



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย:
การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความอ่อนแอของพื้นที่วิกฤติ”

ระยะที่ 2: การวิเคราะห์ความอ่อนแอและการประเมินความเสี่ยงจาก
ภาวะความรุนแรงของฝนในพื้นที่วิกฤติ

โดย

ดร.แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และ ดร.อัศมน ลิ้มสกุล

มีนาคม 2556

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤติ”

ระยะที่ 2: การวิเคราะห์ความล่อแหลมและการประเมินความเสี่ยงจาก ภาวะความรุนแรงของฝนในพื้นที่วิกฤติ

คณะผู้วิจัย

ดร.แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล

ดร.อัศมน ลิ้มสกุล

สังกัด

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ชุดโครงการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศต่อประเทศไทย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

มีนาคม 2556

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ดำเนินการวิจัยโครงการการประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความอ่อนแอของพื้นที่วิกฤติ “ระยะที่ 2: โครงการการวิเคราะห์ความอ่อนแอและการประเมินความเสี่ยงจากภาวะความรุนแรงของฝนในพื้นที่วิกฤติ” และขอขอบคุณ สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด นครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา กรมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา สำนักเกษตรอำเภอจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรากรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้บริการข้อมูลเป็นอย่างดี จนทำให้การวิจัยโครงการนี้สำเร็จลงด้วยดี

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5230014

ชื่อโครงการ : โครงการ “การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย:
การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความอ่อนแอของพื้นที่วิกฤติ”
ระยะที่ 2: การวิเคราะห์ความอ่อนแอและการประเมินความเสี่ยงจากภาวะความรุนแรง
ของฝนในพื้นที่วิกฤติ

ชื่อนักวิจัย : แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล¹, อัศมน ลิ้มสกุล²

¹ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

Email address : lsangcha@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 1 พฤษภาคม 2552 – 31 ตุลาคม 2553

การศึกษานี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนแอและการประเมินความเสี่ยงของชุมชนในจังหวัด นครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา จากสภาวะความรุนแรงของฝนและภัยพิบัติทางภูมิอากาศอื่นๆ โดยนำ กรอบแนวคิด Vulnerability-based approach และ Hazard-of-place (HOP) model of vulnerability มา ประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาดัชนีความอ่อนแอมระดับชุมชน: Community-based Vulnerability Index (CoVi) ซึ่งเป็น ดัชนีรวมที่แสดงถึงความอ่อนแอมรวมของชุมชน ในมิติด้านชีวกายภาพ และมิติด้านเศรษฐกิจและสังคม โครงสร้างของดัชนี CoVi ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอ 3 ด้านตามนิยามของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) คือ 1) Exposure 2) Sensitivity และ 3) Adaptive capacity โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้คัดเลือกดัชนีแต่ละองค์ประกอบหลักพิจารณาบนพื้นฐานความสอดคล้องในแง่สเกล ของข้อมูล ข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิระดับตำบลและหมู่บ้านที่ทำการสำรวจ และรวบรวมได้จากหน่วยงาน ต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาเป็นหลักสำคัญ ทั้งนี้ได้นำเทคนิคสถิติเชิงพหุมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเมตริกซ์ ดัชนีที่มีหลายตัวแปร เพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรให้เหลือจำนวนน้อยลง แต่ยังสามารถอธิบายความอ่อนแอ รวมส่วนใหญ่ของระดับชุมชนได้

ผลการวิเคราะห์ พบว่าดัชนี CoVi สามารถบ่งชี้รูปแบบและลักษณะเชิงพื้นที่ของความอ่อนแอได้ สอดคล้องกับบริบทของชุมชนส่วนใหญ่ในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรูปแบบเชิงพื้นที่ของ แต่ละองค์ประกอบหลัก ตลอดจนระดับความอ่อนแอแต่ละชุมชนของทั้งสองพื้นที่ มีลักษณะทั่วไปแตกต่างกัน ซึ่ง สะท้อนถึงความแตกต่างของชุมชนในบริบทและปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลและกำหนดความอ่อนแอรวมของ ชุมชนนั้น ๆ เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า ชุมชนส่วนใหญ่ในจังหวัดฉะเชิงเทรามีระดับความอ่อนแอที่สูงกว่า ชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ทั้งนี้อาจแสดงให้เห็นความแตกต่างกันของแต่ละองค์ประกอบหลักของความ อ่อนแอที่ประมวลได้จากดัชนีด้านต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม แผนที่ของแต่ละองค์ประกอบหลักและดัชนี CoVi สามารถบ่งชี้ลักษณะความอ่อนแอของชุมชนที่สอดคล้องกันทั้งสองจังหวัด คือ ชุมชนที่ติดกับชายฝั่งทะเลอ่าว ไทย โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา และในพื้นที่อำเภอปากพนัง อำเภอเมือง อำเภอท่าศาลา

และอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงและมีโอกาสสัมผัสกับปัจจัยคุกคามจากภัยพิบัติทางภูมิอากาศ รวมทั้งมีความอ่อนไหวและความล่อแหลมของชุมชนสูงกว่าชุมชนอื่น ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ดัชนี CoVI และองค์ประกอบหลักของความล่อแหลมนี้พบว่ามีความสอดคล้องกับแผนที่ผลลัพธ์ความเสี่ยงจากเหตุการณ์อุทกภัยของจังหวัดนครศรีธรรมราช ตลอดจนผลการศึกษาที่ผ่านมาที่ระบุถึงความล่อแหลมของชุมชนชายฝั่งทะเลต่อภัยพิบัติทางภูมิอากาศ การกัดเซาะชายฝั่ง คลื่นลม และสตรอร์มเสิร์จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ฐานข้อมูลระดับชุมชนของดัชนี CoVI และองค์ประกอบหลักของความล่อแหลมทั้ง 3 ด้าน รวมทั้งข้อมูลดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยง ตลอดจนข้อมูลด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติระดับชุมชนที่ใช้คำนวณดัชนี CoVI นับเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีความละเอียดและขอบเขตที่ครอบคลุมในมิติต่าง ๆ ของระบบ Social-ecological system ซึ่งเป็นหน่วยข้อมูลพื้นฐานภายใต้บริบทการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้น ฐานข้อมูลซึ่งเป็นผลผลิตจากการศึกษานี้ จึงมีประโยชน์ไม่เพียงการวิเคราะห์ความล่อแหลมและประเมินความเสี่ยงในระดับชุมชนจากภัยพิบัติทางธรรมชาติเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายของจังหวัดในการจัดลำดับชุมชนเร่งด่วนในการพัฒนา และการคัดเลือกชุมชนวิกฤติ เพื่อเร่งดำเนินงานด้านการปรับตัว บรรเทาภัยคุกคามผลกระทบ และความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อชุมชน อีกทั้งยังเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ในการวางแผน และการดำเนินการพัฒนาชุมชนของจังหวัดในด้านต่าง ๆ โดยฐานข้อมูลดังกล่าว สามารถทำการเชื่อมโยงและบูรณาการเข้ากับระบบ Decision Supporting System (DSS) ของจังหวัด และฐานข้อมูลที่มีอยู่แล้วทั้งในระดับจังหวัด อำเภอและตำบล เพื่อช่วยสนับสนุนหน่วยงานและองค์กรส่วนท้องถิ่น ในการบริหารจัดการและตั้งรับกับภัยพิบัติและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้

Abstract

Project Code : RDG5230014

Project Title : Assessment of Extreme Weather Events of Thailand: risk and hotspot vulnerability analysis.

Phase 2 : Vulnerability Analysis and Risk Assessment from Rainfall Extreme in Hotspot Areas.

Researchers : Sangchan Limjirakan¹, Atsamon Limsakul²

¹ Environmental Research Institute, Chulalongkorn University

² Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality and Promotion

Email address : lsangcha@chula.ac.th

Project duration : 1 May 2009 – 31 October 2010

The community-level vulnerability to rainfall extremes and climate-related disasters in Nakhon Sithammarat and Chachoengsao provinces was studied and analyzed. The vulnerability-based approach and Hazard-of-place (HOP) model of vulnerability were applied to develop 'Community-based Vulnerability Index (CoVI)'. The CoVI is a composite index representing the overall community's vulnerability in the context of biophysical and socioeconomic dimensions. Based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the CoVI's structure consists of three major components namely 1) Exposure, 2) Sensitivity and 3) Adaptive capacity. The criteria used to select indicators for each component were considered mainly on the basis of scale consistency of data, as well as primary and secondary data which were collected from relevant institutes and organizations in the study area. Furthermore, multivariate statistical techniques were employed to analyze multidimensional indicator matrix in order to reduce the number of variables but still exemplify most of the overall community's vulnerability.

The results showed that the CoVI is able to represent characteristics and spatial patterns of vulnerability in Nakhon Sithammarat and Chachoengsao provinces in consistence with overall contexts of communities. Spatial patterns of each major component and vulnerability level of individual community in both provinces were generally different. These reflect differences in community contexts and factors determining the overall vulnerability of those communities. When considered as a whole, it was found that the communities in Chachoengsao province had higher vulnerability than those in Nakhon Sithammarat province. These results would indicate the differences in each of major component that was aggregated from a number of indicators. However, maps of each major

components and their CoVI consistently indicated similar communities' vulnerability in both provinces. The communities explicitly located close to the Gulf of Thailand such as communities in Bangpakong district of Chachoengsao province and in Pakphanang, Mung, Thasala and Sichon districts of Nakhon Sithammarat province had greater risk to climate-related hazards and were more sensitive and vulnerable than others. The results of CoVI analysis and major components of vulnerability were generally consistent with the previous studies, illustrating that coastal communities are particularly vulnerable to climate-related disasters, coastal erosion, high wave and storm surge.

The communities' data base of the CoVI, including major vulnerable components, outcome risk from climate hazards, as well as socioeconomic, environment and disaster data used to calculate vulnerability index are large data base covering community-level resolution and multidimensional coverage of social-ecological system. This is a fundamental unit of sustainable development. The major output data base from this study, therefore, is not only undoubtedly useful for community-level vulnerability and risk analysis from climate-related disasters, but also be applied as a supporting tool for policy decision making processes at provincial level to prioritizing the communities needed immediate actions for socioeconomic development, in parallel with adaptation to climate change and disasters. Moreover, this data base can be integrated as a part of Provincial Decision Supporting System (DSS) and other existing data bases at province, district and sub-district levels to support the measures adapting to adverse impacts of climate change and disaster management in the future.

