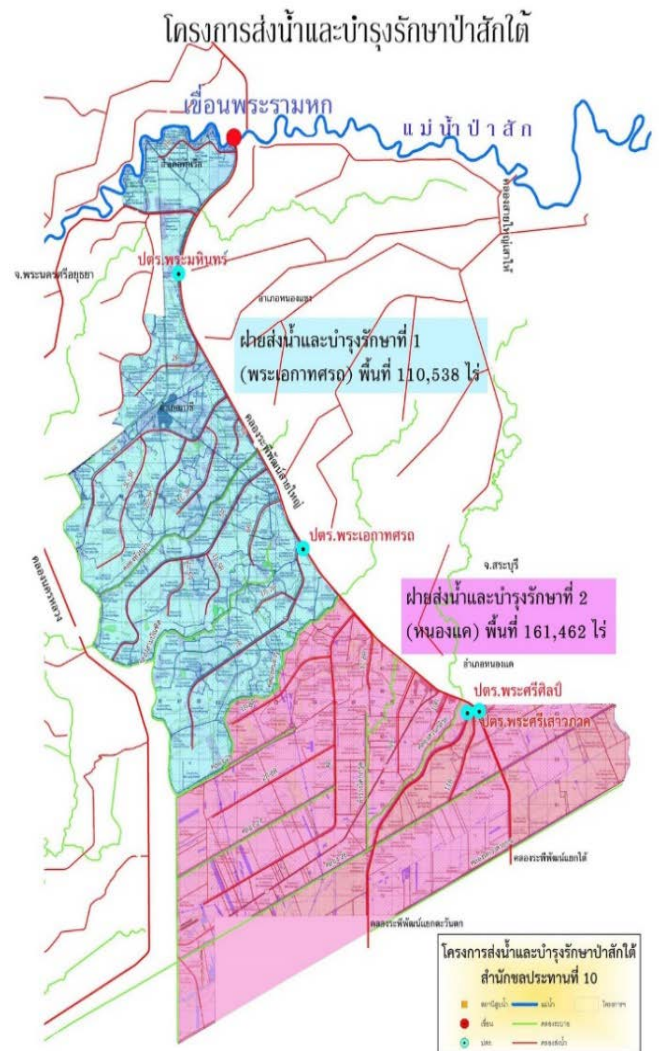
ในปี 2554 ประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สุดเป็นประวัติการณ์ [1] ตั้งแต่ต้นปีจนถึงปลายปี และมีพื้นที่ประสบภัยกระจายตัวในทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางที่เกิดน้ำท่วมหนักเป็นระยะเวลานาน ยิ่งไปกว่านั้นพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เป็นพื้นที่หนึ่งซึ่งเกิดน้ำท่วมหนักในรอบ 70 ปี นับจากวันนั้นจนมาถึงปัจจุบันปี 2559 ปัญหาอุทกภัยก็ยังไม่มียุทธศาสตร์ที่สามารถแก้ไขและรับมือจัดการกับสถานการณ์ได้อย่างเบ็ดเสร็จ หนึ่งในการบริหารจัดการน้ำนั้นคือวิธีการระบายน้ำท่วมลงสู่พื้นที่ที่มีความสามารถการระบายน้ำได้มากที่สุด เช่น แม่น้ำ ลำคลอง สายหลัก เป็นต้น ซึ่งพิจารณาได้จากแม่น้ำสายหลักไปยังแหล่งกักเก็บน้ำและลำคลองต่างๆ และสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือการควบคุมประตูระบายน้ำที่ระบายน้ำออกจากลำคลองที่เกิดการท่วมจึงจะต้องระบายน้ำสู่แม่น้ำสายหลัก เพราะแม่น้ำสายหลักมีวิธีการไหลของน้ำด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity) ได้ดีกว่าลำคลอง [2] ดังนั้นในการวิเคราะห์การระบายน้ำเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมซึ่งพิจารณาจากความสัมพันธ์ของความสามารถ (Capability) [3] ผู้วิจัยได้นำเสนอแบบจำลองโครงข่ายการระบายน้ำโดยใช้ทฤษฎีกราฟด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ในกระแสการไหลสูงสุดมาปรับประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหการระบายน้ำ โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์การระบายน้ำจากการคำนวณค่า BC (Betweenness Centrality) ในการหาความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์เพื่อเป็นการพิจารณาถึงการระบายน้ำในแต่ละโหนดหรือที่ประตูระบายน้ำ (ปตร.) เช่นเดียวกันในการวิเคราะห์ถึงปริมาณความสามารถในการไหลของน้ำโดยพิจารณาค่าการไหลสูงสุด (Maximum Flow) ซึ่งจะให้คำนิยามวิธีนี้ว่า BC-Max ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักใต้เขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นกรณีศึกษา

2. วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอวิธีในการวิเคราะห์โครงข่ายการระบายน้ำโดยใช้ทฤษฎีกราฟด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ในกระแสการไหลสูงสุดสำหรับสนับสนุนการวิเคราะห์การระบายน้ำในแต่ละ ปตร. ที่เป็นสาเหตุให้เกิดสถานการณ์ปัญหาน้ำท่วม

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหาที่พบในสภาวะน้ำท่วม ทำให้ต้องตระหนักถึงการระบายน้ำที่ผ่าน ปตร. จึงแบ่งการแก้ไขปัญหาออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ทิศทางและการไหลของแหล่งน้ำ และหาค่าปริมาณการระบายน้ำที่ ปตร. ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบายน้ำในเขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นกรณีศึกษา



รูปที่ 1. แผนที่แสดงระบบชลประทานของโครงการฯ [8]

ในการวิเคราะห์ทิศทางและการไหลของแหล่งน้ำนั้นต้องการหาค่าความเหมาะสมในการไหลของน้ำ [4] โดยระบุให้ ปตร. เป็นโหนดเพื่อใช้ในการระบายน้ำ และสาเหตุเห็นว่าการระบายน้ำนั้นมีทิศทางที่แน่นอน ซึ่งอยู่ในลักษณะแบบจำลองการระบายน้ำด้วยทฤษฎีกราฟแบบมีทิศทาง (Directed graph)

[5] และนำหลักการที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนวิธีการไหลในเครือข่าย (Network flow algorithms) [6] คือ การกำหนดค่าให้กับเส้นเชื่อมในกราฟระบุทิศทางถ่วงน้ำหนักเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหานี้

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนำมาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของแต่ละ ปตร. ได้แก่ ทิศทางการไหลของการระบายน้ำด้วยทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) [7] และการควบคุมระดับการระบายน้ำ ด้วยการหาค่าความเหมาะสมของระดับการระบายน้ำที่ ปตร. ซึ่งได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

3.1. การวิเคราะห์โทโพโลยีและทฤษฎีกราฟ

ความสัมพันธ์ทางพื้นที่ (Spatial Topology) ข้อมูลพื้นที่แสดงทิศทางโดยทั่วไปจะมีระบบการจัดเก็บข้อมูลเฉพาะของข้อมูลแต่ละรูปลักษณะของพื้นที่ (Graphic Feature) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่แสดงทิศทาง (Vector Data) และข้อมูลที่แสดงเป็นตารางกริด (Grid Data) โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ภายในโครงการชลประทานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา [8]

จากรูปที่ 1. มีจำนวนประตูระบายน้ำ และจำนวนคลองที่เชื่อมต่อในแต่ละโครงการดังแสดงในตารางที่ 1 โดยข้อมูลที่มีทิศทาง ประกอบด้วยลักษณะ 3 อย่าง คือ

- จุด (Point) หรือ โหนด (Node or Vertices) แสดงด้วยค่าพิกัด x, y โดยกำหนดให้เป็นเขื่อน หรือ ปตร. ทั้งคลองสายและคลองซอย
- เส้น (Arcs or Edge) แต่ละเส้นจะเชื่อมต่อกันระหว่างโหนด โดยกำหนดให้เป็นคลองสายหลัก คลองซอย ลำธาร หรือคูเหมือง ที่เชื่อมต่อระหว่าง ปตร.
- พื้นที่ (polygon) ประกอบด้วยเส้นที่เชื่อมต่อกันมายังจุดเดิม

