การวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทย

Analysing the vulnerability of railway network in Thailand

ดรุณี ทองสุข[1] ภัทรศยา วราภิวัฒนพงศ์[1] ศิริยากรณ์ แกมขุนทด[1] รัฐพงศ์ มีสิทธิ์[1,*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี
*Corresponding author; E-mail address: ratthaphong.me@buu.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบขนส่งทางรางมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนสังคมและเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามการเกิดเหตุขัดข้อง (Disruption) บนโครงข่ายทางรถไฟ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากภัยพิบัติธรรมชาติยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญในการให้บริการระบบขนส่งทางราง บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์จุดเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟไทยอันเนื่องมาจากปัญหาอุทกภัย การศึกษาเป็นระดับมหภาค (Macroscopic level) โดยใช้วิธี Flow-based method ในการวิเคราะห์ผลกระทบของโครงข่ายทางรถไฟเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง และใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการวิเคราะห์หาโอกาสการเกิดอุทกภัยบนโครงข่ายทางรถไฟ ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางรถไฟในประเทศไทยที่มีความเปราะบางสูงสุด 10 อันดับแรกอยู่ในพื้นที่ภาคกลางและภาคกลางตอนบนซึ่งเป็นที่ลุ่มและเป็นที่รองรับน้ำจากภาคเหนือจึงทำให้ทางรถไฟในบริเวณนี้มีความเปราะบางจากอุทกภัยค่อนข้างมาก ผู้บริหารหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปจัดลำดับมาตรการและวางแผนงบประมาณเพื่อป้องกันการเกิดอุทกภัยบนโครงข่ายทางรถไฟ รวมถึงจัดการระบบขนส่งทางรางของประเทศไทยให้มีความยืดหยุ่น (Resilience) และมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) มากขึ้น

คำสำคัญ: โครงข่ายระบบราง, ความเปราะบาง, การเกิดเหตุขัดข้อง

Abstract

Rail transport plays an important role in driving society and the economy. However, disruptions on the railway network, especially natural disasters, remain a major obstacle to rail services. This article proposes a methodology for analysing the vulnerability of rail networks in the event of a flood. The method is developed based on a network flow-based model to predict the system performance during disruption and applies a Geographic Information System (GIS) to assess flood likelihood on the railway network. The study found that the top 10 most vulnerable railway links in Thailand are located in the central and upper central regions. Therefore, infrastructure managers and policy makers should particularly focus on these areas to create a suitable preventive strategy for enhancing the reliability and the resilience of the railway network in Thailand.

Keywords: Railway network, Vulnerability, Disruption.

1. คำนำ

ระบบขนส่งทางรางเป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมที่สำคัญในการพัฒนาสังคมและสนับสนุนการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ [1] อย่างไรก็ตาม การจะมีโครงข่ายระบบรางที่มีประสิทธิภาพนั้น นอกจากจะต้องมีการดำเนินการที่เหมาะสมและมีการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพแล้ว การรับมือกับเหตุการณ์ไม่คาดคิดต่าง ๆ (Incidents) เช่น การเกิดภัยพิบัติ ก็เป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโครงข่ายทางรถไฟในปัจจุบันที่เป็นโครงข่ายขนาดใหญ่ กระจายไปในทุก ๆ พื้นที่ (Dispersion) เช่น ในเมือง ในป่า ผ่านแม่น้ำ ผ่านภูเขา เป็นต้น ซึ่งในบางจุดการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานระบบรางอาจเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก เป็นอุปสรรคในการตรวจสอบและการดูแลรักษา ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้น (Disruption) อาจทำให้ต้องหยุดการให้บริการ ส่งผลให้ความน่าเชื่อถือของระบบขนส่งทางรางลดลง

