



แนวทางการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในระบบเตือนภัย แผ่นดินไหว: กรณีศึกษาจากต่างประเทศและ แนวทางการปรับใช้ในประเทศไทย

Enhancing Community Participation in Earthquake Early Warning Systems: Case Studies from Selected Countries and Implications for Thailand

ศุภาเทพ พงศ์ทอง¹, พรสิริ ชาติปรีชา² และ ชุตินารัฐ อุตมะสิริเสนี³

วันรับ: 7 ตุลาคม 2568 วันแก้ไข: 29 ตุลาคม 2568 ยอมรับ: 21 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวในประเทศที่ประสบภัยพิบัติมีความก้าวหน้าในการเตือนภัย ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน เม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพโดยมีแนวทางการศึกษาเชิงเปรียบเทียบจากเอกสารวิชาการและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแต่ละประเทศมีจุดเด่นเฉพาะด้าน ทั้งในเรื่องโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีการตรวจวัด ช่องทางการแจ้งเตือน และการมีส่วนร่วมของชุมชน ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกามีระบบที่เชื่อมโยงกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ ส่วนไต้หวันและเม็กซิโกให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมระดับท้องถิ่น ผลการศึกษาชี้ว่าการออกแบบระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพควรอยู่บนพื้นฐานของความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เทคโนโลยี และประชาชน บทความเสนอแนวทางเชิงนโยบาย เทคโนโลยีชุมชน และวิชาการ เพื่อประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทยอย่างเหมาะสม บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยไม่ลอกเลียนแบบจากต่างประเทศโดยตรง

คำสำคัญ: ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว, การศึกษาเปรียบเทียบ, การมีส่วนร่วมของชุมชน, นโยบายภัยพิบัติ, การจัดการความเสี่ยง

¹ นักวิจัยอิสระ (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

² อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ อาจารย์ประจำหลักสูตรการตลาดและการสร้างแบรนด์ในยุคดิจิทัล, วิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

Abstract

This article aims to examine earthquake early warning systems in advanced countries—namely Japan, Taiwan, Mexico, and the United States—using a comparative study approach based on academic documents and expert interviews. The findings reveal that each country has distinctive strengths in infrastructure, detection technology, alert communication, and community engagement. Japan and the U.S. demonstrate technological sophistication, while Taiwan and Mexico highlight grassroots participation. The study indicates that an effective early warning system requires integrated collaboration among the government, technological infrastructure, and citizens. The paper proposes practical recommendations in four dimensions—policy, technology, community, and academia—suitable for adaptation in the Thai context rather than direct replication from abroad.

Keywords: Earthquake Early Warning System, Comparative Study, Community Participation, Disaster Policy, Risk Management

1. บทนำ

แผ่นดินไหวเป็นภัยธรรมชาติที่มีความไม่แน่นอนสูงและเกิดขึ้นได้โดยไม่สามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้าอย่างแม่นยำ ส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจ และโครงสร้างพื้นฐานของประเทศอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในเขตเปลือกโลกที่มีความเคลื่อนไหวรุนแรง เช่น วงแหวนไฟแปซิฟิก (Pacific Ring of Fire) (USGS, 2022) ประเทศไทยแม้จะไม่ได้อยู่ในเขตแผ่นดินไหวหลักของโลก แต่ก็มีพื้นที่บางส่วน โดยเฉพาะภาคเหนือและตะวันตก ที่อยู่ในแนวรอยเลื่อนมีพลัง เช่น รอยเลื่อนแม่จัน รอยเลื่อนแม่ทา และรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในระดับปานกลางถึงรุนแรง (กรมทรัพยากรธรณี, 2566)

อย่างไรก็ตาม ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทยยังอยู่ในระยะเริ่มต้นและมีข้อจำกัดหลายประการ ทั้งในด้านความครอบคลุมของสถานีตรวจวัด ความเร็วในการแจ้งเตือน และการเข้าถึงข้อมูลของประชาชนเมื่อเทียบกับประเทศที่มีระบบเตือนภัยก้าวหน้า เช่น ญี่ปุ่นและไต้หวัน ประเทศเหล่านี้มีประสบการณ์ตรงจากภัยพิบัติรุนแรงและได้พัฒนาเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถแจ้งเตือนได้ภายในไม่กี่วินาทีหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ระบบ EEW (Earthquake Early Warning) ของญี่ปุ่น และระบบเตือนภัยที่เชื่อมโยงกับชุมชนในไต้หวัน (Kamigaichi, 2004; Wu et al., 2013)