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การศึกษานี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนแอทางชีวกายภาพและความอ่อนแอทางด้านสังคม รวมถึงการประเมินความเสี่ยงของชุมชนในจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา จากสภาวะความรุนแรงของฝนและภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุทกภัยและภัยแล้ง โดยนำกรอบแนวคิด Vulnerability-based approach และ Hazard-of-place (HOP) model of vulnerability มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาและจัดทำดัชนีความอ่อนแอระดับชุมชน ที่เรียกว่า **Community-based Vulnerability Index (CoVI)** ซึ่งเป็นดัชนีรวมเพื่อแสดงและบ่งชี้ถึงความอ่อนแอรวมของชุมชนในพื้นที่ศึกษา ในมิติด้านชีวกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคมในเชิงบูรณาการ

โครงสร้างของดัชนี CoVI ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอ 3 ด้านตามนิยามของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ 1) Exposure ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ 17 ดัชนี 2) Sensitivity ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ 30 ดัชนี และ 3) Adaptive capacity ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ 24 ดัชนี ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ที่ใช้คัดเลือกดัชนีในแต่ละองค์ประกอบหลัก พิจารณายึดบนพื้นฐานความสอดคล้องของสเกลของข้อมูล ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิในระดับตำบลและหมู่บ้าน ที่ทำการสำรวจและรวบรวมได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา เป็นประการสำคัญ

เทคนิคทางสถิติที่อ้างอิงในการศึกษาวิจัยอื่นๆ ได้นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการจัดเตรียมข้อมูล การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล และการจัดทำดัชนี CoVI และเพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อผลการวิเคราะห์ ได้นำวิธี Principal Component Analysis (PCA) ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติเชิงพหุ มาจัดการกับเมตริกซ์ดัชนีที่มีหลายตัวแปรเพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรให้เหลือจำนวนน้อยลง แต่ยังสามารถอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ในฐานข้อมูลเดิม การประยุกต์ใช้วิธี PCA ดังกล่าว พบว่า เทคนิค PCA สามารถลดจำนวนดัชนีในองค์ประกอบหลัก 17 ดัชนี, Sensitivity 30 ดัชนี และ Adaptive capacity 24 ดัชนีของจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดฉะเชิงเทรา 8, 13, 9 โหมด และ 7, 11, 10 โหมด ตามลำดับ ซึ่งยังคงสามารถอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ในเมตริกซ์ดัชนีเดิมได้มากกว่า 62 % ของความแปรปรวนทั้งหมด สำหรับทุกองค์ประกอบหลักของจังหวัดนครราชสีมา และมากกว่า 59 % ของความแปรปรวนทั้งหมดสำหรับทุกองค์ประกอบหลักของจังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งนี้เนื่องจาก PCA ในแต่ละโหมดมีลักษณะเฉพาะที่แสดงและอธิบายรูปแบบที่โดดเด่นของบางดัชนีในเมตริกซ์ข้อมูลเดิม การคัดเลือก PCA หลายโหมดเพื่อคำนวณค่า PC score บนพื้นฐานของหลักเกณฑ์ Kaiser criterion ได้ช่วยให้ค่า PC score รวมที่คำนวณได้ สามารถแสดงลักษณะและคุณสมบัติขององค์ประกอบหลัก Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity ในระดับชุมชนมีความสมบูรณ์และมีความครอบคลุมมิติต่าง ๆ ของความอ่อนแอเพิ่มมากขึ้น

ฐานข้อมูลระดับชุมชนของดัชนี CoVI และองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอด้าน Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity รวมทั้งดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยง (Outcome risk) ในรูปของความถี่เฉลี่ยการเกิดอุทกภัยและภัยแล้งในระดับตำบลหรือหมู่บ้าน เป็นผลผลิตหลักที่สำคัญของการศึกษานี้ ฐานข้อมูลดังกล่าว ยกเว้นดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยง มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 1 เนื่องจากได้ปรับสเกลด้วยเทคนิคเดียวกันกับการวิเคราะห์

Human Development Index (HDI) และ Water Poverty Index (WPI) และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางสถิติ ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้อธิบายและแสดงความอ่อนแอระดับชุมชนและประเมินความเสี่ยงในรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัด

ผลการวิเคราะห์ดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยง ในรูปของความถี่เฉลี่ยการเกิดอุทกภัยและภัยแล้งในระดับตำบลหรือหมู่บ้าน พบว่า พื้นที่หลายพื้นที่ของจังหวัดนครศรีธรรมราช เช่น อำเภอขนอม อำเภอลิขิต อำเภอท่าศาลา อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอปากพนัง เป็นต้น เกิดเหตุการณ์อุทกภัยโดยเฉลี่ย 3-4 ครั้ง ระหว่าง พ.ศ. 2548-2551 เป็นที่น่าสังเกตว่า ชุมชนที่มีผลลัพธ์ความเสี่ยงจากการเกิดอุทกภัยสูง มักตั้งอยู่ติดกับชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากความแปรปรวนของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความเชื่อมโยงกับความกดอากาศสูงไซบีเรียและคลื่นมวลอากาศเย็นจากประเทศจีน สำหรับผลลัพธ์ความเสี่ยงที่เกิดจากเหตุการณ์ภัยแล้งของจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ชุมชนที่ประสบภัยแล้งบ่อยครั้งระหว่าง พ.ศ. 2548-2551 เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ซึ่งลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ มีความสอดคล้องกับผลลัพธ์ความเสี่ยงจากการเกิดอุทกภัย ทั้งนี้ชุมชนที่เกิดทั้งอุทกภัยและภัยแล้งโดยเฉลี่ย 3-4 ครั้ง พบในหลายอำเภอ ในกรณีของจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าบางชุมชนในอำเภอบางน้ำเปรี้ยว และอำเภอเมืองซึ่งอยู่ติดกับแม่น้ำบางปะกง มีผลลัพธ์ความเสี่ยงจากอุทกภัยสูงกว่าพื้นที่อื่นของจังหวัด ในขณะที่ผลลัพธ์ความเสี่ยงจากภัยแล้งสูงกว่าปกติ มีการกระจายตัวในหลายพื้นที่ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากแผนที่ผลลัพธ์ความเสี่ยงของทั้งสองจังหวัดแล้ว พบว่า จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเป็นบริเวณกว้างทั้งจากอุทกภัยและภัยแล้ง ในขณะที่ ภัยแล้งเป็นภัยพิบัติสำคัญซึ่งเกิดขึ้นบ่อยครั้งและครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างในจังหวัดฉะเชิงเทรา