โดยทั่วไปเหตุขัดข้องในระบบรางสามารถเกิดได้จาก 3 ปัจจัยหลัก คือ อุปกรณ์ชำรุด (Technical Factors) ภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Natural Factors) และเกิดจากน้ำมือมนุษย์ (Human Factors) [2] ปัจจัยเหล่านี้นอกจากจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการให้บริการแล้ว ยังทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างพื้นฐานระบบราง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหตุขัดข้องที่เกิดมาจากปัญหาอุทกภัย ที่มีความรุนแรงและส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อโครงข่ายทางรถไฟเป็นวงกว้าง ยกตัวอย่างเช่น สถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปี พ.ศ. 2562 ดังรูปที่ 1 ทำให้การเดินทางโดยรถไฟไปภาคใต้ได้รับผลกระทบ รถไฟหลายขบวนถูกยกเลิกการให้บริการ ถึงแม้จะมีการปรับแผนการเดินรถไฟให้มีเส้นทางที่สั้นลงเพื่อหลีกเลี่ยงจุดดังกล่าว อย่างไรก็ตามแผนฉุกเฉินเหล่านี้ก็ทำได้เพียงบรรเทาสถานการณ์ไม่ได้เป็นแนวทางป้องกันหรือเพิ่มความต้านทาน (Robustness) ของโครงสร้างทางรถไฟเพื่อไม่ให้ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมตั้งแต่แรก

บทความนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อศึกษาความเปราะบาง (Vulnerability) ของโครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทยอันเนื่องมาจากปัญหาอุทกภัย การศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่ปัญหาการเกิดอุทกภัย โดยจะใช้วิธี Flow based

model มาทำการวิเคราะห์หาผลกระทบต่อการให้บริการจากการเกิดอุทกภัย ณ ตำแหน่งที่สนใจ และใช้เทคนิคการซ้อนทับ (Overlay) ของระบบ

2.3.2 ความเปราะบาง

ความเปราะบาง (Vulnerability) คือ คุณลักษณะที่ตรงข้ามกับความคงทน หากเกิดเหตุขัดข้อง ระบบที่มีความเปราะบางมากจะได้รับผลกระทบมากกว่าระบบที่มีความเปราะบางน้อย โดยทั่วไปความเปราะบางจะสามารถคำนวณได้จากผลคูณของผลกระทบจากเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้น กับโอกาสที่จะเกิดเหตุขัดข้องนั้น ๆ [7] ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ ก. เป็นพื้นที่บริเวณลาดชัน มีรถไฟวิ่งผ่านบริเวณนั้น 10 ขบวนต่อวัน ซึ่งเป็นเส้นทางหลักเพียงเส้นเดียวที่ใช้สัญจรไปภาคใต้ และเมื่อมีฝนตกหนักทำให้เกิดดินถล่มทับทางรถไฟ ทำให้รถไฟไม่สามารถสัญจรผ่านเส้นทางนั้นได้ พื้นที่นั้นจึงมีความเปราะบางมาก ซึ่งจะแตกต่างจากพื้นที่ ข. เป็นพื้นที่ลาดชันเช่นกัน (โอกาสในการเกิดดินถล่มเท่ากัน) แต่มีรถไฟที่สัญจรผ่านเพียงแค่ 2 ขบวนต่อวัน ดังนั้นพื้นที่ ข. จึงมีความเปราะบางน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ ก. เพราะจะได้รับผลกระทบน้อยกว่าในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องขึ้น เป็นต้น

2.3.3 ความวิกฤติ

ความวิกฤต (Criticality) คือ ค่าที่เชื่อมโยงกับความเปราะบาง หากพื้นที่ไหนมีค่าความเปราะบางมาก บริเวณพื้นที่นั้นจะมีความวิกฤตมาก [6] โดยทั่วไปความวิกฤติจะถูกใช้เพื่อเรียงลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนในระบบเพื่อประโยชน์ในการวางแผนดูแลรักษา หรือการป้องกันให้ชิ้นส่วนที่สำคัญต่อระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2.3.4 ความสามารถในการกู้คืน

ความสามารถในการกู้คืน (Recoverability) คือ ความสามารถของระบบในการแก้ไข ซ่อมแซม หรือดำเนินการมาตรการเฉพาะหน้าเมื่อเกิดเหตุขัดข้องให้ระบบสามารถกลับมาทำงานเพื่อบรรเทาสถานการณ์หรือกลับมาดังเดิม โดยทั่วไปความสามารถของการกู้คืนจะขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อปัญหา ความเร็วในการกู้คืนหรือฟื้นตัว และการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด [8] ยกตัวอย่างรูปที่ 2 เมื่อเกิดเหตุขัดข้องในระบบ (T_2) จึงมีการวางมาตรการเฉพาะหน้ามาแก้ไข ฟื้นฟูระบบ (T_3) เพื่อให้ระบบกลับมาใช้งานได้ในระดับที่มีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้และเวลาต่อมาจึงจะพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ดีเยี่ยม