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบการศึกษาระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวของประเทศต่าง ๆ ที่มีความก้าวหน้า เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญ อาทิ โครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีการตรวจวัด ความร่วมมือของหน่วยงานภาครัฐ และบทบาทของประชาชน รวมถึงการประเมินความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทย โดยให้ความสำคัญกับการปรับตัวทั้งในเชิงนโยบาย การพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐาน และการสร้างความตระหนักรู้ในระดับชุมชน เพื่อส่งเสริมการเตรียมพร้อมรับมือกับภัยแผ่นดินไหวอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยนำการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นหลักในการหาแนวทางการพัฒนาไปสู่การเตือนภัยภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทยที่มีความก้าวหน้าในการเตือนภัย อาทิ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ไต้หวัน และเม็กซิโก
2. เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักของระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวในแต่ละประเทศ เช่น เทคโนโลยีที่ใช้ โครงสร้างพื้นฐาน และกลไกการแจ้งเตือน



3. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย ทั้งในด้านการนโยบาย เทคโนโลยี การมีส่วนร่วมของภาคประชาชน และชุมชน

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

3.1 แนวคิดเกี่ยวกับระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early Warning System – EWS)

ระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early Warning System: EWS) หมายถึงกระบวนการที่ประกอบด้วยการตรวจจับ วิเคราะห์ คาดการณ์ และเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถตอบสนองได้อย่างทันท่วงที (UNISDR, 2006) ระบบ EWS ที่มีประสิทธิภาพควรประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ การตรวจจับและเฝ้าระวังภัย การวิเคราะห์และพยากรณ์ การเผยแพร่ข้อมูลเตือนภัย และการเตรียมความพร้อมของประชาชนและชุมชน (Basher, 2006)

3.2 ทฤษฎีการบริหารจัดการภัยพิบัติ (Disaster Risk Reduction – DRR)

แนวคิดการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ (Disaster Risk Reduction: DRR) เน้นการลดความเปราะบางของชุมชนผ่านการวางแผน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนอย่างยั่งยืน (UNDRR, 2015) การพัฒนา EWS ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งในการขับเคลื่อน DRR เพราะช่วยลดผลกระทบของภัยพิบัติผ่านการแจ้งเตือนล่วงหน้าและการตอบสนองที่รวดเร็ว ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยทั้งนโยบาย เทคโนโลยี และความร่วมมือระดับท้องถิ่นถึงระดับชาติ

3.3 ระบบการเตือนภัยอัตโนมัติ และบทบาทของเทคโนโลยี

การพัฒนาระบบเตือนภัยในยุคปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามามีบทบาทสำคัญ อาทิ เซนเซอร์ตรวจวัดแรงสั่นสะเทือน ระบบ IoT (Internet of Things) ที่เชื่อมโยงสถานีตรวจวัดเข้ากับระบบวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ รวมถึง AI ที่ช่วยวิเคราะห์รูปแบบของคลื่นแผ่นดินไหวเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการแจ้งเตือน (Allen & Melgar, 2019) เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยลดระยะเวลาการแจ้งเตือนลงเหลือเพียงไม่กี่วินาทีหลังเกิดแผ่นดินไหว ทำให้สามารถป้องกันความเสียหายและลดการสูญเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 การศึกษาเปรียบเทียบระบบเตือนภัยในประเทศต่าง ๆ

ญี่ปุ่น เป็นมีการก่อตั้งองค์การอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น (Japan Meteorological Agency: JMA) ได้พัฒนาระบบ Earthquake Early Warning (EEW) ที่สามารถแจ้งเตือนประชาชนได้ภายในไม่กี่วินาทีผ่านทางโทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ และระบบสาธารณะต่าง ๆ โดยใช้เครือข่ายเซนเซอร์กว่า 1,000 จุดทั่วประเทศ (Kamigaichi, 2004) ระบบนี้เน้นการตรวจจับ P-wave เพื่อแจ้งเตือนก่อนที่ S-wave ซึ่งสร้างความเสียหายจะมาถึง

ไต้หวัน มีระบบเตือนภัยของไต้หวันเน้นการเชื่อมโยงกับโรงเรียนและชุมชนผ่านการติดตั้งเซนเซอร์ในพื้นที่เสี่ยงและใช้แอปพลิเคชันในมือถือส่งสัญญาณเตือนภัยให้ประชาชน ระบบดังกล่าวยังสนับสนุนการฝึกซ้อมจำลองสถานการณ์อย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างการรับรู้และการตอบสนองที่เหมาะสม (Wu et al., 2013)

เม็กซิโก มีระบบ SASMEX (Seismic Alert System of Mexico) ใช้สัญญาณวิทยุในการแจ้งเตือน โดยเน้นพื้นที่เมืองใหญ่ เช่น เม็กซิโกซิตี ซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ทำให้มีเวลาหลบภัยประมาณ 20–60 วินาที (Espinosa-Aranda et al., 2009)