ผลการวิเคราะห์ดัชนี CoVI และองค์ประกอบหลักด้าน Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity ด้วยแผนที่ที่จัดทำด้วยเทคนิคทาง GIS สามารถบ่งชี้รูปแบบและลักษณะเชิงพื้นที่ขององค์ประกอบหลักทั้งสามด้านของความอ่อนแอ และระดับความอ่อนแอของแต่ละชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรูปแบบเชิงพื้นที่ของแต่ละองค์ประกอบหลัก ตลอดจนระดับความอ่อนแอแต่ละชุมชนของทั้งสองพื้นที่ มีลักษณะทั่วไปที่แตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างของชุมชนในบริบทและปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลและกำหนดความอ่อนแอรวมของชุมชนนั้น ๆ เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว พบว่า ชุมชนส่วนใหญ่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา มีระดับความอ่อนแอที่สูงกว่าชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช ทั้งนี้ อาจแสดงให้เห็นความแตกต่างกันของแต่ละองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอที่สกัดจากดัชนีด้านต่าง ๆ ของ Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity ในองค์รวมของแต่ละจังหวัด อย่างไรก็ตาม แผนที่ของแต่ละองค์ประกอบหลักและดัชนี CoVI สามารถบ่งชี้ลักษณะความอ่อนแอของชุมชนที่สอดคล้องกันทั้งสองจังหวัด คือ ชุมชนที่ติดกับชายฝั่งทะเลอ่าวไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่อำเภอบางปะกงของจังหวัดฉะเชิงเทรา และในพื้นที่อำเภอปากพนัง อำเภอเมือง อำเภอท่าศาลา และอำเภอลิขิตของจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงและโอกาสการสัมผัสกับปัจจัยคุกคามจากภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศ รวมถึงความอ่อนแอและความอ่อนแอของชุมชนสูงกว่าชุมชนอื่น ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ดัชนี CoVI และองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอนี้ สอดคล้องกับแผนที่ผลลัพธ์ความเสี่ยงจากเหตุการณ์อุทกภัยของจังหวัดนครศรีธรรมราช ตลอดจนผลการศึกษานานาชาติที่ระบุถึงความอ่อนแอของชุมชนชายฝั่งทะเลต่อภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศ การกัดเซาะชายฝั่ง คลื่นลมและสโตรมเสิร์จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงมรสุม

ตะวันออกเฉียงเหนือนอกจากนี้ แผนที่ของแต่ละองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอและดัชนี CoVIยังสามารถแสดงลักษณะและรูปแบบความเสี่ยง ความอ่อนไหวและความอ่อนแอในพื้นที่อื่นๆ ของทั้งสองจังหวัด ได้อย่างสอดคล้องกับบริบททางเศรษฐกิจและสังคม ลักษณะทางกายภาพ และระบบนิเวศของพื้นที่นั้นๆ กล่าวคือ ระดับความเสี่ยงและโอกาสสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม ความอ่อนไหวและความอ่อนแอของชุมชน มีค่าค่อนข้างสูงกว่าปกติในบางชุมชนที่ตั้งอยู่ในที่ลุ่มแอ่งกระทะ ที่ลุ่มริมน้ำ ที่ราบติดเชิงภูเขาและเนินภูเขา ตลอดจนพื้นที่นอกเขตชลประทาน และบางชุมชนที่ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมมีการพัฒนาด้อยกว่าชุมชนอื่น

จากฐานข้อมูลและแผนที่ของดัชนี CoVIและองค์ประกอบหลักด้าน Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacityในระดับชุมชน สามารถจัดเรียงลำดับหมู่บ้านที่มีความอ่อนแอสูงในลำดับต้น ๆ ได้ โดยหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีค่าดัชนี CoVIสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 หรือมีค่าสูงกว่า 0.8 มีจำนวน 9 หมู่บ้านในขณะที่ หมู่บ้านในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าดัชนี CoVIสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 หรือมีค่าสูงกว่า 0.8 มีจำนวน 10 หมู่บ้าน ผลการวิเคราะห์เพิ่มเติมของหมู่บ้านที่มีระดับความอ่อนแอสูงดังกล่าวด้วย spider plot เพื่อใช้อธิบายระดับความแตกต่างในเชิงเปรียบเทียบของทั้งสามองค์ประกอบหลัก พบว่า หมู่บ้านที่มีความอ่อนแอสูงทั้ง 9 หมู่บ้านของจังหวัดนครศรีธรรมราชและทั้ง 10 หมู่บ้านของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีสาเหตุจากปัจจัยด้าน Exposure และ Sensitivity และเมื่อพิจารณาถึงระดับความสามารถในการปรับตัวของหมู่บ้านดังกล่าว พบว่า อยู่ในระดับต่ำกว่าหมู่บ้านอื่นๆ