จะเห็นได้ว่าทฤษฎีดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความยืดหยุ่น (Resilience) ซึ่งถ้าหากระบบมีความยืดหยุ่นต่ำ จะแปรผันตรงกับความคงทน (Robustness) และความสามารถในการกู้คืน (Recoverability) แต่จะแปรผกผันกับความเปราะบาง (Vulnerability) บทความนี้นำทฤษฎีเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟไทยเนื่องจากการเกิดอุทกภัย ผู้บริหารหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปจัดลำดับมาตรการและวางแผนงบประมาณเพื่อป้องกันการเกิดอุทกภัยบนทางรถไฟ รวมถึงการพัฒนาระบบรางในประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายระบบขนส่งทางรางได้มีการดำเนินการและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ยกตัวอย่างเช่น Hong et al. (2015) ใช้ทฤษฎีโครงข่ายเพื่อศึกษาความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟในประเทศจีนเนื่องจากปัญหาอุทกภัย โดยสถานการณ์น้ำท่วมถูกจำลองขึ้นมาจากข้อมูลในอดีตเพื่อประเมินความเปราะบาง โดยมีตัวชี้วัดจาก จำนวนรถไฟที่ได้รับผลกระทบเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง หลังจากได้ทราบจุดเปราะบางบนโครงข่าย ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการเสนอแนะแนวทางในการซ่อมบำรุงเพื่อลดความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟในประเทศจีน [9]

Pant et al. (2016) ได้เสนอวิธีใหม่ในการประเมินผลกระทบของผู้โดยสารจากการเกิดเหตุขัดข้อง วิธีนี้ถูกนำไปใช้กับโครงข่ายทางรถไฟของประเทศอังกฤษ โดยได้มีการวิเคราะห์หาจุดเปราะบางของโครงข่ายอันเนื่องมาจากอุทกภัยด้วย โอกาสการเกิดอุกทกภัยในแต่ละพื้นที่ได้มาจากข้อมูลความเสี่ยงระยะยาวในการเกิดอุทกภัยของประเทศอังกฤษ[10] ล่าสุด Meesit and Andrews (2021) ได้เสนอแบบจำลองหาจุดเปราะบางในโครงข่ายทางรถไฟโดยใช้แบบจำลองจุลภาค (Microscopic model) โดยวิธีนี้สามารถใช้ประเมินค่าผลกระทบ เช่น ความล่าช้าของรถไฟ ความล่าช้าของผู้โดยสาร ได้อย่างถูกต้อง แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูง และใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ [11]

Neves et al. (2021) วิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟประเทศเนเธอร์แลนด์ในช่วงฤดูหนาว เพื่อระบุว่า Link ใดในโครงข่ายมีความวิกฤติต่อสภาพอากาศหนาวมากที่สุด ตัวชี้วัดในการศึกษาครั้งนี้ถูกพัฒนามาจากความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุขัดข้องของจุดสับรางบนช่วงทางรถไฟต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลในอดีตปี 2007 – 2017 การเลือกการทำงานของจุดสับรางเป็นตัวชี้วัดความเปราะบางเนื่องมาจากเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดในฤดูหนาว โดยคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 66% เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น ๆ [12]

Yin et al. (2022) ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรวบรวมข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อสร้างฐานข้อมูลการเกิดภัยพิบัติทางธรณี เช่น แผ่นดินไหว การทรุด ดินถล่ม เป็นต้น จากนั้นฐานข้อมูลที่ได้จึงถูกนำไปซ้อนทับกับข้อมูลเส้นทางรถไฟในประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางรถไฟที่มีความเปราะบางมากที่สุด ได้แก่ ในภาคตะวันตกเฉียงใต้: เส้นทางเสฉวน-กุ้ยโจว เฉิงตู-คุนหมิง และเฉิงตู-กุ้ยหยาง ในภาคตะวันตกเฉียงเหนือ: เส้นทางหลานโจว-อุรุมชี และซินเจียง สุดท้ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: เส้นทางปักกิ่ง-ฮาร์บินและรถไฟฮาร์บิน-หมันโจว ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีการเตรียมพร้อมรับมือเหตุขัดข้องจากธรณีพิบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นบนเส้นทางรถไฟเหล่านี้ [13]

