การประเมินและเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง: กรณีศึกษา หาดใหญ่ เชียงใหม่ และอุบลราชธานี

Assessment and comparison of urban flood vulnerability index: a case study of Hat Yai, Chiang Mai and Ubon Ratchathani

ณัชยา แซ่เจิ้น[1], นฐมนพรรณ สุวรรณชาตรี[1], ธนันท์ ชุบอุปการ[1,2], ธนิต เฉลิมยานนท์[1,2]
Nachaya Sae-jern[1], Nathamonpan Suwanchatree [1], Tanan Chub-uppakarn[1,2], Tanit Chalermyanont[1,2]

Received: 13 December 2021 ; **Revised**: 7 February 2021 ; **Accepted**: 28 February 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอความเปราะบางของเมืองต่ออุทกภัยโดยใช้ดัชนีชี้วัดความเปราะบาง ประกอบด้วยความเปราะบาง 4 บริบท ได้แก่ บริบทด้านสังคม บริบทด้านเศรษฐกิจ บริบทด้านสิ่งแวดล้อม และบริบทด้านกายภาพ ขั้นตอนการดำเนินการ ประกอบด้วย การคัดเลือกตัวแปร การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ตัวแปร การสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบาง เมื่อเปรียบเทียบความเปราะบางของเมืองต่อการเกิดอุทกภัยของ 3 เมือง ประกอบด้วย เมืองหาดใหญ่ เมืองเชียงใหม่ และเมืองอุบลราชธานี ผลการศึกษาพบว่า เมืองที่มีความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยสูงสุดถึงต่ำสุดได้แก่ เมืองเชียงใหม่ เมืองหาดใหญ่ และเมืองอุบลราชธานี ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแยกตามบริบท เมืองเชียงใหม่ มีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เมืองหาดใหญ่ มีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านเศรษฐกิจ และเมืองอุบลราชธานีมีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านกายภาพ

คำสำคัญ: อุทกภัย ดัชนีชี้วัดความเปราะบาง เมืองหาดใหญ่ เมืองเชียงใหม่ เมืองอุบลราชธานี

Abstract

This paper describes urban flood vulnerability using a vulnerability index which consists of four vulnerability issues encompassing social, economic, environmental and physical issues. The study was carried out by selecting variables affecting the flood vulnerability, collecting and analyzing corresponding data, developing equations for computing the flood vulnerability indices, and calculating the corresponding indices. Comparison of the flood vulnerability was made using data from three cities, namely, Hat Yai, Chiang Mai and Ubon Ratchathani. The results showed that the cities ranged from highest to lowest flood vulnerability were Chiang Mai, Hat Yai, and Ubon Ratchathani. In addition, Chiang Mai is considered to be the most vulnerable to social and environmental issues while Hat Yai is most vulnerable to the economic issues and Ubon Ratchathani is most vulnerable to the physical issue.

Keywords: Flood, Vulnerability index, Hat Yai, Chiang Mai, Ubon Ratchathani

---

[1] ศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
[1] Southern Natural Disaster Research Center, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.
[2] Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.
* Corresponding author: Tanit Chalermyanont, Thailand. tanit246@gmail.com

บทนำ

น้ำท่วมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ ทุกภูมิภาคของประเทศไทย จากกสถานการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยที่ผ่านมา ช่วงปลายปี พ.ศ.2553 เกิดอุทกภัยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต้นปี พ.ศ.2554 เกิดอุทกภัยในพื้นที่หลายจังหวัดของภาคใต้ และที่รุนแรงที่สุดในรอบ 50 ปี คือ อุทกภัยที่เกิดขึ้นในภาคกลางและกรุงเทพมหานคร ในช่วงปี 2554 เมื่อกล่าวโดยรวมแล้วอาจสรุปได้ว่าทุกภูมิภาคของประเทศไทยมีประสบการณ์ในการเกิดน้ำท่วม ผลกระทบจากน้ำท่วม ส่งผลโดยตรงแก่ ชีวิตผู้คน ทรัพย์สิน อาคารบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างและโครงสร้างพื้นฐาน การเกษตรและสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบทางอ้อมต่อ สภาวะทางธรรมชาติ สภาพทางมนุษยสังคม เช่น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านประชากรศาสตร์ ความเป็นอยู่ สุขภาพและโรคภัย การพัฒนามนุษย์ และสภาพทางเศรษฐกิจและการเมือง (สัจจา บรรจงศิริ และคณะ, 2557)

การกำหนดแผนระยะยาวเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัยซ้ำซากในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความเปราะบางต่ออุทกภัย เนื่องจากระดับความเปราะบางบอกถึงแนวโน้มที่ระบบต่างๆ ในพื้นที่ เช่น สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และทางกายภาพ จะได้รับผลกระทบจากอุทกภัย ในการประเมินความเปราะบางต่อการได้รับผลกระทบจากอุทกภัยนั้น จะต้องพิจารณาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในหลายมิติ จึงนิยมใช้แนวทางการประเมินด้วยตัวชี้วัด เรียกว่า “ดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (Flood vulnerability index, FVI)” ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มของตัวชี้วัดย่อยที่บ่งบอกระดับของการเปิดรับ ความอ่อนไหว และระดับของการรับมือและปรับตัวต่อการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ ซึ่งสามารถนำมาประเมินเป็นระดับของความเปราะบางในพื้นที่ได้ โดยในกลุ่มของตัวชี้วัดย่อยจะประกอบไปด้วยตัวแปรที่จะถูกกำหนดขึ้นตามปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบหรือบริบทของความเปราะบางนั้นๆ ผลที่ได้จากการประเมินด้วยดัชนีชี้วัดจะสามารถบอกถึงระดับความเปราะบางที่อาจมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริบท จึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารหน่วยงานราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการปัญหาอุทกภัยในการกำหนดแผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการในเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัยในพื้นที่ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวชี้ความเปราะบาง รวมถึงประเมินและเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยในเขตเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเปราะบางของการเกิดอุทกภัยอาจอธิบายได้โดยการเทียบเคียงกับความเปราะบางของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2007) ความเปราะบางของเมืองต่ออุทกภัย หมายถึง ระดับที่เมืองไม่สามารถรับมือต่อผลกระทบเชิงลบจากอุทกภัย ซึ่งเป็นผลจากภาพรวมของ การเปิดรับอุทกภัย ความอ่อนไหว และความสามารถในการปรับตัวของเมือง โดยการเปิดรับ (Exposure) หมายถึง ระดับที่เมืองได้เปิดรับต่อการเกิดอุทกภัย ความอ่อนไหว (Sensitivity) หมายถึง ระดับที่เมืองได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและลบจากการเกิดอุทกภัย และความสามารถในการปรับตัว (Adaptation capacity) หมายถึง ความสามารถของเมืองที่ปรับตัวต่อการเกิดอุทกภัย ให้มีศักยภาพที่ทำให้เกิดความเสียหายลดลง ใช้ความได้เปรียบของโอกาสในการรับมือกับผลกระทบต่างๆ (IPCC, 2001)