ฐานข้อมูลระดับชุมชนของดัชนี CoVIและองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอทั้ง 3 ด้าน รวมทั้งข้อมูลดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยง ตลอดจนข้อมูลด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติระดับชุมชนที่ใช้คำนวณดัชนี CoVIรวมทั้งสิ้น 76 layer เป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีความละเอียดและขอบเขตที่ครอบคลุมในมิติต่าง ๆ ของระบบ Social-ecological system ซึ่งเป็นระบบขั้นพื้นฐานภายใต้บริบทการพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นฐานข้อมูลซึ่งเป็นผลผลิตจากการศึกษานี้ จึงมีประโยชน์ไม่เพียงแต่การวิเคราะห์ความอ่อนแอและประเมินความเสี่ยงในระดับชุมชนจากภัยพิบัติทางธรรมชาติเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายของจังหวัด ในการจัดลำดับชุมชนเร่งด่วนในการพัฒนา และการคัดเลือกชุมชนที่วิกฤติเพื่อเร่งดำเนินงานด้านการปรับตัวและการบรรเทาและหยุดยั้งผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้นในชุมชน อีกทั้งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ช่วยในการวางแผนและการดำเนินการพัฒนาชุมชนของจังหวัดในด้านต่าง ๆ โดยฐานข้อมูลดังกล่าว สามารถเชื่อมโยงและบูรณาการเข้ากับระบบ Decision Supporting System (DSS) ของจังหวัด และฐานข้อมูลที่มีอยู่แล้วในระดับจังหวัด อำเภอและตำบล เพื่อช่วยสนับสนุนหน่วยงานและองค์กรส่วนท้องถิ่น ในการบริหารจัดการและตั้งรับกับภัยพิบัติและผลกระทบ ที่อาจเกิดขึ้นภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นได้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	iii
บทคัดย่อ	iv
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	viii
สารบัญตาราง	xiii
สารบัญรูป	xv
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-3
1.3 กิจกรรมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์	1-3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-4
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร(Literature Reviews)	2-1
2.1 นิยามและกรอบแนวคิดความล่อแหลมจากภัยพิบัติ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	2-1
2.2 ประเภทของความล่อแหลมในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	2-5
2.3 วิวัฒนาการของกรอบแนวคิดและวิธีการวิเคราะห์ความล่อแหลม	2-10
2.4 การตรวจวัดความล่อแหลมและดัชนีความล่อแหลม	2-17
2.5 โครงสร้างและองค์ประกอบของดัชนีความล่อแหลมหลัก	2-21
2.6 การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ดัชนีเพื่อวิเคราะห์/ประเมินความล่อแหลม	2-32
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	3-1
3.1 กรอบแนวคิดและขั้นตอนวิธีการศึกษาวิจัย	3-1
3.2 การคัดเลือกและพัฒนาดัชนีที่เหมาะสม เพื่อใช้ประเมินความล่อแหลมระดับตำบล/หมู่บ้าน ในจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-2
3.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลนำใช้ในการคำนวณดัชนี CoVI	3-11
3.4 การรวบรวมและการจัดทำรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน รวมทั้งพิกัดของแต่ละหมู่บ้านใน จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-29
3.5 การนำเข้า จัดเรียงและประมวลผลข้อมูลและตัวแปรระดับหมู่บ้าน/ตำบล สำหรับการ คำนวณดัชนีด้วยสถิติในแต่ละองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลักของ COVI ในจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การคำนวณดัชนี CoVI	3-31
บทที่ 4 ผลการศึกษา	4-1
4.1 ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา	4-1
4.1.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-1
4.1.2 จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-2
4.2 สถานภาพการพัฒนาของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา จากผลการประเมินด้วยดัชนีความก้าวหน้าของคน (Human Achievement Index; HAI)	4-3
4.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของดัชนีCoVI	4-9
4.4 ลักษณะเชิงพื้นที่ของตัวแปรบางตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนีCoVI	4-10
4.4.1 องค์ประกอบหลัก Exposure	4-10
4.4.2 องค์ประกอบหลัก Sensitivity	4-21
4.4.3 องค์ประกอบหลัก Adaptive capacity	4-21
4.5 ดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยงของอุทกภัยและภัยแล้ง และลักษณะการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่	4-37
4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของดัชนีCoVIด้วยเทคนิค PCA	4-44
4.7 แผนที่และการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของExposure, Sensitivity และ Adaptive capacity	4-53
4.8 ลักษณะExposure, Sensitivity และ Adaptive capacity เฉลี่ยในระดับอำเภอ	4-54
4.9 ดัชนีCoVIระดับชุมชนของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา และการแปลผล	4-65
บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ	5-1
บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง	6-1
ภาคผนวกที่ 1	
ภาคผนวกที่ 2	
ภาคผนวกที่ 3	
ภาคผนวกที่ 4	
ภาคผนวกที่ 5	
ภาคผนวกที่ 6	
ภาคผนวกที่ 7	
ภาคผนวกที่ 8	
ภาคผนวกที่ 9	
ภาคผนวกที่ 10	
ภาคผนวกที่ 11	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คำนิยามของความเสี่ยงและภัยอันตราย	2-8
ตารางที่ 2.2 มิติที่มีอิทธิพลต่อความอ่อนแอทางสังคมจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ	2-20
ตารางที่ 2.3 ดัชนีความอ่อนแอทางสังคมในระดับภูมิภาคและระดับโลก	2-21
ตารางที่ 2.4 กรอบแนวคิดดัชนีความอ่อนแอของ 7 ดัชนี	2-30
ตารางที่ 2.5 ดัชนีที่เป็นไปได้สำหรับตรวจวัดความอ่อนแอในโครงการ ESPON Hazard	2-34
ตารางที่ 2.6 กรอบแนวคิดและเมตริกของความอ่อนแอทางสังคม (Cutter et al., 2003)	2-36
ตารางที่ 2.7 ตัวแปรและรายละเอียดที่ใช้คำนวณดัชนีความอ่อนแอทางสังคม ในประเทศสหรัฐอเมริกา	2-39
ตารางที่ 2.8 ตัวแทนที่มีศักยภาพสำหรับความอ่อนแอต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับประเทศ	2-41
ตารางที่ 2.9 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับการประเมินความอ่อนแอทางสังคม	2-42
ตารางที่ 2.10 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับการประเมินสิ่งแวดล้อมโครงสร้างพื้นฐาน	2-43
ตารางที่ 2.11 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับระบบธรรมชาติและ การเผชิญ/สัมผัส	2-43
ตารางที่ 2.12 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับการบรรเทาภัยคุกคามและแผนการกลับคืนสู่สภาพเดิม	2-44
ตารางที่ 2.13 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของ Livelihood Vulnerability Index (LVI) สำหรับสองอำเภอในประเทศ Mozambique	2-48
ตารางที่ 2.14 องค์ประกอบหลักที่เป็นปัจจัยสนับสนุนนิยามความอ่อนแอของ IPCC สำหรับการคำนวณ	2-51
ตารางที่ 2.15 ดัชนีที่คัดเลือกสำหรับการคำนวณ Flood Risk Index (FRIc)	2-52
ตารางที่ 2.16 ประโยชน์และอุปสรรคของดัชนีความเสี่ยงภายใต้โครงการ GRAVITY	2-55
ตารางที่ 2.17 ดัชนีความอ่อนแอที่ทำการคัดเลือกสำหรับโครงการ GRAVITY	2-55
ตารางที่ 2.18 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของ Climate Vulnerability Index (CVI)	2-56
ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดและรายละเอียดของดัชนี Community-based Vulnerability Index (CoVI) ที่พัฒนาสำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนแอและประเมินความเสี่ยงระดับชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-6
ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขและหลักเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการพัฒนาดัชนีความอ่อนแอ	3-9
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้สำหรับการพัฒนาและคำนวณดัชนี CoVI	3-11
ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบและโครงสร้างของข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน (กชช2ค)	3-17
ตารางที่ 3.5 การจัดประเภทสาขาสถิติของฐานข้อมูลสถิติท้องถิ่น	3-20
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดฝนรายวัน ในระหว่างปี ค.ศ. 2007-2009 ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	3-26