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นพบว่าโดยส่วนมากการหาจุดเปราะบางบนโครงข่ายทางรถไฟส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยในต่างประเทศ ยังมีการวิจัยในลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นน้อยในประเทศไทย ซึ่งทั้งที่โดยลักษณะทางภูมิศาสตร์แล้วประเทศไทยเป็นประเทศที่เกิดภัยธรรมชาติอยู่บ่อยครั้ง ดังนั้นการวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟอันเนื่องมาจากปัญหาอุกภัยจึงน่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวางแผนพัฒนาระบบขนส่งทางรางให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แนวโน้มของการวิจัยในเรื่องนี้เริ่มมีการนำระบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic

Information System : GIS) มาประยุกต์ใช้มากขึ้น ด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ระบบนี้มาทำการวิเคราะห์โอกาสในการเกิดอุทกภัยบนทางรถไฟในประเทศไทยเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3. การดำเนินงาน

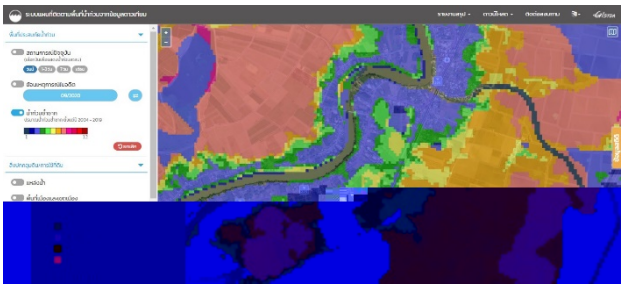
3.1 ข้อมูลในการวิเคราะห์ความเปราะบาง

3.1.1 ข้อมูลเกี่ยวข้องกับโครงข่ายทางรถไฟ

ข้อมูลโครงข่ายทางรถไฟประกอบไปด้วย สายทางที่ให้บริการในปัจจุบัน ตำแหน่งสถานี ตารางการเดินรถไฟ ประเภทของขบวนรถไฟที่ให้บริการ และ อัตราค่าโดยสาร ข้อมูลเหล่านี้ถูกรวบรวมมาจากเว็บไซต์ของการรถไฟแห่งประเทศไทย เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบจากเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่บนโครงข่ายทางรถไฟ

3.1.2 ข้อมูลโอกาสการเกิดอุทกภัยบนโครงข่ายทางรถไฟ

ข้อมูลโอกาสการเกิดอุทกภัยบนโครงข่ายทางรถไฟถูกเก็บรวบรวมมาจากระบบแผนที่ติดตามพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจากข้อมูลดาวเทียมของ GISTDA (รูปที่ 3) โดยข้อมูลนี้จะมีแถบสีระบุความเสี่ยงของอุทกภัยในแต่ละพื้นที่กำกับไว้ในช่วงระดับ 1 – 12 เริ่มจากสีน้ำเงิน (ระดับ 1) หมายถึงโอกาสในการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากมีน้อย จากนั้นไล่เฉดสีไปจนถึงสีแดงเข้ม (ระดับ 12) ซึ่งหมายถึง มีโอกาสเกิดน้ำท่วมซ้ำซากทุกปี ข้อมูลแผนที่น้ำท่วมนี้ถูกนำมาซ้อนทับ (Overlay) กับข้อมูลโครงข่ายทางรถไฟ จากนั้นจึงเป็นการพิจารณาว่าทางรถไฟแต่ละช่วง (สถานีถึงสถานี, Link) มีการซ้อนทับกับความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยระดับไหนบ้าง ระดับความเสี่ยงที่ซ้อนทับกันอยู่บนทางรถไฟจะถูกบันทึกและนำไปคำนวนหาค่าเฉลี่ยของโอกาสการเกิดน้ำท่วมบนทางรถไฟ (O_{AVG}) เพื่อวิเคราะห์ความเปราะบางต่อไป



รูปที่ 3 ระบบแผนที่ติดตามพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากจากข้อมูลดาวเทียม
(ที่มา: www.floodv2.gistda.or.th)