การประเมินความเปราะบางโดยใช้ดัชนีมีการศึกษาวิจัยในหลายประเด็นในหลายประเทศ เช่น การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (Flood Vulnerability Index ; FVI) ในประเทศโรมาเนีย เยอรมัน และกัมพูชา (Balica *et al.*, 2009) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ (Climate Vulnerability Index ; CVI) ในประเทศอินเดีย (Pandey & Jha, 2012) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางด้านการดำรงชีวิต (Livelihood Vulnerability Index ; LVI) ในประเทศโมซัมบิก (Hahn *et al.*, 2009) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางด้านสังคม (Social Vulnerability Index ; SVI) ในประเทศจีน (Ge *et al.*, 2013) และในประเทศแอฟริกา (Vincent, 2004) การศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางทางเศรษฐกิจสังคม Socioeconomic Vulnerability Index ; SeVI) ในประเทศบังคลาเทศ (Ahsan & Warner, 2014) สำหรับในประเทศไทย งานวิจัยที่ทำการศึกษาดัชนีการประเมินความเปราะบาง ได้แก่ การศึกษาดัชนีการประเมินความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ (ชนิกา ไหล่แท้ และคณะ, 2557) การศึกษาดัชนีความเปราะบางชายฝั่ง (กัทลี คุรุกุล และกาญจนา นาคะภากร, 2557) ศึกษาความเปราะบางทางสังคม (สุธี อนันต์สุขสมศรี และนิจ ตันติศิรินทร์, 2561) และศึกษาการประเมินความเปราะบางของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Dumrongdachsopon & Pumijumnong, 2013) เป็นต้น

ตามหลักแนวคิดของ IPCC (2007) ดัชนีการประเมินความเปราะบาง ได้พิจารณาจาก 3 องค์ประกอบหลักๆ ได้แก่ การเปิดรับ (Exposure, E) ความอ่อนไหว (Sensitivity, S) และ ความสามารถในการรับมือ (Adaptive capacity, A) ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่นำ 3 องค์ประกอบนี้มาใช้ในการประเมินความเปราะบาง โดยแต่ละงานวิจัยจะมีแนวคิดและรูปแบบการ

คำนวณที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ งานวิจัยของ Balica *et al.* (2009) ศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย (Flood Vulnerability Index ; FVI) ในประเทศโรมาเนีย เยอรมัน และกัมพูชา รวมถึง สุดา สุวรรณชาตรี (2558) ได้ศึกษา FVI ของเมืองหาดใหญ่ ดังสมการที่ 1

$$FVI = \frac{E \times S}{A} \quad (1)$$

งานวิจัยของ Hahn *et al.* (2009) และ ชนิกา ไหล่แท้ และคณะ (2557) ทำการศึกษาการศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางด้านการดำรงชีวิต (Livelihood Vulnerability Index ; LVI) ในประเทศโมซัมบิก และประเทศไทยตามลำดับ ดังสมการที่ 2

$$LVI = (E-A)xS \quad (2)$$

Pandey และ Jha (Pandey & Jha, 2012) ศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ (Climate Vulnerability Index ; CVI) ในประเทศอินเดีย ดังสมการที่ 3

$$CVI = 1 + \left|\left\{\frac{N_1E - N_2A}{N_1 + N_2}\right\}\right| * \left\{\frac{1}{S}\right\} \quad (3)$$

Ni = จำนวนองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบหลัก

Ahsan and warner (2014) ศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางทางเศรษฐกิจสังคม (Socioeconomic Vulnerability Index ; SeVI) ในประเทศบังคลาเทศ ดังสมการที่ 4

$$SeVI = \frac{E+A+S}{3} \quad (4)$$

การพิจารณาองค์ประกอบย่อยหรือบริบทจะขึ้นอยู่กับประเด็นและพื้นที่ศึกษา จึงทำให้แต่ละงานวิจัยมีการพิจารณาที่แตกต่างกันไป เช่น การศึกษาดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัย (FVI) (สมการที่ 1) องค์ประกอบย่อยที่ใช้ ได้แก่ ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ (Balica *et al.*, 2009) งานวิจัยของ Connor and Hiroki (2005) ได้ศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านกายภาพ ด้านสังคม-เศรษฐกิจ และ ด้านการลงทุน และงานวิจัยของ Sebald (2010) ศึกษาด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม ด้านระบบนิเวศ และด้านกายภาพ เป็นต้น