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.7 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดฝนรายวัน ในระหว่างปี ค.ศ. 2007-2009 ของจังหวัด ฉะเชิงเทรา	3-28
ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน และพิกัดหมู่บ้านของจังหวัดนครศรีธรรมราช	3-29
ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน และพิกัดหมู่บ้านของจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-30
ตารางที่ 3.10 เมตริกซ์ข้อมูล $F(t,x)$ ในสมการ 6 ของแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI ใน จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-32
ตารางที่ 4.1 ลำดับของดัชนี HAI และดัชนีย่อยทั้ง 8 ด้านของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัด ฉะเชิงเทรา	4-9
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิเคราะห์ PCA ในองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI สำหรับจังหวัด นครศรีธรรมราช	4-48
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ PCA ในองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI สำหรับจังหวัด ฉะเชิงเทรา	4-48
ตารางที่ 4.4 สรุปคุณลักษณะที่โดดเด่นของ loading ในแต่ละ PCA ใหม่ ซึ่งเป็นตัวแทนที่ใช้ แสดงและอธิบายลักษณะเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งขององค์ประกอบ exposure, sensitivity และ adaptive capacity สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-49
ตารางที่ 4.5 สรุปคุณลักษณะที่โดดเด่นของ loading ในแต่ละ PCA ใหม่ ซึ่งเป็นตัวแทนที่ใช้แสดง และอธิบายลักษณะเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งขององค์ประกอบ exposure, sensitivity และ adaptive capacity สำหรับจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-51
ตารางที่ 4.6 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีค่า Exposure score สูงสุด 10 อันดับแรก	4-62
ตารางที่ 4.7 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีค่า Sensitivity score สูงสุด 10 อันดับแรก	4-62
ตารางที่ 4.8 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีค่า Adaptive capacity score สูงสุด 10 อันดับแรก	4-63
ตารางที่ 4.9 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่า Exposure score สูงสุด 10 อันดับแรก	4-63
ตารางที่ 4.10 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่า Sensitivity score สูงสุด 10 อันดับแรก	4-64
ตารางที่ 4.11 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่า Adaptive capacity score สูงสุด 10 อันดับแรก	4-64
ตารางที่ 4.12 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีค่าดัชนี CoVI สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80	4-71
ตารางที่ 4.13 รายชื่อหมู่บ้านในจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีค่าดัชนี CoVI สูงกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80	4-71