สหรัฐอเมริกา มีระบบ Shake Alert พัฒนาโดย United States Geological Survey (USGS) ใช้เครือข่ายของสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวในรัฐแคลิฟอร์เนีย วอชิงตัน และโอเรกอน เชื่อมโยงกับแอปมือถือ ระบบรถไฟ และโรงพยาบาล เพื่อการตอบสนองอัตโนมัติและทันท่วงที (Given et al., 2018)



ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบในแต่ละประเทศ

ประเทศ	ข้อดี	ข้อจำกัด
ญี่ปุ่น	ระบบครอบคลุมทั่วประเทศ, การแจ้งเตือนรวดเร็ว	ต้องการโครงสร้างพื้นฐานซับซ้อน
ไต้หวัน	เชื่อมโยงกับชุมชน, มีแอปมือถือ	ครอบคลุมบางพื้นที่ยังไม่ทั่วถึง
เม็กซิโก	แจ้งเตือนได้หลายสิบวินาที ก่อนคลื่นถึง	พึ่งพาสัญญาณวิทยุ, มีความล่าช้าในบางพื้นที่
สหรัฐอเมริกา	มีระบบเชื่อมโยงกับบริการฉุกเฉิน	ยังไม่ครอบคลุมทั่วประเทศ, ต้องใช้งบประมาณสูง

3.5 แนวคิดและทฤษฎีการมีส่วนร่วม

ทฤษฎีการมีส่วนร่วม (Theory of Participation) เป็นแนวคิดที่สำคัญในการพัฒนาสังคม การบริหาร และการจัดการโครงการ โดยมุ่งเน้นให้ผู้คนที่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือได้รับผลกระทบจากเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เข้ามามีบทบาทในกระบวนการตัดสินใจและการดำเนินงาน

3.5.1 แนวคิดการมีส่วนร่วมตามทฤษฎีของ Cohen and Uphoff (1977/1981)

โคเฮนและอัฟฮอฟมองว่าการมีส่วนร่วมเป็นกระบวนการที่มีหลายมิติและสามารถวัดผลได้ โดยกำหนดองค์ประกอบหลัก 4 ด้านที่สมาชิกในชุมชนควรเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง:

1. การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ (Decision-making): การที่ประชาชนมีส่วนร่วมในการพิจารณาว่าควรทำอะไรและจะอย่างไร
2. การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน/ปฏิบัติ (Implementation): การลงมือปฏิบัติตามที่ได้ตัดสินใจไว้ รวมถึงการเสียสละทรัพยากรต่างๆ
3. การมีส่วนร่วมในการได้รับผลประโยชน์ (Benefits): การแบ่งปันผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานหรือโครงการอย่างเป็นธรรม
4. การมีส่วนร่วมในการประเมินผล (Evaluation): การร่วมกันติดตามและประเมินผลการดำเนินงานหรือโครงการ

3.5.2 แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Public Participation Approach for Sustainable Community Development)

แนวคิดนี้เน้นถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมในการสร้างชุมชนเข้มแข็งและยั่งยืน โดยมีปัจจัยสำคัญ ได้แก่

1. ทักษะการพึ่งพาตนเองและความร่วมมือ: ชุมชนต้องมีทัศนคติที่ดีในการพึ่งพาตนเองและทำงานร่วมกัน แทนที่จะรอพึ่งพาหน่วยงานภายนอกเพียงอย่างเดียว
2. การเรียนรู้และการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง: การเรียนรู้ร่วมกันผ่าน การปฏิบัติจริงอย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับตัวและแก้ไขปัญหา
3. การสร้างเครือข่าย: การเชื่อมโยงความสัมพันธ์และสร้างเครือข่ายระหว่างกลุ่มต่างๆ ในชุมชนและภายนอกช่วยเพิ่มพลังในการขับเคลื่อน

3.5.3 แนวคิดระดับขั้นของการมีส่วนร่วม (Ladder of Participation) ของ Arnstein (1969)

เซอร์รี อาร์นสไตน์ เสนอแนวคิดที่แสดงถึงระดับความเข้มข้นของการมีส่วนร่วมในรูปแบบ "ขั้นบันได" ซึ่งมีตั้งแต่ระดับต่ำสุดไปจนถึงสูงสุด โดยแบ่งออกเป็น 8 ขั้น (สามารถสรุปเป็น 3 ประเภท ดังนี้