ตารางที่ 1. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักใต้

ที่	ชื่ออาคาร	ประเภทอาคาร	อำเภอ	จังหวัด
1	เขื่อนพระรามหก	เขื่อนทดน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
2	ปตร.พระนารายณ์	ประตูระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
3	ทรบ.ปากคลองระพีพัฒน์	ท่อระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
4	ปตบ.พระนคร	ประตูเรือสัญจร	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
5	ปตบ.พระราม	ประตูเรือสัญจร	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
6	ปตร. นครหลวง	ประตูระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
7	ปตร.พระมหินทร์	ประตูระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
8	ปตร.พระเอกาทศรถ	ประตูระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
9	ปตบ.พระเอกาทศรถ	ประตูเรือสัญจร	หนองแค	สระบุรี
10	ปตร.พระศรีศิลป์	ประตูระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
11	ปตร.พระศรีเสาวภาค	ประตูระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
12	ปตบ.พระราเมศวร	ประตูเรือสัญจร	หนองแค	สระบุรี
13	โรงสูบน้ำปากคลองส่งน้ำ 1 ขวา	ท่อระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
14	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 2 ขวา	ท่อระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
15	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 3 ขวา	ท่อระบายน้ำ	ภาชี	พระนครศรีอยุธยา
16	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 4 ขวา	ท่อระบายน้ำ	ภาชี	พระนครศรีอยุธยา
17	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 5 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
18	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 6 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
19	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 7 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
20	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 8 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
21	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 9 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
22	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 10 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
23	ทรบ.ปากคลองส่งน้ำ 11 ขวา	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
24	ทรบ.ปลายคลองหนองสรวง	ท่อระบายน้ำ	ท่าเรือ	พระนครศรีอยุธยา
25	ประตูกั้นน้ำห้วยป่า	ท่อระบายน้ำ	ภาชี	พระนครศรีอยุธยา
26	ปตร.ห้วยป่า	ประตูระบายน้ำ	หนองแซง	สระบุรี
27	ไซฟ่อนหนองรู	ไซฟ่อน	หนองแค	สระบุรี
28	ประตูรับน้ำหนองรู	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
29	ปตร.ปลายคลองระบายน้ำที่ 28	ประตูระบายน้ำ	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา
30	ปตร.ปลายคลองระบายน้ำที่ 27	ประตูระบายน้ำ	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา
31	ปตร.ปลายคลองระบายน้ำที่ 26	ประตูระบายน้ำ	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา
32	ทรบ.ปลายคลองหนองฟ้าเลื่อน	ท่อระบายน้ำ	วิหารแดง	สระบุรี
33	ปตร.คลองลาดปลาเค้า	ประตูระบายน้ำ	วิหารแดง	สระบุรี
34	ทรบ.หนองแค	ท่อระบายน้ำ	หนองแค	สระบุรี
35	ไซฟ่อนหนองแค	ไซฟ่อน	หนองแค	สระบุรี

3.3. ความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ (Betweenness Centrality)

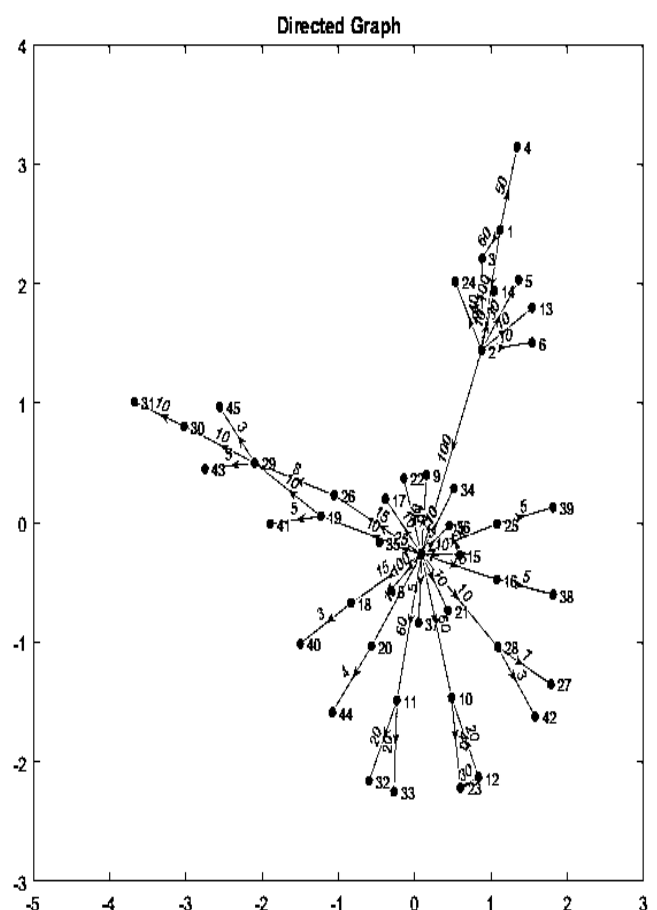
จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีกราฟและการคำนวณค่าความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ (BC) [9] อยู่บนสมมติฐานที่ว่าศูนย์รวมความสัมพันธ์ของโหนดใดก็ตามซึ่งอยู่ระหว่างกลางการเชื่อมโยงของศูนย์รวมความสัมพันธ์อื่นๆ ก็เป็นเสมือนศูนย์รวมความสัมพันธ์ศูนย์กลางของเครือข่าย เพราะศูนย์รวมความสัมพันธ์ระหว่างโหนดนี้สามารถควบคุมการมีปฏิสัมพันธ์ของศูนย์รวมความสัมพันธ์ต่างๆ ที่มาเชื่อมโยงผ่านตัวเองได้ โดยสามารถสวมบทบาทผู้ควบคุมประตูแห่งความสัมพันธ์ หรือทำการกีดขวางการติดต่อจากสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาสามารถวัดได้จากกลางโหนดที่เป็นกลางมากที่สุด นั่นคือแสดงถึงความสำคัญของโหนดศูนย์กลาง ยังมีศักยภาพในการเป็นโหนดกลางได้มากเท่าไร ก็สามารถควบคุมกระแสการไหลของการติดต่อสื่อสารและความเป็นอิสระของโหนดในเครือข่ายที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับโหนดอื่นๆ คำนวณผลรวมความแตกต่างในศูนย์กลางระหว่างโหนดกลางมากที่สุด ในเครือข่ายและทุกโหนดอื่น ๆ และแบ่งปริมาณนี้ด้วยผลดังกล่าวในของความแตกต่างในดัชนีของเครือข่ายดังแสดงในสมการที่ 1