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบหรือฟังก์ชันที่กำหนดระดับความอ่อนแอของระบบ	2-2
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์เชิงมโนทัศน์ระหว่างความอ่อนแอ ภัยอันตราย การสัมผัส และผลกระทบต่อระบบสังคมนิเวศ	2-3
รูปที่ 2.3 กรอบแนวคิดความสัมพันธ์ของความอ่อนแอ ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมและความสามารถในการปรับตัว โดย $\subset$ = 'subset of', $\not\subset$ = 'not a subset of', R = resilience, V = vulnerability, AC = adaptive capacity และ CR = capacity of response	2-4
รูปที่ 2.4 ความเชื่อมโยงของกรอบแนวคิดระหว่างความอ่อนแอ ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมและความสามารถในการปรับตัว	2-5
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของความอ่อนแอที่ความสัมพันธ์กับความเสี่ยง	2-9
รูปที่ 2.6 ความหมายและองค์ประกอบของความเสี่ยง	2-9
รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของ Pressure and Release (PAR) Model	2-11
รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของ Hazards-of-Place model of vulnerability	2-11
รูปที่ 2.9 องค์ประกอบ Vulnerability framework of nested scales and coupled system	2-13
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบพื้นฐาน พลวัตรของระบบ การเชื่อมโยงกับปัจจัยภายในและภายนอก รวมทั้ง feedbacks ของกรอบแนวคิดการศึกษาความอ่อนแอ	2-13
รูปที่ 2.11 กรอบแนวคิดเชิงบูรณาการของ Vulnerability-led approach	2-15
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการประเมินความอ่อนแอ	2-15
รูปที่ 2.13 ขั้นตอนสำหรับการประเมินความอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงของโลกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	2-16
รูปที่ 2.14 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ-สังคมหลักที่ใช้ในการประเมินผลกระทบความอ่อนแอและการปรับตัว	2-18
รูปที่ 2.15 ลำดับความอ่อนแอและดัชนีความอ่อนแอ	2-18
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของ Human Development Index โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม Sub-indices และดัชนี HDI แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม	2-23
รูปที่ 2.17 โครงสร้างรวมของ Human Well-being Index โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม Sub-indices และ HWI แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม	2-23
รูปที่ 2.18 โครงสร้างรวมของ Environmental Sustainability Index (ESI) โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม Sub-indices และ ESI แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม	2-25
รูปที่ 2.19 โครงสร้างรวมของ Prevalent Vulnerability Index (PVI) โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม Sub-indices และ PVI แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม	2-26
รูปที่ 2.20 โครงสร้างรวมของ Index of Social Vulnerability to Climate Change โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม Sub-indices และ SVA แสดงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม	2-27

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.21 โครงสร้างรวมของ Disaster Risk Index (DRI) โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่ขาว Sub-indices และ DRI แสดงด้วยกล่องสีดำ Euler constant คือ ค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ (base of the natural logarithm)	2-28
รูปที่ 2.22 โครงสร้างรวมของ Predictive Vulnerability Indicators โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสี่ขาว Sub-indices และ PIV แสดงด้วยกล่องสีดำ	2-29
รูปที่ 2.23 Environmental vulnerability Index (EVI), CC = Climate change, D = Exposure to natural disasters, HH = Human health, AF = Agriculture & Fisheries, W = Water, CCD = Desertification และ CBD = Biodiversity	2-33
รูปที่ 2.24 ดัชนี Integrated vulnerability ที่พัฒนาและประยุกต์ใช้ภายใต้โครงการ ESPON Hazard	2-35
รูปที่ 2.25 ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการประเมินเส้นบรรทัดฐานของความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม (Resilience baseline assessment)	2-42
รูปที่ 2.26 องค์ประกอบของการประเมินเส้นบรรทัดฐานความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม และการซ้อนทับด้วยเทคนิค GIS	2-45
รูปที่ 2.27 โครงสร้างและองค์ประกอบของ Flood Risk Index (FRIc)	2-49
รูปที่ 2.28 กรอบแนวคิดของ FAO/FIVIMS แสดงความเชื่อมโยงการพัฒนา เศรษฐกิจทางอาหาร ครัวเรือนและความผาสุกระดับบุคคล	2-57
รูปที่ 2.29 Core indicator และ Additional indicator ของ FAO/ FIVIMS ในการติดตามและประเมินความมั่นคงและความล่อแหลมทางด้านอาหาร	2-58
รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัยการวิเคราะห์ความล่อแหลมและการประเมินความเสี่ยงในพื้นที่วิกฤติจากสภาวะความรุนแรงของฝน	3-4
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยวิเคราะห์ความล่อแหลม และประเมินความเสี่ยงจากสภาวะความรุนแรงของฝน ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-5
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของดัชนี CoVI	3-7
รูปที่ 3.4 แนวทางการพัฒนาดัชนีความล่อแหลม ภายใต้กระบวนการ Data-indicator-goal model(ดัดแปลงจาก Cabri-Volga Project Deliverable D3)	3-8
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการพัฒนาดัชนีความล่อแหลมภายใต้กระบวนการ Data-indicator-goal model (ดัดแปลงจาก Cabri-Volga Project Deliverable D3)	3-9
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการจัดทำดัชนี Community-based Vulnerability Index สำหรับการวิเคราะห์ความล่อแหลมและการประเมินความเสี่ยงจากภาวะความรุนแรงของฝนในระดับตำบล/หมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา	3-10