3.2 การประเมินความเปราะบางของทางรถไฟเนื่องจากปัญหาอุทกภัย

การประเมินความเปราะบางของทางรถไฟเนื่องจากปัญหาอุทกภัยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การจำลองการเกิดเหตุขัดข้องบนทางรถไฟ การวิเคราะห์ผลกระทบจากเหตุขัดข้อง และการคำนวณค่าความเปราะบาง ทั้งสามขั้นตอนสามารถอธิบายในรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

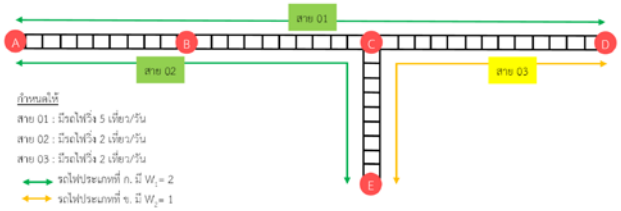
3.2.1 จำลองการเกิดเหตุขัดข้องบนทางรถไฟ

การจำลองการเกิดเหตุขัดข้อง คือ การสมมุติสถานการณ์น้ำท่วมบนทางรถไฟซึ่งส่งผลให้ทางรถไฟนั้นไม่สามารถใช้การได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ทางรถไฟแต่ละช่วง (Link) จะถูกสมมติให้มีเหตุขัดข้องเกิดขึ้นทีละครั้งเพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากทางรถไฟช่วงนั้นไม่สามารถให้บริการได้เป็นระยะเวลา 1 วัน

3.2.2 วิเคราะห์ผลกระทบจากเหตุขัดข้อง

การวิเคราะห์ผลกระทบเมื่อเกิดเหตุขัดข้องบนทางรถไฟสามารถอธิบายได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 4 ซึ่งเป็นโครงข่ายทางรถไฟที่ประกอบไปด้วย 5 สถานี มีรถไฟให้บริการทั้งหมด 3 สาย ได้แก่ สาย 01, 02 และ 03 เส้นทางสาย 01 เป็นรถไฟประเภท ก. ต้นทางที่สถานี A วิ่งผ่านสถานี B และ C โดยมีปลายทางที่สถานี D เส้นทางสาย 02 เป็นรถไฟประเภท ก. เช่นเดียวกับสาย 01 และมีเส้นทางวิ่งที่คล้ายกัน แตกต่างกันเพียงแค่สถานีปลายทางที่เป็นสถานี E เส้นทางสุดท้าย คือ สาย 03 เป็นรถไฟประเภท ข. ต้นทางที่สถานี D ผ่านสถานี C และมีปลายทางที่สถานี E ในกรณีนี้ถ้าสมมติให้มีเหตุขัดข้องบนช่วงสถานี A และ B (AB) รถไฟ 7 เที่ยว จะได้รับผลกระทบประกอบด้วย 5 เที่ยว (n_1) จากสาย 01 และ 2 เที่ยว (n_2) จากสาย 02 ในที่นี้การให้บริการของรถไฟทั้งสองสายทางเป็นประเภทเดียวกัน คือ ประเภท ก. ที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญ (W_1 และ W_2) เท่ากับ 2 ดังนั้นค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมด (P) จะสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) นั้นคือเท่ากับ 14 เป็นต้น ผลกระทบในกรณีที่แต่ละช่วงทางรถไฟของทั้งโครงข่ายเกิดเหตุขัดข้องจะถูกคำนวนโดยใช้วิธีนี้