$$BC = \sum_{i,j} \frac{g_{ikj}}{g_{ij}} \quad (1)$$

ซึ่ง g_{ij} คือจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดจากศูนย์รวมความสัมพันธ์ i ไปยัง j และ g_{ikj} คือจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดจากศูนย์รวมสัมพันธ์ j ไปยังศูนย์รวมความสัมพันธ์ k ที่ต้องผ่าน i โดยที่ $k(j, k \neq i)$

การวิเคราะห์ถึงความสามารถในการระบายน้ำของประตูระบายน้ำระหว่างแม่น้ำสายหลักและสาขาลำคลองหรือแหล่งกักเก็บน้ำ ซึ่งข้อมูลที่น่ามาคำนวณมีดังนี้คือ 1) จำนวนปริมาณน้ำในแม่น้ำสายหลักแต่ละสาขาลำคลอง 2) ความสามารถในการระบายปริมาณน้ำของประตูระบายน้ำ ซึ่งผู้วิจัยได้

ทำการศึกษาในเขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาแสดงในรูปแบบที่ 1 ระบุตัวแปรของการไหลในเครือข่ายคือ การไหลของปริมาณน้ำ (Water Flow) ความสามารถในการระบายน้ำที่ปตร. (Capability) โดยเป็นการวิเคราะห์รูปแบบการเชื่อมต่อหรือความสัมพันธ์ของ ปตร. ในพื้นที่นั้น ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2. พบว่าลักษณะของเครือข่ายที่มีความซับซ้อน (Complex Network) แบบ Scale – free network Model [10] เป็นรูปแบบที่มีพื้นฐานมาจากกฎกระจายตามกฎแห่งอำนาจ (Power-Law Degree) คือโหนดที่กำหนดเป็นประตูระบายน้ำสามารถถูกเพิ่มหรือขยายจำนวนโหนดในโครงข่าย ซึ่งจะทำให้การเพิ่มโหนดย่อมมีผลให้มีจำนวนเส้นเชื่อมต่อมากขึ้น (Popular Node)

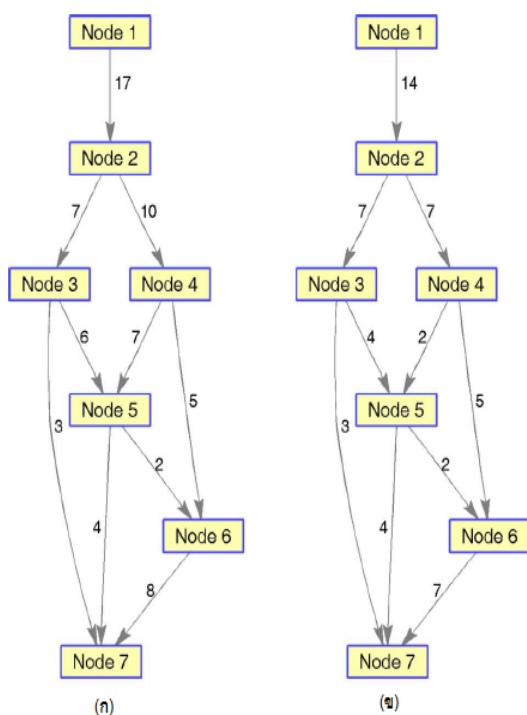


รูปที่ 2. โครงข่ายในการเชื่อมต่อ ปตร. ในโครงการฯ

3.3. หลักการของการไหลสูงสุด (Maximum Flow)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าขั้นตอนวิธีการไหลบนเครือข่ายได้นำมาเป็นแก้ไขปัญหานี้ในรูปแบบเครือข่ายต่างๆ เช่น เครือข่าย