การให้น้ำหนักตัวแปรหรือตัวชี้วัด จากการทบทวนงานวิจัย พบว่าบางงานวิจัยให้น้ำหนักตัวแปรโดยการให้คะแนนความสำคัญของตัวแปร ก่อนนำมาคำนวณค่าความเปราะบาง (ชนิกา ไหล่แท้ และคณะ, 2557 ; Sebald, 2010 ; Saaty, 2008) และมีหลายงานวิจัยไม่ได้ทำการให้น้ำหนักตัวแปร หรือตัวชี้วัด แต่จะทำการปรับสเกลค่าตัวแปรและค่าองค์ประกอบย่อยให้ได้ค่าอยู่ในช่วง 0-1 หรือ Standardized Values ($X_{standardized}$) ดังสมการที่ 5 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ (Krishnamurthy *et al.*,2014 ; Karmaoui *et al.*, 2016) หรือด้วย Minimum-Maximum Normalization ($X_{normalized}$) ดังสมการที่ 6 (Balica *et al.*, 2009 ; กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2558)

$$X_{standardized} = \frac{X_{value}}{X_{maximum}} \quad (5)$$

$$X_{normalized} = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \quad (6)$$

วิธีการดำเนินงาน

พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาพื้นที่ทั้งหมด 3 พื้นที่ ได้แก่

1. พื้นที่เมืองหาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วย 4 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลนครหาดใหญ่ เทศบาลเมืองคอ-หงส์ เทศบาลเมืองคลองแห และเทศบาลเมืองควนลัง (ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 147.0 ตร.กม. พื้นที่น้ำท่วม 49.1 ตร.กม. และประชากร 289,750 คน) ลักษณะภูมิประเทศของเมืองหาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงและยังเป็นบริเวณจุดบรรจบของลำน้ำสาขาหลายสายของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ประกอบกับสภาพภูมิประเทศที่มีปริมาณฝนตกชุก และมีการพัฒนาพื้นที่อย่างรวดเร็วจนเป็นเมืองที่มีขนาดใหญ่ ผลจากการพัฒนาก่อให้เกิดสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางระบายน้ำธรรมชาติและคลองต่างๆ ทำให้การไหลของน้ำลงสู่ทะเลสาบสงขลาไม่สะดวกและล่าช้า ตลอดจนสูญเสียพื้นที่เก็บกักน้ำบางส่วนที่ใช้ชะลอน้ำไว้ได้ทำให้มีปริมาณการไหลของน้ำสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ดังเช่นในปี พ.ศ.2531 พ.ศ.2543 และ พ.ศ. 2553 เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างมากมาย (ทองเปลว กองจันทร์, 2554 ; ธนิต เฉลิมยานนท์ และคณะ, 2562)

2. พื้นที่เมืองเชียงใหม่ ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 3 เทศบาลหลัก ได้แก่ เทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลตำบลป่าแดด และเทศบาลตำบลหนองหอย (ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 68.9 ตร.กม. พื้นที่น้ำท่วม 28.7 ตร.กม. และประชากร

154,744 คน) ภูมิประเทศของที่ตั้งเมืองเชียงใหม่ บ้านเรือนส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มริมแม่น้ำปิง อันเป็นบริเวณที่น้ำท่วมถึง บริเวณที่ราบริมน้ำปิงนอกจากจะมีน้ำท่วมเป็นประจำในฤดูน้ำหลากของฤดูฝนแล้วบริเวณที่ราบริมฝั่งเหล่านี้ ยังเป็นหนองน้ำในระยะที่ไม่ห่างจากฝั่งแม่น้ำอยู่เป็นจำนวนมากที่ช่วยซับและอุ้มน้ำไว้ เมื่อปริมาณฝนที่ตกในปริมาณมากและนานติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้เขตเมืองเชียงใหม่และพื้นที่อำเภอรอบนอก โดยในปี พ.ศ.2548 เกิดอุทกภัยขึ้นถึง 4 ครั้ง (สมนึก ชัชวาลย์, 2548)

3. พื้นที่เมืองอุบลราชธานี ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 3 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลนครอุบลราชธานี เทศบาลเมืองแจระแม และเทศบาลเมืองวารินชำราบ (ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 91.9 ตร.กม. พื้นที่น้ำท่วม 31 ตร.กม. และประชากร 118,557 คน) ลักษณะภูมิประเทศของเมืองอุบลราชธานี อำเภอเมืองอุบลราชธานีตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดเป็นที่ราบสูงลาดเอียงไปทางตะวันออกมีแม่น้ำโขง แม่น้ำมูลซึ่งไหลผ่านกลางจังหวัด จากทิศตะวันตกมายังทิศตะวันออกแล้วไหลลงสู่แม่น้ำ (สำนักงานวัตนธรรมจังหวัดอุบลราชธานี, 2564) เมื่อปริมาณน้ำจากพื้นที่เหนือน้ำมูล น้ำชีและลำน้ำสาขาไหลลงมารวมกันก่อนไหลผ่านลำน้ำมูลในพื้นที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภอวารินชำราบ ซึ่งมีพื้นที่จำกัดของการระบายน้ำ และมีลักษณะเป็นคอขวดและท้องน้ำมีความลาดชันน้อยมาก จึงเป็นอุปสรรคขัดขวางการระบายน้ำซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วม (กาญจนา ทองทั่ว และคณะ, 2555) เช่น การเกิดน้ำท่วมในช่วงเดือนกันยายน ปี พ.ศ.2562

ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการวิจัยโดยมี 4 ขั้นตอน และมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การคัดเลือก จัดกลุ่ม และวิเคราะห์ตัวแปร

การคัดเลือก และวิเคราะห์ตัวแปร ในเบื้องต้นได้คัดเลือกตัวแปรจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ศึกษา และแหล่งข้อมูลที่คาดว่าจะสามารถค้นหา/รวบรวมได้ รวมถึงการเพิ่มเติมตัวแปรอื่นๆ ที่คาดว่าจะมีความเกี่ยวข้องกับความเปราะบางในบริบทต่างๆ 4 บริบท ได้แก่ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และกายภาพ จากนั้นได้นำตัวแปรที่คัดเลือกไว้นำเสนอในที่ประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์ และการแสดงความคิดเห็นผ่านแบบสอบถามและคำถามปลายเปิด เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมของตัวแปร ในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2563 โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา และประชาชนที่ประสบอุทกภัยมาก่อนซึ่งรวม 3 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ และประชาชนในพื้นที่ศึกษา โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างรวม 227 ตัวอย่าง ดังนี้ 1) เมืองหาดใหญ่ จำนวน 75 ตัวอย่าง 2) เมืองเชียงใหม่ จำนวน 78 ตัวอย่าง และ 3) เมืองอุบลราชธานี จำนวน 74 ตัวอย่าง