1. ไม่ใช่การมีส่วนร่วมที่แท้จริง (non-participation): เป็นเพียงการหลอกลวง (Manipulation) หรือการจัดฉาก (Therapy) เพื่อให้ดูเหมือนมีการมีส่วนร่วม แต่ประชาชนไม่มีอำนาจตัดสินใจจริง
 2. การมีส่วนร่วมเชิงสัญลักษณ์ (Tokenism): เช่น การแจ้งข้อมูล (Informing) การรับฟังความคิดเห็น (Consultation) หรือการสร้างความพึงพอใจ (Placation) ซึ่งประชาชนได้รับทราบข้อมูลหรือแสดงความคิดเห็นได้ แต่ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจหลัก
 3. อำนาจของพลเมืองที่แท้จริง (Citizen Power): เป็นระดับที่มีการกระจายอำนาจให้ประชาชนสามารถควบคุมและตัดสินใจได้จริง เช่น การเป็นหุ้นส่วน (Partnership) การมอบอำนาจ (Delegated Power) และการควบคุมโดยพลเมือง (Citizen Control) ซึ่งเป็นการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงที่ความคิดเห็นของประชาชนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโดยสรุปแล้ว ทฤษฎีการมีส่วนร่วมเน้นย้ำถึงความสำคัญของการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้ามามีบทบาทในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การวางแผนไปจนถึงการประเมินผล เพื่อให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของ มีความรับผิดชอบร่วมกัน และนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ยั่งยืนและเป็นธรรมมากขึ้น
- โดยการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำเสนอแนวทางและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วมของชุมชนและสังคมไทยได้เป็นอย่างดี แต่อาจจะต้องเปรียบเทียบกับภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ประชาชนและชุมชนพบได้บ่อยกว่าแผ่นดินไหว อาทิ อุทกภัย หรือไฟป่า ที่จะเห็นได้ว่า ประชาชนและชุมชนที่เคยได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติจะตระหนักรู้ถึงความเสียหาย ปัญหา และผลกระทบที่ได้รับจากภัยพิบัติ โดยจะมีประสบการณ์และการป้องกันภัยพิบัติส่วนตัว และการติดตามข่าวจากภาครัฐและแหล่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งภัยพิบัติที่สามารถเกิดได้ทุกปี เช่น อุทกภัยที่แผ่ขยายวงกว้างและระยะเวลายาวนาน และส่งผลกระทบหนักมากขึ้นจากภาวะโลกร้อน (Global Boiling) ซึ่งทวีความรุนแรงกว่าภาวะโลกร้อน (Global warming) และมีการสร้างสื่อออนไลน์ เพจ และการรวมกลุ่มเพื่อสื่อสารข้อมูล การเตือนภัย และการช่วยเหลือ ผ่านกลุ่มสังคมออนไลน์ มูลนิธิ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้กับปรากฏการณ์แผ่นดินไหวได้เป็นอย่างดี แต่ยังมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบและความเสียหายไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ในประเทศไทยมากนัก จึงอาจทำให้การมีส่วนร่วมยังไปปรากฏชัดเท่าภัยพิบัติอื่น แต่นับว่ามีขบวนการเคลื่อนไหวทางสังคมที่น่าสนใจ พร้อมกับการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาใช้อย่างเป็นระบบ เช่น การเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือ (Cell Broadcast System) เป็นต้น สำหรับสถานการณ์แผ่นดินไหวในประเทศไทยจะมีความใกล้เคียงกับแนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Public Participation Approach for Sustainable Community Development) มากที่สุด และในทฤษฎีอื่น ๆ จะมีความใกล้เคียงแต่อาจยังไม่มีรายละเอียดที่ซับซ้อนในบางข้อ

4. ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่ใช้แนวทางการศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative Study) เพื่อทำความเข้าใจระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวในบริบทของประเทศที่มีระบบเตือนภัยล่วงหน้าที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน เม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสังเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาและประยุกต์ใช้กับบริบทของประเทศไทยอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านนโยบาย เทคโนโลยี และการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน

4.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ อยู่ภายใต้กรอบแนวคิดของการศึกษาเปรียบเทียบ (Comparative Framework) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบองค์ประกอบของระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวจากประเทศต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ที่สอดคล้องกัน ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานของระบบเตือนภัย (Infrastructure) ช่องทางการแจ้งเตือน (Alert Communication Channels) ความเร็วและความแม่นยำในการแจ้งเตือน (Timeliness and Accuracy) การมีส่วนร่วมของชุมชนและประชาชน (Community Engagement) การสนับสนุนจากนโยบายภาครัฐ (Policy and Institutional Support) การวิเคราะห์ในลักษณะนี้จะช่วยให้สามารถระบุองค์ประกอบที่เป็นปัจจัย

แห่งความสำเร็จ ตลอดจนข้อจำกัดหรืออุปสรรคของแต่ละประเทศ ซึ่งสามารถนำมาประเมินความเหมาะสมของการนำแนวทางดังกล่าวมาปรับใช้กับระบบของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยนำทฤษฎีการมีส่วนร่วมมาศึกษาระดับและแนวทางการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ในเบื้องต้นจะเป็นการประเมินการมีส่วนร่วมจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

4.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสองวิธีหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์เอกสาร (Documentary Analysis) และ การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (Expert Interviews) ดังนี้