การสื่อสาร (Communication Network) เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) [11] การไหลของน้ำในท่อ หรือ ยานพาหนะบนเครือข่ายท้องถนน เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จำเป็นที่จะต้องมีจุดและการเชื่อมต่อโดยมีวัตถุประสงค์ในการส่ง – รับข้อมูลในเครือข่ายการสื่อสารจากต้นทาง (Source) ไปยังปลายทาง (Sink) ในการศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหานี้ในรูปแบบของการไหลนี้ ได้ใช้หลักการของการไหลมากที่สุด (Maximum flow) [12] แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. การไหลด้วย One-source One-sink [14]
(ก) เครือข่ายที่ใช้ฐานเดิม (ข) Maximum flow

ค่าการไหลรวมสูงสุดของกราฟที่กำหนดให้ ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ที่รู้จักกันมากที่สุดคือ ขั้นตอนวิธีของฟอร์ด-เฟอลเกอสัน (Ford–Fulkerson algorithm) [13] หรือที่เรียกว่า Max-flow Min-cut [14] ซึ่งเป็นลักษณะของปัญหาการไหลมากที่สุด คือ เมื่อนำท่อน้ำจำนวนมากมาต่อกันในลักษณะของเครือข่าย (ปลายทางหนึ่งด้านจะสามารถต่อกับปลายทางของท่อ

อื่นๆ ได้มากกว่าหนึ่งท่อ) โดยท่อแต่ละส่วนมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อไม่เท่ากัน จะหาปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่ไหลจากท่อเหล่านี้จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย ณ เวลาหนึ่งๆ ข้อสังเกตที่สำคัญของปัญหา คือ ปริมาณน้ำที่เข้าปลายทางด้านหนึ่ง จะต้องเท่ากับปริมาณน้ำที่ออกจากปลายทางอีกปลายทางหนึ่งของท่อนั้น

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้ข้อสรุปถึงปัญหาที่พบและผลการศึกษาที่ได้ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ภาพรวมของแต่ละวิธีการเพื่อแก้ไขปัญหานี้

วิธีการ	การนำไปแก้ปัญหา	ผลที่ได้จากการศึกษา
Betweenness Centrality	- Bridger - Communication Control Quantification	ความสำคัญในเครือข่ายที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างกันในแต่ละโหนด
Maximum Flow	- Power Plant - Pipeline - Traffic path	เส้นทางและความสามารถในการไหลบนเครือข่ายจากต้นทางไปยังปลายทาง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นั้นรูปแบบการระบายน้ำสำหรับพื้นที่ที่กรณีศึกษาในรูปแบบสังเกตการณ์และการคำนวณค่าปริมาณการระบายน้ำ นอกจากนี้ได้นำเสนอแบบจำลองโครงข่ายการระบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ในกระแสน้ำไหลสูงสุดเพื่อเป็นแนวทางในลดปัญหาภาวะน้ำท่วมได้อีกทางเลือกหนึ่ง

4. ขอบเขตและวิธีการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ในการระบายน้ำ งานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ในการบริหารจัดการระบายน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็นกระบวนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์การระบายน้ำเพื่อลดปัญหาน้ำท่วม นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้คือ จำนวนปริมาณจากแหล่งกักเก็บน้ำ ปลายทางจะต้องไหลเข้าสู่แม่น้ำหรือคลองสายหลัก ดังนั้นจะพิจารณาปริมาณการระบายน้ำที่ ปตร.(ประตูระบายน้ำ), ปตน. (ประตูเรือสัญจร), ทรบ.(ท่อระบายน้ำ)

4.2. กำหนดความสัมพันธ์ในกราฟ

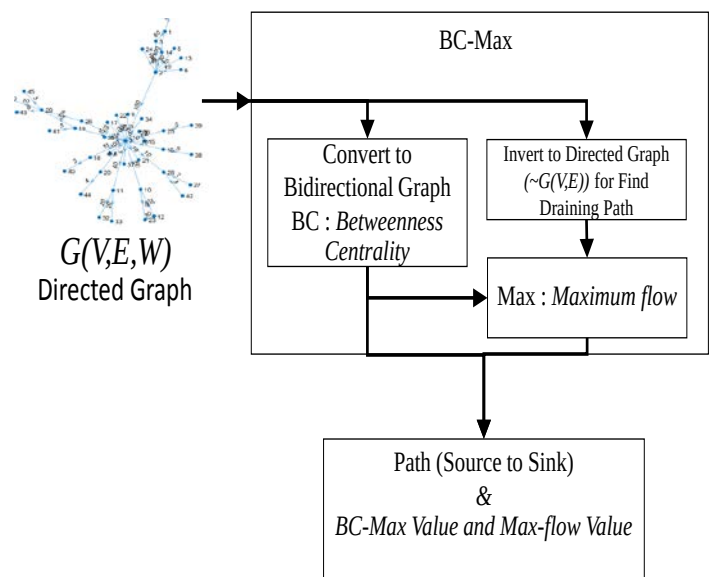
กำหนดกราฟ $G(V,E,W)$ โดยให้ Vertices (V) หรือโหนดคือ กลุ่มของข้อมูล ปตร. ปตน. ทรบ. ส่วน Edges (E) คือการเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำ ประตูน้ำ คลองชลประทาน และลำคลอง ตามที่กระแสน้ำไหลผ่าน และ Weights (W) เป็นค่าความสามารถให้การระบายน้ำมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที m^3/s โดยมีการกำหนดจำนวนโหนดทั้งหมด 38 โหนด ดังข้อมูลในตารางที่ 1