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลตัวแปรที่ใช้สำหรับการประกอบการวิเคราะห์การประเมินความเปราะบางต่ออุทกภัยของงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลทุติยภูมิ และข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม - ตุลาคม 2563 ดังนี้

2.1) ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ แล้วแปลงเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ความเปราะบาง

2.2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยการสืบค้นข้อมูลออนไลน์ และการขออนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3) การสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัย

การสร้างสมการเพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองในการศึกษานี้ ได้ดัดแปลงจากสมการของ Balica *et al.* (2009) ดังสมการที่ 1 ตามความเหมาะสมของบริบทในพื้นที่ และตามตัวแปรที่ได้คัดเลือกจากความคิดเห็นในที่ประชุมเชิงปฏิบัติการ การสัมภาษณ์และจากแบบสอบถาม โดยเลือกศึกษา 4 บริบท ได้แก่ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และกายภาพ ซึ่งสมการแต่ละบริบทจะมีความแตกต่างกัน และอาจมีตัวแปรที่ใช้ร่วมกันในแต่ละบริบทได้

4) การประเมินและเปรียบเทียบความเปราะบางต่ออุทกภัยของพื้นที่ศึกษา

การประเมินและเปรียบเทียบความเปราะบางต่ออุทกภัยของพื้นที่ศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

4.1) นำข้อมูลตัวแปรของพื้นที่ทั้ง 3 มาทำการคำนวณความเปราะบางต่ออุทกภัยในสมการที่ได้สร้างไว้ ซึ่งแบ่งเป็น 4 บริบท ได้แก่ สังคม (FVI_S) เศรษฐกิจ (FVI_{Ec}) สิ่งแวดล้อม (FVI_{En}) และกายภาพ (FVI_{Ph}) (กล่าวถึงต่อไปในหัวข้อการสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัย)

4.2) นำค่าความเปราะบางของแต่ละบริบทมาคำนวณค่า Standardized Values ($X_{standardized}$) โดยใช้สมการที่ 5 ให้ได้ค่าอยู่ในช่วง 0-1 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ทั้ง 3 เมือง

4.3) คำนวณค่าความเปราะบางรวม (Total FVI, FVI_t) ของเมือง จากค่าความเปราะบางทั้ง 4 บริบท (สมการที่ 7) โดย subscript “st” ในสมการที่ 7 หมายถึงค่า FVI ที่ทำการ standardized แล้ว

$$FVI_t = FVI_{Sst} + FVI_{Ecst} + FVI_{Enst} + FVI_{Phst} \quad (7)$$

4.4) เปรียบเทียบค่าความเปราะบางรวมของทั้ง 3 เมือง

ผลการประเมินและการเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยของพื้นที่ศึกษา

1. ผลการคัดเลือกตัวแปร

การคัดเลือกตัวแปรที่ใช้ประเมินดัชนีความเปราะบางในงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงจากตัวแปรของ Balica *et al.* (2009) โดยพิจารณาให้เข้ากับบริบทของประเทศไทยร่วมกับความเห็นจากการสัมภาษณ์บุคคลทั้ง 3 กลุ่ม รวมถึงพิจารณาถึงความพร้อมของข้อมูลตัวแปรที่สามารถเข้าถึงได้จากหน่วยงานต่างๆ โดยพบว่าตัวแปรที่เหมาะสมในการประเมินความเปราะบางต่ออุทกภัยมีทั้งหมด 37 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยบริบทด้านสังคมจำนวน 14 ตัวแปร เช่น ความหนาแน่นของประชาชนในพื้นที่ศึกษา สัดส่วนของพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา ความพร้อมในการรับมือเมื่อประสบภัย เป็นต้น บริบทด้านเศรษฐกิจจำนวน 10 ตัวแปร เช่น ร้อยละของประชากรที่ว่างงาน ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ/รายได้ สัดส่วนรายได้ของประชาชนในพื้นที่ศึกษาต่อรายได้ของประเทศ เป็นต้น บริบทด้านสิ่งแวดล้อมจำนวน 6 ตัวแปร เช่น สัดส่วนของขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ไม่ถูกนำไปกำจัด ร้อยละของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา มลภาวะทางอากาศในพื้นที่ศึกษา เป็นต้น และบริบทด้านกายภาพจำนวน 7 ตัวแปร เช่น ความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศ ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม เป็นต้น ตัวแปรเหล่านี้สามารถจัดกลุ่มตามองค์ประกอบหลักเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) การเปิดรับต่อผลกระทบ (E) ประกอบด้วย 6 ตัวชี้วัด 2) ความอ่อนไหวต่อผลกระทบ (S) ประกอบด้วย 10 ตัวชี้วัด และ 3) ความสามารถในการปรับตัว (A) ประกอบด้วย 21 ตัวแปร

2. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ตัวแปร

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการประกอบการวิเคราะห์การประเมินความเปราะบางของงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลโดยการสืบค้นข้อมูลออนไลน์ 2) ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งได้จากแบบสอบถาม โดยรายละเอียดตัวแปรดัชนีวัดความเปราะบางต่ออุทกภัยในบริบทด้านสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และกายภาพได้แสดงไว้ใน Tables 2-5 ตามลำดับ สำหรับข้อมูลจากการสัมภาษณ์ได้นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม

3. ผลการสร้างสมการและการคำนวณค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัย

การสร้างสมการและคำนวณค่าดัชนีเพื่อประเมินดัชนีชี้วัดความเปราะบางของการเกิดอุทกภัยของเมืองหาดใหญ่ 4 บริบท ได้แก่ บริบทด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านกายภาพ โดยแต่ละด้านจะมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดน้ำท่วมที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวใช้เป็นตัวแปร (Tables 2-5) ในการคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัด ฯ ดัง Table 1