1. การวิเคราะห์เอกสาร (Documentary Analysis) เป็นการศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ โดยพิจารณาจากบทความวิชาการและวารสารนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนภัยและการจัดการภัยพิบัติรายงานจากองค์การระหว่างประเทศ เช่น UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction), USGS (United States Geological Survey), JMA (Japan Meteorological Agency), CWB (Central Weather Bureau of Taiwan) เว็บไซต์ทางการของหน่วยงานด้านภัยพิบัติในแต่ละประเทศ ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับระบบเซนเซอร์ สถิติการเตือนภัย และโครงสร้างระบบการแจ้งเตือนเอกสารนโยบายภาครัฐและแผนปฏิบัติการด้านการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติของแต่ละประเทศ ข้อมูลที่ได้จะถูกจัดหมวดหมู่ตามหัวข้อวิเคราะห์ที่วางไว้ในกรอบแนวคิด และนำมาศึกษาเปรียบเทียบในลำดับถัดไป ตลอดจนแนวคิดและทฤษฎีของการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อปรากฏการณ์ภัยพิบัติที่เกิดขึ้น

2. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (Expert Interviews) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interviews) กับผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายสาขา ได้แก่ นักธรณีวิทยา ผู้มีความรู้ด้านลักษณะทางธรณีของประเทศไทยและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว นักวิจัยด้านระบบเตือนภัยและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เช่น เซนเซอร์ IoT ระบบคลื่นสัญญาณข่าวราชการหรือนักปฏิบัติงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการภัยพิบัติ อาทิ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย หรือกรมทรัพยากรธรณีการสัมภาษณ์มุ่งเน้นประเด็นเกี่ยวกับศักยภาพ ปัญหา และข้อจำกัดของระบบเตือนภัยในประเทศไทย รวมถึงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการปรับใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมจากต่างประเทศให้เหมาะสมกับโครงสร้างสังคมไทย

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากทั้งการวิเคราะห์เอกสารและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งเป็นการแปลความหมายของข้อมูลโดยการจัดกลุ่มเนื้อหา (Thematic Coding) ตามประเด็นหลักที่กำหนดไว้ในกรอบแนวคิด อาทิ การออกแบบและการกระจายของเครือข่ายเซนเซอร์ ความสามารถของระบบในการประมวลผลข้อมูลและออกคำเตือน กระบวนการและช่องทางแจ้งเตือนต่อประชาชน กลไกการฝึกอบรมและการมีส่วนร่วมของชุมชน กรอบกฎหมายและการสนับสนุนจากนโยบายรัฐ หลังจากนั้นจะทำการ สังเคราะห์ข้อมูล (Synthesis) โดยการเปรียบเทียบเชิงลึกในลักษณะตารางเปรียบเทียบ หรือ แผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และวิเคราะห์ถึงศักยภาพในการนำแนวทางเหล่านั้นมาปรับใช้ในประเทศไทย โดยคำนึงถึงปัจจัยเฉพาะ เช่น ความพร้อมของเทคโนโลยีทุนทรัพยากร ระดับความตระหนักรู้ของประชาชน และความเป็นไปได้เชิงนโยบายผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จะนำไปสู่ข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบายและเทคโนโลยีสำหรับประเทศไทยที่มีพื้นฐานจากงานวิจัยที่เที่ยงตรงและมีความเหมาะสมเชิงบริบท



รูปที่ 1 ผังแสดงขั้นตอนการวิจัย (Research Process Diagram)

5. ผลการศึกษา

การศึกษาระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวใน 4 ประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน เม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา พบว่าแต่ละประเทศมีการออกแบบและดำเนินการระบบเตือนภัยที่สอดคล้องกับบริบททางภูมิศาสตร์ เทคโนโลยี โครงสร้างพื้นฐาน และระดับการรับรู้ของประชาชน ระบบเหล่านี้มีความแตกต่างกันทั้งในด้านโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีที่ใช้ ช่องทางการแจ้งเตือน ความเร็วในการแจ้งเตือน และระดับการเข้าถึงของประชาชน ดังสรุปไว้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ประเทศที่มีการออกแบบและดำเนินการระบบเตือนภัย

ประเทศ	โครงสร้างพื้นฐาน	ช่องทางการแจ้งเตือน	ความเร็วในการเตือน	ความร่วมมือของหน่วยงาน	การเข้าถึงของประชาชน
ญี่ปุ่น	สถานีตรวจวัดกว่า 1000 จุดทั่วประเทศ	ทีวี, มือถือ, วิทยุ, รถไฟ	5–10 วินาที หลังเกิด P-wave	JMA, NIED, NHK	ทั่วประเทศ
ไต้หวัน	สถานีตรวจวัดเชื่อมโยงโรงเรียน/ชุมชน	มือถือ, โรงเรียน, แอป	ไม่เกิน 10 วินาที	CWB, กระทรวงศึกษา	พื้นที่เสี่ยงหลัก
เม็กซิโก	เครือข่ายเซนเซอร์วิทยุในเมืองใหญ่	วิทยุ, เสียงเตือนสาธารณะ	20–60 วินาทีก่อน S-wave	CIRES, รัฐบาลท้องถิ่น	เมืองใหญ่
สหรัฐอเมริกา	สถานี USGS และพันธมิตรในรัฐแถบตะวันตก	มือถือ, แอป, ระบบอัตโนมัติ	ไม่เกิน 10 วินาที	USGS, FEMA, รัฐบาลท้องถิ่น	บางรัฐทางฝั่งตะวันตก



จากตารางสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึกปัจจัยแห่งความสำเร็จและข้อจำกัด พบว่าส่วนประเทศญี่ปุ่น ถือเป็นประเทศที่มีระบบเตือนภัยที่ครอบคลุมที่สุด ด้วยการติดตั้งเครือข่ายเซนเซอร์ขนาดใหญ่และระบบแจ้งเตือนที่เชื่อมโยงกับสื่อสารมวลชนและระบบขนส่งสาธารณะ ทำให้สามารถเตือนภัยได้ภายในไม่กี่วินาทีหลังตรวจพบคลื่น P-wave อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ต้องการการลงทุนสูงและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ส่วนประเทศไต้หวันพบว่ามีความโดดเด่นในการผสมผสานระบบเตือนภัยเข้ากับโครงสร้างของโรงเรียนและชุมชน ซึ่งช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในระดับรากหญ้า แม้จะยังมีข้อจำกัดในด้านขอบเขตของพื้นที่ที่ครอบคลุม แต่ถือว่าเป็นแบบอย่างที่ดีในด้านการฝึกซ้อมจำลองสถานการณ์และการส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยพิบัติ ส่วนเม็กซิโก ถือเป็นประเทศที่โดดเด่นในด้านการแจ้งเตือนล่วงหน้าที่ใช้เวลานานกว่าประเทศอื่น โดยอาศัยระบบ SASMEX ที่ใช้สัญญาณวิทยุ ส่งผลให้ประชาชนในเมืองใหญ่มีเวลาอพยพล่วงหน้าหลายวินาที อย่างไรก็ตามระบบพึ่งพาโครงสร้างสัญญาณวิทยุที่อาจมีข้อจำกัดในพื้นที่ห่างไกล และขาดการผนวกกับเทคโนโลยีมือถืออย่างแพร่หลาย สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา มีการพัฒนา Shake Alert ซึ่งเป็นระบบเตือนภัยที่ใช้เทคโนโลยีล้ำสมัยและสามารถเชื่อมโยงกับแอปพลิเคชันมือถือรวมถึงระบบอัตโนมัติ เช่น รถไฟฟ้า โรงพยาบาล และโรงเรียน แม้ว่าจะครอบคลุมเพียงบางรัฐ แต่ถือเป็นต้นแบบของการประยุกต์ใช้ AI และ IoT ในการแจ้งเตือนภัยอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วประเด็นร่วมที่พบจากทั้งสี่ประเทศ

1. การใช้เทคโนโลยีแบบเรียลไทม์ เป็นหัวใจสำคัญของระบบ EWS ที่ประสบความสำเร็จ
2. ความร่วมมือของหลายภาคส่วน เช่น หน่วยงานภาครัฐ นักวิจัย สื่อสารมวลชน และชุมชน
3. การมีส่วนร่วมของประชาชน ผ่านการฝึกซ้อม การรับรู้ข้อมูล และการใช้งานระบบเตือนภัยแบบบูรณาการ

ประโยชน์จากการเปรียบเทียบผลการศึกษานี้ทำให้เห็นว่าการออกแบบระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพไม่ใช่เพียงเรื่องของการลงทุนในเทคโนโลยีเท่านั้น แต่รวมถึงการสร้างกลไกการประสานงานข้ามภาคส่วน และการส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยในระดับชุมชน หากประเทศไทยสามารถประยุกต์ใช้แนวทางเหล่านี้ โดยปรับให้เหมาะกับบริบทของประเทศ จะสามารถยกระดับการเตรียมพร้อมและลดความสูญเสียจากภัยแผ่นดินไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันสามารถเริ่มต้นจากการสร้างความตระหนักรู้และการให้ความรู้ในระบบการศึกษาช่องทางต่าง ๆ ทั้งในหลักสูตรการศึกษา วิชาบังคับ กิจกรรมประกอบการเรียนการสอน การส่งสอนทางศาสนา การอบรมของชุมชน สถานประกอบการ หรือการเข้าถึงข้อมูลของหน่วยงานราชการ รัฐบาล ภาครัฐและเอกชน นอกจากนี้ยังควรมีการยกระดับความร่วมมือในการเตือนภัยของกลุ่มต่าง ๆ ที่เป็นส่วนหนึ่งในการเตือนภัยอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และทันเวลา และการปรับสื่อบายระดับประเทศเพื่อการพัฒนาสู่แผนแม่บทในยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศต่อไป