4.3. วิธีการ BC-Max

ในวิธีการหาค่า BC-Max หรือค่าความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด ข้อมูลที่นำเข้าสู่วิธีการนั้นถูกกำหนดไว้เป็นความสัมพันธ์ของกราฟซึ่งระบุเป็น $G(V,E,W)$ โดยใช้วิเคราะห์กราฟแบบมีทิศทาง (Directed Graph) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ในการใช้งานร่วมกับโปรแกรม MatLAB โดยแสดงดังรูปที่ 4

เมื่อเข้าสู่วิธีการคำนวณหาค่า BC-Max ซึ่งได้ทำการแปลง (Convert) ลักษณะกราฟเป็นแบบสองทิศทาง (Bidirectional Graph) เพราะว่ากระแสการไหลของน้ำที่ ปตร. สามารถกำหนดทิศทางที่มีกระแสน้ำไหลคืนกลับทิศทางกันได้ เพื่อสามารถคำนวณหาค่าความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ (BC) ทำให้ได้ผลลัพธ์ในการระบายน้ำจากต้นทาง (Source) ไปยังปลายทาง (Sink) ซึ่งหลังจากนั้นทำการกลับทิศทาง (Invert : $\sim G$) การไหลของน้ำเป็น ($\sim G(V,E)$) ซึ่งจะทำการหาถึง

เส้นทางและทิศทางการระบายน้ำที่ผ่านในแต่ละ ปตร. ลงสู่แม่น้ำลำคลอง โดยเป็นการพิจารณาพร้อมกับค่า BC และผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าการไหลสูงสุดในการระบายน้ำ ซึ่งมีความหมายว่าเป็นค่าในการระบายน้ำในแต่ละ ปตร. ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ BC-Max คือ เส้นทางในการระบายน้ำจากต้นทางไปยังปลายทาง และค่าการระบายน้ำสูงสุดของ ปตร. ในแต่ละเส้นทาง



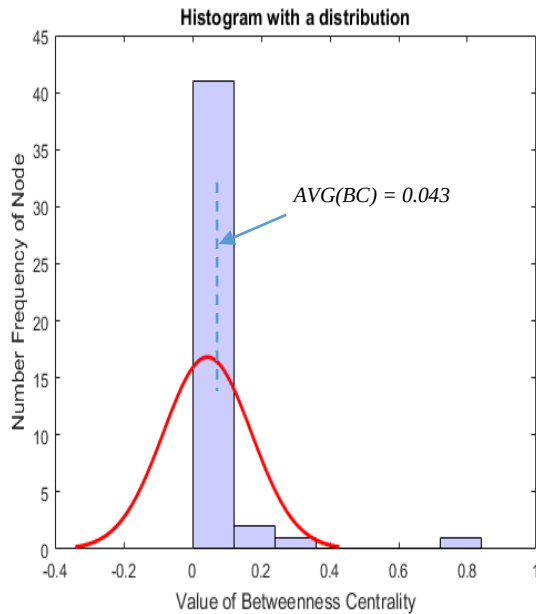
รูปที่ 4. การคำนวณหาค่า BC-Max ความสัมพันธ์ใน $G(V,E,W)$