Table 1 Flood vulnerability index equations

Issue	Variable	Equation	
Social	14	$FVI_s = \dfrac{P_d \times F_a \times C_h \times P_g \times Ye}{P \times A \times S \times A_i \times U_p \times E_s \times W_s \times E_r \times I_c}$	(8)
Economy	10	$FVI_{Ec} = \dfrac{U_m \times IE_q \times R_t \times RO_m \times H_{ot}}{I \times U_p \times A_i \times P \times D_n}$	(9)
Environment	6	$FVI_{En} = \dfrac{A_q \times S_w}{G_a \times U_p \times W_q \times S_{wp}}$	(10)
Physical	7	$FVI_{Ph} = \dfrac{T \times R \times F_o \times RO_m}{Bc \times D_L \times D_n}$	(11)

4. ผลการประเมินและเปรียบเทียบความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง

ผลการประเมินความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองทั้ง 3 เมือง โดยใช้สมการที่ 8-11 พบว่า ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองหาดใหญ่ บริบทด้านสังคม (FVI_S) มีค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยเท่ากับ 49.67 บริบทด้านเศรษฐกิจ (FVI_{Ec}) เท่ากับ 1.16 บริบทด้านสิ่งแวดล้อม (FVI_{En}) เท่ากับ 0.20 และบริบทด้านกายภาพ (FVI_{Ph}) เท่ากับ 0.12 (Figure 1) ซึ่งเห็นได้ว่าบริบทด้านสังคมมีความเปราะบางสูง เนื่องจากเมืองหาดใหญ่มีประชากรมากเมื่อเทียบกับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัยและการบริการช่วยเหลือฉุกเฉินแก่ประชาชนอาจยังไม่เพียงพอต่อจำนวนประชากร สำหรับบริบทด้านกายภาพ พบว่ามีความเปราะบางน้อย เนื่องจากลำน้ำสายหลักในเมืองหาดใหญ่มีคันกั้นน้ำตลอดแนวตลิ่งร้อยละ 86.87 และเมื่อเกิดน้ำท่วมโครงสร้างพื้นฐานสามารถกลับมาใช้งานได้ตามปกติในระยะเวลาอันสั้น

Table 2 City Flood Vulnerability Index Variables (Social Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equation/ Definition/ Source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Social Variables that increase Vulnerability	Pd	Density of Population density	people/ km^2	(Total population in the study area) / (Study area), Source: http://statbbi.nso.go.th	E	1970.95	2246.54	1289.50
	Fa	Flood area ratio	-	(Flood Area) / (Study area)	E	0.33	0.42	0.34
Social Variables that increase Vulnerability	Ch	Cultural heritage percentage	%	(Number of temples in the flood area) /(Total number of temples in the area)× 100 , Source : http://www.onab.go.th	S	4.34	12.63	8.54
	Pg	Population growth	%	Average growth of population in urban areas in the last 10 years , Source : http://statbbi .nso.go.th	S	4.21	-1.65	1.60
	Ye	Percentage of children and elderly people	-	(Number of elderly and children in the area) /(Total population in the area) , Source : http://statbbi .nso.go.th	S	0.33	0.31	0.33
Social Variables that reduce Vulnerability	P	Preparedness status	-	Interviewing	A	0.71	0.74	0.76
	A	Awareness	-	Interviewing	A	0.67	0.66	0.70
	S	Shelter Capacity	peopl e/km2	(Shelters Capacity) / (municipal area)	A	121.90	94.37	30.45
	Ai	Infrastructure preparedness	-	Interviewing	A	0.66	0.67	0.78
	Up	Urban Planning enforcement		Interviewing	A	1.00	0.74	0.76
	Es	Floodresponse capability	-	Interviewing	A	0.40	0.78	0.76
	Ws	Flood warning system	-	Interviewing	A	0.87	0.82	0.90
	E_R	Evacuation routes	-	Good evacuation routes management = 3 Fair evacuation routes management = 2 No evacuation routes management =1	A	3	2	3
	I_C	Reliability of local government	-	very reliable = 3 moderately reliable =2 less reliable =1 not reliable =0	A	2	3	3

Table 3 City Flood Vulnerability Index Variables (Economy Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equation/ Definition/ Source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Economy – Variables that increase Vulnerability	Um	Unemployment	%	(Number of people Unemployed) / (Total people in working age), Source: http://statbbi.nso.go.th	S	0.80	1.10	0.60
	IEq	Economic Inequality/ Income	-	Gini Coefficient for wealth (inequality between 0 and 1)	S	0.47	0.42	0.45
	Rt	Recovery time	-	Recovery time less than 2 weeks = 1, 2-4 weeks = 2, more than 4 weeks = 3	S	2	1	2
	RO_m	Maximum runoff of main river	m^3/s	Source: http://water.rid. go.th/hydrology/	E	1623.50	822.41	5134.00
	H_{ot}	Hotel	-	Interviewing	E	0.78	0.07	0.04
Economy – Variables that reduce Vulnerability	I	Province and national income ratio	-	(Gross provincial product)/(Gross country product)x100, Source: https://www.nesdc.go.th	A	1.93	1.51	0.76
	Up	Urban planning enforcement	-	Interviewing	A	1.00	0.74	0.76
	Ai	Infrastructure availability	m^3/s	Interviewing	A	0.66	0.67	0.78
	Dn	Drainage capacity	-	Source: http://water.rid. go.th/hydrology/	A	910	445	2300
	P	Disaster preparedness	-	Interviewing	A	0.71	0.74	0.76

Table 4 City Flood Vulnerability Index Variables (Environment Issue)