6. อภิปรายผล

การนำระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวจากต่างประเทศมาปรับใช้ในประเทศไทยนั้น แม้จะมีต้นแบบที่ดีจากหลายประเทศ แต่การถ่ายโอนโมเดลโดยตรงอาจไม่เหมาะสม เนื่องจากประเทศไทยมีความแตกต่างด้านโครงสร้างพื้นฐาน สภาพภูมิประเทศ ระบบราชการ และระดับการรับรู้ของประชาชน ประเด็นเชิงบริบทที่ควรพิจารณา มี ดังนี้

1. ด้านกฎหมาย คือ ปัจจุบันยังไม่มีพระราชบัญญัติที่ครอบคลุมระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรผลักดันการออกกฎหมายเฉพาะที่กำหนดกรอบอำนาจหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนมาตรการความปลอดภัยของประชาชน
2. ด้านเทคโนโลยี คือ แม้ประเทศไทยมีความก้าวหน้าในด้านดิจิทัล แต่โครงสร้างพื้นฐานยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ห่างไกลทั้งหมด ดังนั้นระบบต้องรองรับทั้งพื้นที่ที่มีและไม่มีสัญญาณโทรศัพท์ โดยอาจใช้วิทยุชุมชน เสียงตามสาย หรือป้ายแจ้งเตือนแบบ LED แทน



3. ด้านงบประมาณ คือ การพัฒนาระบบเติมรูปแบบต้องใช้งบประมาณสูง จึงควรมีการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เสี่ยง และสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับภาคเอกชนในการสนับสนุนอุปกรณ์หรือโครงสร้างพื้นฐาน

4. ความร่วมมือระหว่างประเทศ คือ การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการอบรมบุคลากรจากประเทศที่มีความเชี่ยวชาญ เช่น ญี่ปุ่น หรือองค์การระหว่างประเทศ เช่น UNDRR, ADB เป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับศักยภาพของไทย

7. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ควรดำเนินการใน 4 มิติ ควบคู่กัน ดังต่อไปนี้

1. เชิงนโยบาย (Policy-Level)

1.1) ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดทำแผนแม่บทระบบเตือนภัยแห่งชาติ ที่ครอบคลุมทั้งแผ่นดินไหว น้ำท่วม และภัยพิบัติอื่น ๆ โดยปรับปรุงตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และค้นหาข้อมูลล่าสุดเพื่อการพัฒนาให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลก

1.2) รัฐบาลออกกฎหมายเฉพาะด้านเกี่ยวกับระบบเตือนภัยแผ่นดินไหว เพื่อกำหนดหน่วยงานหลักในการรับผิดชอบ งบประมาณ และมาตรฐานการดำเนินงาน อย่างเป็นระบบ และมีหน่วยงานรองรับในการรับผิดชอบ วางแผนงาน และประเมินผลงานอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ

1.3) ความร่วมมือระหว่างประเทศในการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางวิชาการและเทคโนโลยีในการรับมือกับภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

1.4) การปรับตัวเชิงนโยบายให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม

2. เชิงเทคโนโลยี (Technology-Level)

2.1) รัฐและภาคเอกชนควรลงทุนในระบบเซนเซอร์ตรวจจับแรงสั่นสะเทือนแบบเรียลไทม์ และนวัตกรรมอื่น ๆ สำหรับภัยพิบัติต่าง ๆ

2.2) รัฐและเอกชนร่วมมือกันพัฒนา ระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันในมือถือ และการเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น เสียงเตือนในโรงเรียน ระบบไฟจราจร และการขนส่งสาธารณะ

2.3) การนำระบบ Cell Broadcast Service (CBS) มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างความน่าเชื่อถือของแหล่งข่าวแก่ประชาชน ให้ไม่ตระหนกกับข่าวลวงต่าง ๆ

3. เชิงชุมชน (Community-Level)

3.1) สร้างความตระหนักรู้แก่ประชาชนทุกเพศ ทุกวัย ผ่านแนวทางการมีส่วนร่วม “คชศร” คือ ครอบครัว ชุมชน ศาสนา และรัฐ ผ่านสถาบันทางสังคมต่าง ๆ เพื่อให้ความรู้เบื้องต้นและการดูแลตนเองเมื่อประสบภัยพิบัติ หรืออาชีพใช้กลไกของ “บวร” บ้าน วัด โรงเรียน เป็นหลักก็ได้ ทั้งนี้ควรมีภาครัฐเป็นแกนนำในการให้ข้อมูลอ้างอิง