5. ผลการทดสอบ

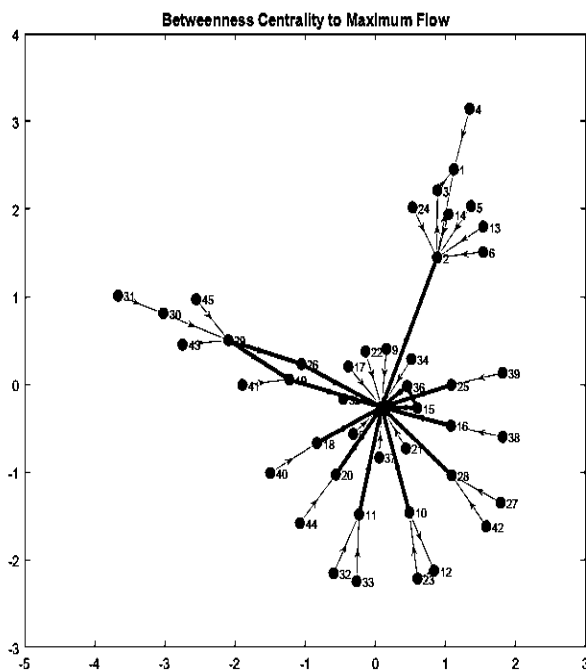
ในการทดสอบการวิเคราะห์การระบายน้ำด้วยแบบจำลองนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การระบายน้ำด้วยโปรแกรม MatLAB พบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ AVG(BC) เท่ากับ 0.043 มีค่า BC-Max สูงสุดเท่ากับ 0.787 และ BC-Max ต่ำสุดเท่ากับ 0.000 โดยแสดงภาพฮิสโตแกรมด้วยการกระจายตัวของค่า BC ในรูปที่ 5. จากนั้นได้ผลจากการวิเคราะห์โครงข่าย ปตร. ระบายน้ำ และเส้นทางในการระบายน้ำจากต้นทางไปยังปลายทาง และค่าการระบายน้ำสูงสุดของ ปตร. ในแต่ละเส้นทางที่ผ่านการคำนวณค่า BC-Max ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6.

จะเห็นได้ว่าค่า BC-Max เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ปตร. ในงานวิจัยนี้จะใช้ค่า BC-Max ที่มากกว่าค่าเฉลี่ยความ

เป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ (BC-Max > AVG(BC)) มาเป็นตัวบ่งบอกถึงลำดับความสำคัญการระบายน้ำในแต่ละปตร. ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 5. ฮิสโตแกรมด้วยการกระจายตัวของค่า BC ใน $G(V,E,W)$



รูปที่ 6. กราฟแสดงผลลัพธ์ในการระบายน้ำด้วย BC-Max

ตารางที่ 3. การระบายน้ำในแต่ละโหนดผ่าน BC-Max

Node	BC_Max value	Source	Sink	Path	Max-flow m^3/s
7	0.787	7	10	7, 10	60
		7	11	7, 11	60
		7	16	7, 16	15
		7	18	7, 18	15
		7	19	7, 19	10
		7	20	7, 20	15
		7	25	7, 25	25
		7	28	7, 28	10
		7	36	7, 36, 19	9
2	0.297	2	7	2, 7	100
19	0.216	19	29	19, 29	10
29	0.159	29	30	29, 30	10
1	0.081	1	2	1, 2, 3, 30	140

จากตารางที่ 3 พบว่าค่า BC-Max บ่งบอกได้ถึงความสามารถในการระบายน้ำตามความสัมพันธ์ของแต่ละปตร. และทำให้ทราบถึงเส้นทางการระบายน้ำอีกด้วย นอกจากนี้เมื่อทราบถึงเส้นทางการระบายน้ำที่ปตร. ยังพบว่าในแต่ละปตร. นั้นมีความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดในโครงข่ายหรือเส้นทางจากต้นทางที่น้ำท่วมขังหรือมีจำนวนปริมาณน้ำมากซึ่งจะไหลไปยังปลายทางที่ผ่านปตร. ในแหล่งที่น้ำจะไหลผ่านในปริมาณสูงสุดที่ปตร. ได้ โดยค่า BC-Max ที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.787 โดยเป็นโหนดที่ 7 ปตร.พระมหินทร์ ได้เส้นทางการระบายน้ำถึง 9 เส้นทาง และได้ค่าการระบายน้ำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ $24.333 m^3/s$ รองมาเป็นค่า BC-Max เท่ากับ 0.297 คือโหนดที่ 2 ปตร.พระนารายณ์ และได้เส้นทางการระบายน้ำ 1 เส้นทาง และได้ค่าการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ $100 m^3/s$ รองมาเป็นค่า BC-Max เท่ากับ 0.159 คือโหนดที่ 29 ปตร.ปลาคลองระบายน้ำที่ 28 และได้เส้นทางการระบายน้ำ 1 เส้นทาง และได้ค่าการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ $10 m^3/s$ ยกเว้นการระบายที่โหนดที่ 1 ไปโหนดที่ 2 ได้ค่าการระบายน้ำสูง

ที่สุดเท่ากับ $140 \text{ m}^3/\text{s}$ หมายความว่านั่นคือความสามารถในการระบายน้ำของเขื่อนพระรามหก ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งต้นน้ำใหญ่ และมีปริมาณน้ำมาก ดังนั้นจากการระบายน้ำที่เขื่อนพระรามหกไปยัง ปตร. พระมหินทร์ ที่มีค่า BC-Max มากที่สุดถือว่ามีความสำคัญมากที่สุดในการระบายน้ำ เพราะเป็นแหล่งพื้นที่ในการรับและระบายน้ำโดยมีหลายเส้นทางที่เชื่อมต่อถึงกัน