$$P = W_1 n_1 + W_2 n_2 + \ldots W_i n_i \quad (1)$$



รูปที่ 4 ตัวอย่างโครงข่ายทางรถไฟอย่างง่าย

3.2.3 คำนวณค่าความเปราะบาง

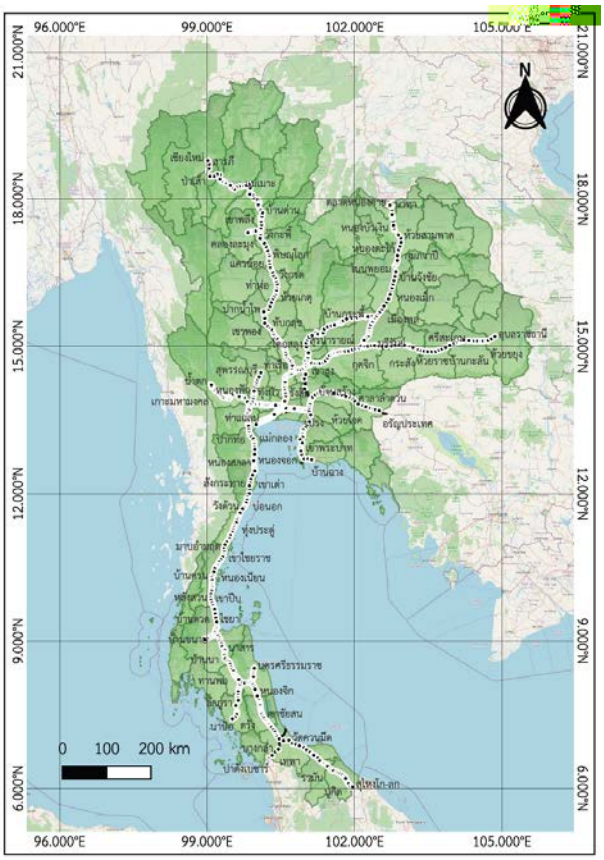
ความเปราะบางของช่วงทางรถไฟแต่ละช่วง (V) สามารถคำนวณได้จากผลคูณของผลกระทบที่เกิดขึ้น (P) กับโอกาสการเกิดอุทกภัยเฉลี่ยบนช่วงทางรถไฟนั้น ๆ (O_{AVG}) ดังสมการที่ (2) ยกตัวอย่างสืบเนื่องจากหัวข้อ 3.2.2 ถ้าสมมติให้ช่วงทางรถไฟ AB มีค่าระดับโอกาสการเกิดอุทกภัยเฉลี่ยอยู่ที่ 5.2 ดังนั้น ค่าความเปราะบางของช่วงทางรถไฟนี้คือ 14 × 5.2 = 72.8 เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ค่าความเปราะบางของช่วงทางรถไฟทุกช่วงในโครงข่ายจะถูกคำนวนและจัดเรียงจากมากไปน้อยเพื่อหาลำดับความวิกฤติที่สามารถนำไปประยุกต์จัดทำกลยุทธ์หรือข้อเสนอแนะปรับปรุงโครงข่ายทางรถไฟไทยให้มีความยืดหยุ่น (Resilience) เพิ่มมากขึ้น

$$V = P \times O_{AVG} \quad (2)$$

4. ผลการศึกษา

4.1 โครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทย

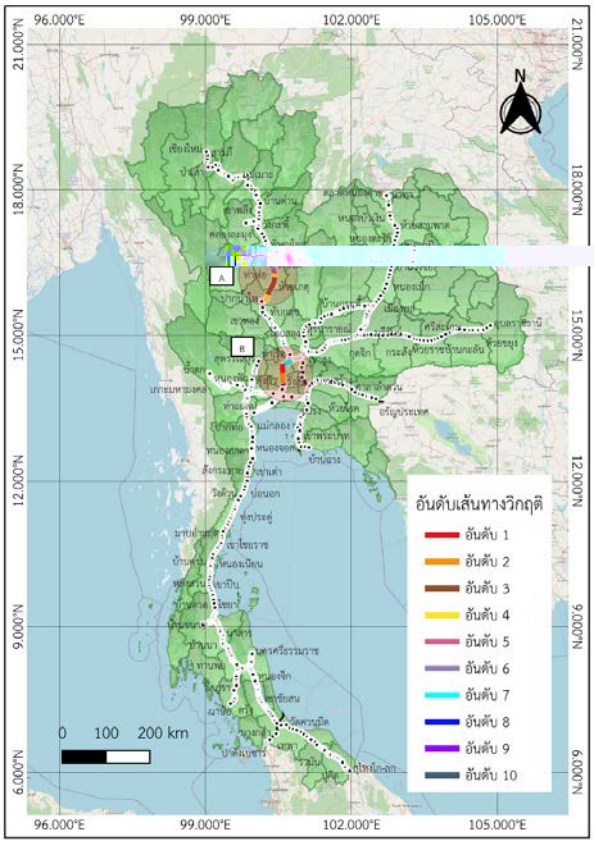
ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงข่ายทางรถไฟที่เปิดการเดินรถมีระยะทางครอบคลุมพื้นที่บริการกว่า 47 จังหวัด โดยสามารถแบ่งออกเป็นทางเดี่ยว ระยะทาง 3,687 กิโลเมตร (ร้อยละ 91) ทางคู่ระยะทาง 250 กิโลเมตร (ร้อยละ 6) และทางสามระยะทาง 107 กิโลเมตร (ร้อยละ 3) แยกตามภูมิภาคต่าง ๆ ได้แก่ สายเหนือ 781 กิโลเมตร สายตะวันออกเฉียงเหนือ 1,094 กิโลเมตร สายตะวันออก 534 กิโลเมตร สายใต้ 1,570 กิโลเมตร และสายแม่กลอง 65 กิโลเมตร [14] ดังรูปที่ 5 บนโครงข่ายมีสถานีรถไฟและจุดหยุดรถที่เปิดให้บริการมากกว่า 600 สถานี ซึ่งประกอบด้วยสถานีรับส่งผู้โดยสารและขนส่งสินค้า และมีขบวนรถไฟที่ให้บริการในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ประกอบด้วย ขบวนรถด่วนพิเศษ CNR (Special Express: CNR) ขบวนรถด่วนพิเศษ (Special Express) ขบวนรถด่วน (Express) ขบวนรถเร็ว (Rapid) ขบวนรถธรรมดา (Ordinary) ขบวนรถชานเมือง (Commuter) และขบวนรถท้องถิ่น (Local) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้อัตราค่าธรรมเนียมของขบวนรถไฟแต่ละประเภทถูกนำมาพิจารณาเป็นค่าน้ำหนักความสำคัญในการคำนวนผลกระทบ ในรายละเอียดค่าน้ำหนักความสำคัญของรถด่วนพิเศษ CNR จะถูกตั้งให้เท่ากับ 1 จากนั้นค่าน้ำหนักความสำคัญของรถไฟประเภทอื่น ๆ จะลดลงตามสัดส่วนอัตราค่าธรรมเนียมของขบวนรถไฟแต่ละประเภทเทียบกับอัตราค่าธรรมเนียมของ CNR ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 5 โครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทย

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟไทย

จากการผลวิเคราะห์ความเปราะบางของโครงข่ายทางรถไฟไทยจากปัญหาอุทกภัย พบว่าเส้นทางรถไฟในแต่ละสายทางมีผลกระทบจากเหตุขัดข้องและมีความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วมแตกต่างกัน สืบเนื่องจากปัจจัยหลักคือการให้บริการรถไฟในแต่ละสายทางและลักษณะภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่จึงทำให้เส้นทางรถไฟต่าง ๆ มีความเปราะบางที่ไม่เท่ากัน ช่วงเส้นทาง (Link) ที่มีความเปราะบางสูงสุดเนื่องจากปัญหาอุทกภัย 10 อันดับแรกสามารถดูได้ในรูปที่ 6 และตารางที่ 2 โดยพบว่าช่วงเส้นทางเปราะบางส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ภาคกลาง (รูปที่ 8) และภาคกลางตอนบน (รูปที่ 7) ซึ่งเป็นที่ลุ่มและเป็นที่รองรับน้ำจากภาคเหนือจึงทำให้ทางรถไฟในบริเวณนี้มีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากอุทกภัยค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามเมื่อมองในรายละเอียดทางรถไฟบริเวณช่วงรังสิตถึงอยุธยาดูเหมือนจะเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางมากที่ที่สุด นี่ก็เพราะว่าถึงแม้ทางรถไฟช่วงนี้จะมีโอกาสในการเกิดน้ำท่วมซ้ำซากน้อยกว่าบริเวณภาคกลางตอนบน อย่างไรก็ตามทางรถไฟในช่วงนี้ก็มีรถไฟให้บริการที่มากกว่า ถ้าเกิดเหตุขัดข้องขึ้นจะกระทบต่อการให้บริการรถไฟทั้งภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่งผลเสียต่อการเดินทางของผู้คนจำนวนมาก



รูปที่ 6 ช่วงทางรถไฟที่มีความเปราะบางสูงสุด 10 อันดับ

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักความสำคัญของประเภทขบวนรถไฟ

ประเภทขบวนรถไฟ	ค่าธรรมเนียม (บาท)	W
รถด่วนพิเศษ CNR	250	1.00
รถด่วนพิเศษ	180	0.72
รถด่วน	150	0.60
รถเร็ว	110	0.44
รถธรรมดา	50	0.20
รถชานเมือง	30	0.12
รถท้องถิ่น	20	0.08