Issue	Abb.	Name	Units	Equations/ Definition/ Source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Environment – Variables that increase Vulnerability	Aq	Air quality	-	5 Air quality data include SO_2, NO_2, CO_2, O_3, PM_{10}., Source: http://air4thai.pcd.go.th/	S	11.35	17.90	18.49
	Sw	Unmanaged solid waste	-	(Amount of waste not taken into the disposal system (tons/day)) / (total amount of waste generated (tons/day))	S	0.32	0.86	0.70
Environment – Variables that reduce Vulnerability	Ga	Green area	%	Data from the local government organizations	A	36.70	10.69	23.11
	Up	Urban planning enforcement	-	Interviewing	A	1.00	0.74	0.76
	Wq	Water quality	-	Water quality index ; Good water quality = 1.00 Very deteriorated water quality = 0.25	A	0.50	0.75	0.50
	Swp	Solid waste management after flood	-	Waste management plan available= 1 No waste management plan = 0	A	1	1	1

Table 5 City Flood Vulnerability Index Variables (Physical Issue)

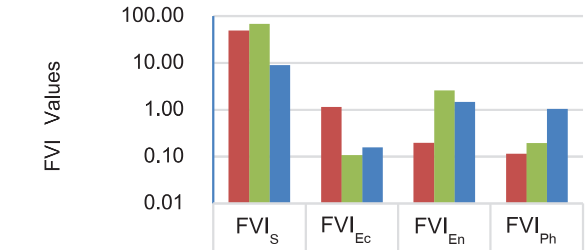
Issue	Abb.	Name	Units	Equations/ Definition/ source	Factor*	Variable value		
						Hat Yai	Chiang Mai	Ubon.
Physical Variables that increase Vulnerability	T	Topography	%	Interviewing/ Topographic map	S	5.20	10.00	3.00
	Fo	Frequency of flood event	-	(number of floods) / (years considered)	E	0.30	0.19	0.38
	Ro_m	Maximum runoff of main river	m^3/s	Source: http://water.rid.go.th/hydrology/	E	1624	822	5134
	R	Infrastructure recovery time	day	Interviewing	S	3.62	2.35	13.06
Physical Variables that reduce Vulnerability	Bc	Building code availability for flooding preparedness	-	building control standard available = 1 No building control standard = 0	A	1	1	1
	D_L	Dikes/ levees length per river length	%	(Length of dikes or levees)/ (total length of river)	A	86.87	42.86	31.25
	Dn	Drainage capacity	m^3/s	Source: http://water.rid.go.th/hydrology/	A	910	445	2300

Note: * E = Exposure, S = Sensitivity, A = Adaptive capacity

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองเชียงใหม่ พบว่า ค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยบริบทด้านสังคมเท่ากับ 67.93 บริบทด้านเศรษฐกิจเท่ากับ 0.11 บริบทด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 2.60 และบริบทด้านกายภาพเท่ากับ 0.20 (ดัง Figure 1) ซึ่งเห็นได้ว่าบริบทด้านสังคม มีความเปราะบางสูง เนื่องจากเมืองเชียงใหม่มีความหนาแน่นของประชากรมาก และเป็นศูนย์กลางวัฒนธรรมล้านนาของภาคเหนือ เมื่อเปรียบเทียบกับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย รวมถึงประชากรอาจจะยังไม่ได้ตระหนักถึงผลกระทบจากอุทกภัยมากนัก

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองอุบลราชธานี พบว่า บริบทด้านสังคมมีค่าดัชนีความเปราะบางต่ออุทกภัยเท่ากับ 9.02 บริบทด้านเศรษฐกิจเท่ากับ 0.16 บริบทด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 1.48 และบริบทด้านกายภาพเท่ากับ 1.05 (Figure 1) ซึ่งพบว่าบริบทด้านสังคม มีความเปราะบางสูงเช่นเดียวกับเมืองหาดใหญ่และเมืองเชียงใหม่ สาเหตุก็เช่นเดียวกับทั้ง 2 เมือง คือการมีความหนาแน่นของประชากรมากในพื้นที่เมืองเมื่อเทียบกับความพร้อมในการรับมือด้านต่างๆ อาจจะไม่เพียงพอ และเห็นได้ว่าบริบทด้านเศรษฐกิจ มีความเปราะบางน้อย อาจเนื่องจากเมืองอุบลราชธานี ไม่ได้พึ่งพาการท่องเที่ยวมากนักเมื่อเทียบกับเมืองหาดใหญ่และเมืองเชียงใหม่

นอกจากนั้นผลการศึกษาพบว่า มีบางตัวแปรที่มีผลต่อค่าความเปราะบางอย่างมาก กล่าวคือเมื่อตัวแปรมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยทำให้ค่าความเปราะบางเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญ ตัวแปรที่มีผลทำให้ค่าความเปราะบางสูงดังกล่าวในบริบทด้านสังคม ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษา (P_d) ร้อยละของพื้นที่ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมในพื้นที่ศึกษา (C_h) ความสามารถของศูนย์อพยพที่มีอยู่ในปัจจุบัน (S) บริบทด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ การเตรียมความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย (A_i) ร้อยละของจำนวนโรงแรมที่อยู่ในเขตที่คาดว่าน้ำจะท่วมถึง (H_{ot}) บริบทด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ร้อยละของขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ไม่ถูกนำไปกำจัด (S_W) ร้อยละของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา (G_a) บริบทด้านกายภาพ ได้แก่ ความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศ (T) ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม (F_o)



	FVI_S	FVI_{Ec}	FVI_{En}	FVI_{Ph}
Hat Yai	49.67	1.16	0.20	0.12
Chiang Mai	67.93	0.11	2.60	0.20
Ubon Ratchathani	9.02	0.16	1.48	1.05