6. สรุปงานวิจัย

การวิเคราะห์สถานการณ์การเกิดอุทกภัยโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประจําระบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีการ BC-Max ทำให้ได้แบบจำลองโครงข่ายการระบายน้ำที่ ปตร. ซึ่งสามารถแสดงเส้นทางการระบายน้ำที่มีความสำคัญโดยวิเคราะห์จากความสัมพันธ์ระหว่าง ปตร. และยังเชื่อมโยงไปยังความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของเส้นทางการระบายน้ำตาม ปตร. เหล่านั้น และในงานวิจัยนี้พบว่าในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักได้เขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาแหล่งระบายน้ำที่มีความสำคัญที่สุดคือ ปตร.พระมหินทร์ และ ปตร.พระนารายณ์ จากภูมิประเทศตามแผนที่รูปที่ 1. ซึ่งอยู่ในคลองระพีพัฒน์ที่แยกมาจากเขื่อนพระรามหกที่กั้นแม่น้ำป่าสัก ดังนั้นจึงถือได้ว่าวิธีการ BC-Max สามารถนำมาสนับสนุนการวิเคราะห์สถานการณ์เกิดน้ำท่วมที่อาศัยความสามารถในการระบายน้ำที่ ปตร. ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] “บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554.” [Online]. Available: <http://www.thaiwater.net/current/flood54.html>. [Accessed: 07-Sep-2016].
- [2] ฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน โครงการชลประทานพระนครศรีอยุธยา, “โครงการชลประทาน

พระนครศรีอยุธยา ในเขตสำนักชลประทานที่ 10, 11, 12 พื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.” Jul-2556.

- [3] พงศพิศ พิเศษศิริ, สุริยะ พินิจการ และสุนันทา สดดี, “การวิเคราะห์การระบายน้ำโดยใช้ทฤษฎีกราฟ กรณีศึกษาเขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,” in *การประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (National Conference on Information Technology: NCIT) ครั้งที่ 6*, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2557, vol. 2557, p. 310.
- [4] C. Arsene, D. Al-Dabass, and J. Hartley, “Decision Support System for Water Distribution Systems Based on Neural Networks and Graphs,” in *2012 UKSim 14th International Conference on Computer Modelling and Simulation (UKSim)*, 2012, pp. 315–323.
- [5] J. Rocha, “Graph Comparison by Log-Odds Score Matrices with Application to Protein Topology Analysis,” *IEEE/ACM Trans. Comput. Biol. Bioinform.*, vol. 8, no. 2, pp. 564–569, Mar. 2011.
- [6] S. Miyaoka and M. Funabashi, “Optimal control of water distribution systems by network flow theory,” in *1982 21st IEEE Conference on Decision and Control*, 1982, pp. 362–368.
- [7] S. C. Li, Z. H. Xu, and G. W. Ma, “A Graph-theoretic Pipe Network Method for water flow simulation in discrete fracture networks: GPNM,” *Tunn. Undergr. Space Technol.*, vol. 42, pp. 247–263, May 2014.
- [8] กรมชลประทาน, “โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักใต้,” โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักใต้, 2012. .
- [9] เรืองฤทธิ์วิทยา, “การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมของกระแสการเดินทางไปทำงานในภูมิภาคเมืองโคราช,” *ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ และ*

ฉบับ *Int. Humanit. Soc. Sci. Arts*, vol. 5, no. 3, pp. 254–266, Dec. 2012.

[10] งามอาจ อุ่นอนันต์, วรวิทย์ ชีมีรัมย์ และสุนันทา สดสี, “การวิเคราะห์โครงข่ายถนนโดยใช้ทฤษฎีกราฟ,” in *The Tenth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2014)*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, vol. 2557, pp. 252–257.

[11] M. T. Todinov, “Topology optimisation of repairable flow networks for a maximum average availability,” *Comput. Math. Appl.*, vol. 64, no. 12, pp. 3729–3746, Dec. 2012.

[12] S. Han, Z. Peng, and S. Wang, “The maximum flow problem of uncertain network,” *Inf. Sci.*, vol. 265, pp. 167–175, May 2014.

[13] L. R. Ford and D. R. Fulkerson, “Maximal flow through a network,” *Can. J. Math.*, vol. 8, no. 0, pp. 399–404, Jan. 1956.

[14] A. Dwivedi and X. Yu, “A Maximum-Flow-Based Complex Network Approach for Power System Vulnerability Analysis,” *IEEE Trans. Ind. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–88, Feb. 2013.