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักความสำคัญของประเภทขบวนรถไฟ

ลำดับ	ช่วงทางรถไฟ (Link)		V
1	บ้านโพ	อยุธยา	76.00
2	เชียงราก	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	75.80
	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	นวนคร	75.80
	นวนคร	เชียงรากน้อย	75.80
	เชียงรากน้อย	คลองพุทรา	75.80
	คลองพุทรา	บางปะอิน	75.80
3	ชุมแสง	วังกร่าง	73.48
	วังกร่าง	บางมูลนาก	73.48
	บางมูลนาก	หอไกร	73.48
	หอไกร	ดงตะขบ	73.48
4	ทับกฤช	คลองปลากด	66.80
	คลองปลากด	ชุมแสง	66.80
	ดงตะขบ	ตะพานหิน	66.80
5	ตะพานหิน	ห้วยเกตุ	65.80
6	วังกรด	พิจิตร	64.80

รูปที่ 7 ช่วงทางรถไฟบริเวณโซน A

รูปที่ 8 ช่วงทางรถไฟบริเวณโซน B

พิจารณาเพิ่มเติมไปถึงรายละเอียดเกี่ยวกับระดับความรุนแรงของน้ำท่วม เช่น ระดับความสูงของน้ำท่วม ระยะเวลาในการเกิดน้ำท่วม เป็นต้น และการรับมือในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้อง เช่น การใช้มาตรการฉุกเฉินต่าง ๆ ในการเดินรถไฟ เป็นต้น เพื่อให้ได้การประมาณค่าผลกระทบที่เสมือนจริงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จเสร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบคุณการรถไฟแห่งประเทศไทย และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาสและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) GISTDA ที่อนุเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการศึกษาครั้งนี้ สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น คณะผู้จัดทำขอน้อมรับคำติชมและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาบทความนี้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงคมนาคม [online], (2020). Available from: http://www.mot.go.th/about.html?id=13 [Accessed 3 May 2020].

[2] Tang, J., Xu, L., Luo, C., & Ng, T. S. A. (2021). Multi-disruption resilience assessment of rail transit systems with optimized commuter flows. *Reliability Engineering and System Safety*, 214, 107715.

[3] Barker, K., Ramirez-Marquez, J.E., and Rocco, C.M. (2013). Resilience-based network component importance measures. *Reliability Engineering & System Safety*, 117, pp.89–97.

[4] KANG Shian Chin, Yau, P.E., Wah, S.K., and Khiang, P.C., (2016). Framework for managing system-of-systems ilities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 426, pp. 31–43.

[5] Windle, G., (2011). What is resilience? A review and concept analysis. *Reviews in Clinical Gerontology*, 21 (2), pp.152–169.

[6] Omer, M. (2013). Resilience Of Networked Infrastructure Systems: Analysis and Measurement. Singapore: World Scientific Publishing Company.

[7] Proag, V., (2014). The Concept of Vulnerability and Resilience. *Procedia Economics and Finance*, 18, pp. 369–376.

[8] Platt, S., Brown, D., and Hughes, M. (2016). Measuring resilience and recovery. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 447–460.

[9] Hong, L., Ouyang, M., Peeta, S., He, X., and Yan, Y. (2015). Vulnerability assessment and mitigation for the Chinese railway system under floods. *Reliability Engineering and System Safety*, 137, pp.58–68.

[10] Pant, R., Hall, J.W., and Blainey, S.P. (2016). Vulnerability assessment framework for interdependent critical infrastructures: Case-study for Great Britain's rail network. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 16 (1), pp.174–194.

[11] Meesit R, Andrews J. (2021). Ranking the critical sections of railway networks. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit,* 235, pp.361-376.

[12] Neves, D. V. A., Geurs, K. T., Puello, L. L. P., Lindhout, E., & Zanen, M. (2021). A vulnerability analysis of rail network disruptions during winter weather in the netherlands. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 21(2), pp.19–40.

[13] Yin, L., Zhu, J., Li, W., & Wang, J. (2022). Vulnerability Analysis of Geographical Railway Network under Geological Hazard in China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(6), 342.

[14] การรถไฟแห่งประเทศไทย (2562). Complete guide to SRT 4.0. วารสารรถไฟสัมพันธ์, หน้า 10.