Figure 1 Flood Vulnerability Index

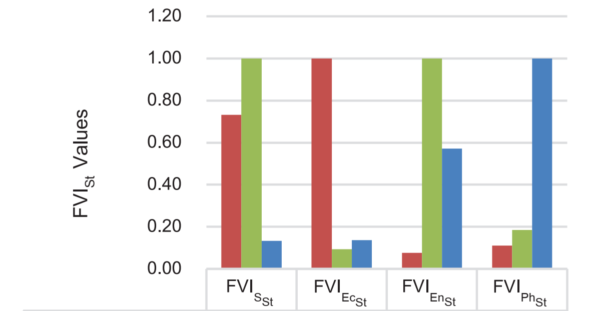
การเปรียบเทียบความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง ทั้ง 3 เมือง นำเสนอในรูป Standardized FVI (FVI_{St}) (Figure 2) พบว่า เมืองเชียงใหม่มีค่าความเปราะบางมากกว่าเมืองอื่น (FVI_S=67.93, FVI_{SSt}=1) เนื่องจากเมืองเชียงใหม่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางวัฒนธรรมล้านนาของภาคเหนือ และมีสถานที่สำคัญทางศาสนากระจายอยู่ทั่วพื้นที่ เช่น วัด ศาลเจ้า โบราณสถาน ซึ่งมากกว่าเมืองอุบลราชธานี และเมืองหาดใหญ่ เป็นต้น

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย ในด้านเศรษฐกิจ พบว่า เมืองหาดใหญ่มีความเปราะบางสูงสุด (FVI_{Ec} =1.16, FVI_{EcSt} =1) เนื่องจากเมืองหาดใหญ่มีร้อยละของจำนวนโรงแรมที่อยู่ในเขตที่คาดว่าน้ำจะท่วมถึงมากที่สุด และเศรษฐกิจของเมืองหาดใหญ่พึ่งพาการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่เมืองมาก สำหรับเมืองอุบลราชธานีที่เศรษฐกิจไม่ได้พึ่งพาจากการท่องเที่ยวมากนัก จึงส่งผลให้ความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองด้านเศรษฐกิจน้อยกว่า

ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย ในด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า เมืองเชียงใหม่มีความเปราะบางสูงสุด (FVI_{En} =2.6, FVI_{EnSt} =1) เนื่องจากจากข้อมูลขยะมูลฝอยที่ไม่ถูกนำไปกำจัดของเมืองเชียงใหม่สูงกว่าเมืองอื่น รวมถึงมีพื้นที่สีเขียวน้อยกว่าเมืองอื่น

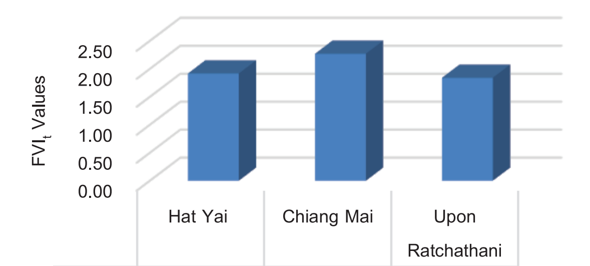
ค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัย ในด้านกายภาพ พบว่า เมืองอุบลราชธานีมีความเปราะบางสูงสุด (FVI_{Ph}=1.19, FVI_{PhSt}=1) เนื่องจากเมืองอุบลราชธานีเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ มีความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศน้อยเมื่อเทียบกับเมืองอื่น รวมถึงเป็นจุดบรรจบของแม่น้ำมูลและแม่น้ำชี เป็นที่รับน้ำจากพื้นที่หลายจังหวัดของภาคอีสาน และมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดของลำน้ำสูง ทำให้ความถี่ในการเกิดน้ำท่วมสูง ดังนั้นเมืองอุบลราชธานีจึงมีความเปราะบางด้านกายภาพมากกว่าเมืองหาดใหญ่และเมืองเชียงใหม่

จากการศึกษาดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของพื้นที่ศึกษาโดยการคำนวณค่าความเปราะบางรวมของแต่ละเมือง (สมการที่ 7) พบว่า เมืองเชียงใหม่มีค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางรวมต่ออุทกภัยสูงสุด (FVI_t = 2.28) (Figure 3) โดยเฉพาะค่าดัชนีชี้วัดความเปราะบางรวม ในด้านสังคมและด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งมีค่าสูงกว่าเมืองอื่นๆ ในขณะที่เมืองหาดใหญ่มีความเปราะบางรวมรองลงมา (FVI_t = 1.92) ส่วนเมืองอุบลราชธานีมีความเปราะบางรวมน้อยที่สุด (FVI_t = 1.84)



	FVI_{SSt}	FVI_{EcSt}	FVI_{EnSt}	FVI_{PhSt}
Hat Yai	0.73	1.00	0.08	0.11
Chiang Mai	1.00	0.09	1.00	0.18
Ubon Ratchathani	0.13	0.14	0.57	1.00

Figure 2 Standardized Flood Vulnerability Index



	Hat Yai	Chiang Mai	Upon Ratchathani
Cities	1.92	2.27	1.84

Figure 3 Total Flood Vulnerability Index

สรุปและวิจารณ์

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความเปราะบางของเมืองเมื่อเกิดอุทกภัยใน 4 บริบท ได้แก่ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ โดยการคำนวณดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมือง 3 เมืองที่มีปัญหาอุทกภัย ได้แก่ เมืองหาดใหญ่ เมืองเชียงใหม่ และเมืองอุบลราชธานี เพื่อเป็นกรณีศึกษาและเปรียบเทียบความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยของทั้งสามเมืองนี้ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาจากผลรวมค่าดัชนีความเปราะบางจากทุกบริบท เมืองที่มีความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยสูงสุดเรียงตามลำดับไปจนถึงต่ำสุดได้แก่ เมืองเชียงใหม่ เมืองหาดใหญ่ และเมืองอุบลราชธานี และเมื่อพิจารณาแยกตามบริบท เมืองเชียงใหม่

มีค่าดัชนีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม เมืองหาดใหญ่ มีค่าดัชนีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านเศรฐกิจ ส่วนเมืองอุบลราชธานีมีค่าดัชนีความเปราะบางสูงสุดในบริบทด้านกายภาพ

ในจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณดัชนีความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยรวม 37 ตัวแปรพบว่า ตัวแปรที่มีผลทำให้ค่าความเปราะบางสูง 1) บริบทด้านสังคม ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษา ร้อยละของพื้นที่ที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมในพื้นที่ศึกษา ความสามารถของศูนย์อพยพที่มีอยู่ในปัจจุบัน 2) บริบทด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ การเตรียมความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานเมื่อประสบภัย ร้อยละของจำนวนโรงแรมที่อยู่ในเขตที่คาดว่าน้ำจะท่วมถึง 3) บริบทด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ร้อยละของขยะมูลฝอยชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ไม่ถูกนำไปกำจัด ร้อยละของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา และ 4) บริบทด้านกายภาพ ได้แก่ ความลาดชันโดยเฉลี่ยของภูมิประเทศ และ ความถี่ในการเกิดน้ำท่วม

ผลการศึกษานี้สามารถแสดงความเปราะบางของเมืองทั้งสามเปรียบเทียบกันได้ในระดับหนึ่งโดยใช้สมการดัชนีความเปราะบางที่พัฒนาขึ้นและตัวแปรที่เลือกใช้ซึ่งขึ้นอยู่กับชุดข้อมูลของตัวแปรที่มีอยู่และสามารถเข้าถึงได้ อย่างไรก็ตาม การประเมินความเปราะบางต่อการเกิดอุทกภัยของเมืองโดยใช้ดัชนีความเปราะบาง สามารถทำให้ละเอียดและสอดคล้องกับบริบทเชิงพื้นที่ได้มากขึ้นถ้ามีการเพิ่มตัวแปรที่เหมาะสมและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามอุปสรรคที่สำคัญคือข้อจำกัดทางข้อมูลและสารสนเทศรวมไปถึงการเข้าถึงได้ของข้อมูลดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการนี้ ได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ผ่านศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ และโครงการพัฒนาและประเมินดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองหาดใหญ่ จากคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีผลกระทบจากอุทกภัย.*

กัทลี คุรุกุล, และ กาญจนา นาคะภากร. (2557). การประเมินหาพื้นที่เปราะบางชายฝั่งโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ จังหวัดสมุทรสงคราม.*วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22*(6), 775-778.

กาญจนา ทองทั่ว, ชุติมา จันทรมณี, และอุทิศ ทาหอม. (2555). *ชุมชนกับการจัดการภัยพิบัติในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก.*

ชนิกา ไหล่แท้, สุวรรณา ประณีตวตกุล, และกัมปนาท วิจิตรศรีกมล. (2557). ดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่อความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกของประเทศไทย.*วารสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 35*(3), 432-446.

ทองเปลว กองจันทร์. (2554). *อุทกภัยในอำเภอหาดใหญ่.* กรมชลประทาน.

ธนิต เฉลิมยานนท์, ณัชยา แซ่เจิ้น, นันทิยา อินธนู, และ ฐิตินันท์ อินธนู. (2562). *การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.* คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สมนึก ชัชวาลย์. (2548). รายงานสถานการณ์และการแก้ไขน้ำท่วมเมืองเชียงใหม่ปี 2548. สู่สังคมสมานฉันท์, *การสัมมนาวิชาการประจำปี 2548.* โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้ จอมเทียน ชลบุรี

สัจจา บรรจงศิริ, บำเพ็ญ เขียวหวาน, ปาลีรัตน์ การดี, และ ชัยยุทธิ ชินณะราศี. (2557). แนวทางในการจัดการภัยพิบัติด้านน้ำท่วมที่เหมาะสมกับประเทศไทยโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน. *ประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน* (หน้า 548-558).

สำนักงานวัตนธรรมจังหวัดอุบลราชธานี (2564). *ข้อมูลสภาพภูมิศาสตร์.* http://province.m-culture.go.th /ubonratchathani/category_ ubon.php.

สุดา สุวรรณชาตรี. (2558). *โครงการพัฒนาและประเมินดัชนีชี้วัดความเปราะบางต่ออุทกภัยของเมืองหาดใหญ่.* คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สุธี อนันต์สุขสมศรี และ นิจ ตันติศิรินทร์. (2561). ความเปราะบางทางสังคมและการประเมินความเสี่ยงต่อภัยพิบัติของพื้นที่เมือง กรณีศึกษาเทศบาลนครอุดรธานี. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, 15* (1), 69-86.

Ahsan, M.N., & Warner, J. (2014). The pragmatic socioeconomic vulnerability index: A approach for assessing climate change led risks-A case study in the south-western coastal Bangladesh. *Disaster Risk Reduction, 8*, 32-49.

Balica, S.F., Douben, N., & Wright, N.G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science & Technology*, 60(10), 2571-2580.

Connor, R.F., & Hiroki, K. (2005). Development of a method for assessing flood vulnerability. *Water Science and Technology, 51*(5), 61-67.

Dumrongdachsopon, C., & Pumijumnong N. (2013). Assessment the vulnerability of environmental and natural resources in coastal area, Prachuap Khiri Khan province, *Thailand. Graduate Research Conference*, Khon Kaen University.

Ge, Y., Dou, W., Gu, Z., Qian, X., Wang, J., Xu, W., & Chen, Y. (2013). Assessment of social vulnerability to natural hazards in the Yangtze River Delta, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 27*(8), 1899-1908.

Hahn, M.B., Riederer, A, M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change - A case study in Mozambique. *Glob. Environ. Chang, 19*(1), 74-88.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Karmaoui, A., Balica, S.F., & Messouli, M. (2016) Analysis of applicability of flood vulnerability index in Pre-Saharan region, a pilot study to assess flood in Southern Morocco. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss*.

Krishnamurthy, P.K., Lewis, K., & Choularton, R.J. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25,121-132.

Pandey, R., & Jha, S. K. (2012). Climate vulnerability index-measure of climate change vulnerability to communities: a case of rural Lower Himalaya, India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 17*(5), 487-506.

Saaty, T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences, 1*(1), 83-98.

Sebald, C. (2010). *Towards an Integrated Flood Vulnerability Index- A Flood Vulnerability Assessment* [MSc thesis, Geo-Information Science and Earth Observation for Environmental Modeling and Management]. University of Twente.

Vincent, K. (2004). Creating an index of social vulnerability to climate change in Africa. *Tyndall Center for Climate Change Research. Working Paper, 56*.