3.2) จัดตั้งศูนย์เตือนภัยระดับชุมชน พร้อมอบรมเจ้าหน้าที่อาสาสมัคร และเยาวชน

3.3) สนับสนุนการจัดอบรม การฝึกซ้อมจำลองสถานการณ์ และการสร้างเครือข่าย ชุมชนพร้อมรับมือ ทั้งชุมชน โรงเรียน สถานศึกษา สถานที่ทำงาน เป็นต้น

4. เชิงวิชาการ (Academic-Level)

4.1) สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาโมเดลระบบเตือนภัยที่เหมาะสมกับประเทศไทย

4.2) จัดตั้ง ฐานข้อมูลกลางด้านภัยพิบัติ ให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถใช้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ



4.3) ส่งเสริมเนื้อหาในการเรียนการสอนในระดับต่าง ๆ ให้เยาวชนและผู้เรียน มีความรู้ในการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยสอดแทรกในบทเรียนหรือหลักสูตรต่าง ๆ รวมถึงการสร้างหลักสูตรที่สามารถผลิตบัณฑิตที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านเกี่ยวกับการป้องกันภัยพิบัติเพื่อรองรับสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคต

8. บทสรุป

ภัยแผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา โดยไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ ประเทศไทยแม้จะไม่ใช่อันตรายกลางของการเกิดแผ่นดินไหว แต่มีพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังอยู่หลายแห่ง การพัฒนาระบบเตือนภัยจึงเป็นภารกิจเร่งด่วนที่ต้องวางแผนและลงทุนอย่างจริงจังจากการเปรียบเทียบระบบเตือนภัยของประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน เม็กซิโก และสหรัฐอเมริกา พบว่าปัจจัยแห่งความสำเร็จไม่ได้อยู่ที่เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงโครงสร้างนโยบาย ความร่วมมือของหน่วยงาน และการมีส่วนร่วมของประชาชนประเทศไทยไม่ควรถอดแบบระบบจากต่างประเทศโดยตรง แต่ควรใช้แนวทางเหล่านั้นเป็น “ต้นแบบเชิงนวัตกรรม” เพื่อออกแบบระบบเตือนภัยที่สอดคล้องกับบริบทของตนเอง ทั้งในด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม และภูมิศาสตร์ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดความสูญเสีย และเพิ่มความพร้อมของประชาชน ในการรับมือกับภัยพิบัติในอนาคตอย่างยั่งยืน โดยอ้างอิงการเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบัน

โดยประเทศไทยได้รับบทเรียนจากภัยพิบัติที่สำคัญมาแล้ว อาทิ สึนามิ และมหาอุทกภัย ที่ส่งผลต่อความสูญเสียครั้งใหญ่ และมีการออกมาตรการเพื่อดูแลความปลอดภัยและป้องกัน แต่จะเห็นได้ว่าภัยพิบัติบางชนิด เช่น สึนามิ ไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยในประเทศไทย จึงมีความหละหลวมหรือละเลยในการป้องกันเชิงปฏิบัติการ หรือแม้กระทั่งอุทกภัยที่พบได้เป็นประจำทุกปี ก็มีความแตกต่างกันในรายละเอียดและความรุนแรงแผ่ขยายกว้างและหนักขึ้นตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปของโลก ซึ่งมีความจำเป็นในการรับมืออย่างรู้เท่าทันและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการมีส่วนร่วมของชุมชน จะต้องเริ่มจาก ประชาชนในชุมชนเห็นปัญหาร่วมกัน สร้างกลุ่มที่มีความเข้มแข็ง และมีการเตือนภัยอย่างเป็นระบบ ร่วมกับการประสานงานภาครัฐ เอกชน และชุมชนอื่น ๆ ด้วยสื่อที่เชื่อถือได้ และนวัตกรรมการเตือนภัยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

9. เอกสารอ้างอิง

- Allen, R. M., & Melgar, D. (2019). Earthquake early warning: Advances, scientific challenges, and societal needs. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 47, 361–388.
- Basher, R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: Systematic and people-centred. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 364(1845), 2167–2182. <https://doi.org/10.1098/rsta.2006.1819>
- Espinosa-Aranda, J. M., et al. (2009). The seismic alert system of Mexico (SASMEX): Progress and outlook. *Seismological Research Letters*, 80(5), 710–716.
- Given, D. D., et al. (2018). ShakeAlert: The earthquake early warning system for the United States West Coast. *Earthquake Spectra*, 34(1), 37–54.
- Kamigaichi, O. (2004). JMA earthquake early warning. *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, 4(3), 134–137.
- UNDRR. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UNISDR. (2006). *Developing early warning systems: A checklist*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.



USGS. (2022). *Earthquake hazards program*. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov>

Wu, Y.-M., Kanamori, H., Allen, R. M., & Hauksson, E. (2013). Earthquake early warning systems: Current status and perspectives. *Reports on Progress in Physics*, 76(4), 046801.