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างปกหน้าและหลังของแบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน กชช2ค ปี 2550)	3-16
รูปที่ 3.8 เครือข่ายและความเชื่อมโยงการให้บริการของฐานข้อมูลสถิติระดับท้องถิ่น	3-19
รูปที่ 3.9 กระบวนการของศูนย์สถิติระดับท้องถิ่นของสำนักงานสถิติแห่งชาติ	3-22
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	3-23
รูปที่ 3.11 ที่ตั้งของสถานีผิวพื้นที่ตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานใน จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นข้อมูลฝนรายวันระหว่าง ปี ค.ศ. 2007-2009	3-25
รูปที่ 3.12 ที่ตั้งของสถานีผิวพื้นที่ตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นข้อมูลฝนรายวันระหว่าง ปี ค.ศ. 2007-2009	3-25
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ดัชนี CoVI	3-33
รูปที่ 4.1 หน่วยการปกครองของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-4
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของปริมาณฝนสะสมและจำนวนวัน ฝนตกรายเดือน ของจังหวัดนครศรีธรรมราช เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงินแสดงปริมาณ ฝนสะสมและจำนวนวันฝนตก ตามลำดับ	4-5
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระเหย ของน้ำของจังหวัดนครศรีธรรมราช เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงิน แสดงความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการระเหยของน้ำตามลำดับ	4-5
รูปที่ 4.4 ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-6
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของปริมาณฝนสะสมและจำนวนวันฝนตก รายเดือนของจังหวัดฉะเชิงเทรา เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงิน แสดงปริมาณฝนสะสมและ จำนวนวันฝนตก ตามลำดับ	4-6
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระเหย ของน้ำของจังหวัดฉะเชิงเทรา เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงินแสดงความชื้นสัมพัทธ์และอัตรา การระเหยของน้ำตามลำดับ	4-7
รูปที่ 4.7 ดัชนีความก้าวหน้าของคนระดับจังหวัดของประเทศไทย	4-8
รูปที่ 4.8 Histogram ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในทุกองค์ประกอบหลักของ ดัชนี CoVIสำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-11
รูปที่ 4.9 Histogram ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในทุกองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVIสำหรับจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-11
รูปที่ 4.10 ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้ง จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-12

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.11 ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้ง จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-13
รูปที่ 4.12 ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย/วาตภัย/โคลนถล่ม จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-14
รูปที่ 4.13 ระดับความรุนแรงของพื้นที่อุทกภัย/วาตภัย/โคลนถล่ม จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-15
รูปที่ 4.14 ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-16
รูปที่ 4.15 ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-17
รูปที่ 4.16 ความหนาแน่นของประชากร จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-18
รูปที่ 4.17 ความหนาแน่นของประชากร จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-19
รูปที่ 4.18 แผนที่แสดงหมู่บ้านที่มีพื้นที่อนุรักษ์ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-22
รูปที่ 4.19 หมู่บ้านที่มีพื้นที่อนุรักษ์ในจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-23
รูปที่ 4.20 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-24
รูปที่ 4.21 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-25
รูปที่ 4.22 สัดส่วนครัวเรือนที่ทำนาข้าว ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-26
รูปที่ 4.23 สัดส่วนครัวเรือนที่ทำนาข้าว ในจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-27
รูปที่ 4.24 สัดส่วนครัวเรือนที่ปลูกไม้ยืนต้น ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-28
รูปที่ 4.25 สัดส่วนครัวเรือนที่ปลูกไม้ยืนต้น ในจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-29
รูปที่ 4.26 สัดส่วนคนยากจนของประชากรในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-31
รูปที่ 4.27 สัดส่วนคนยากจนของประชากรในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-32
รูปที่ 4.28 ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เสมอภาค ในจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-33
รูปที่ 4.29 ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เสมอภาค ในจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-34
รูปที่ 4.30 ค่าอัตราการพึ่งพาของประชากรในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช	4-35
รูปที่ 4.31 ค่าอัตราการพึ่งพาของประชากรในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา	4-36
รูปที่ 4.32 แผนที่แสดงจำนวนเฉลี่ยของเหตุการณ์อุทกภัยในระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2551 ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-40
รูปที่ 4.33 แผนที่แสดงจำนวนเฉลี่ยของเหตุการณ์ภัยแล้งในระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2551 ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-41
รูปที่ 4.34 แผนที่แสดงจำนวนเฉลี่ยของเหตุการณ์อุทกภัยในระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2551 ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-42
รูปที่ 4.35 แผนที่แสดงจำนวนเฉลี่ยของเหตุการณ์ภัยแล้งในระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2551 ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-43
รูปที่ 4.36 ค่า eigenvalue และสัดส่วนความแปรปรวนในแต่ละโหมดของ PCA สำหรับองค์ประกอบ หลัก Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-46

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.37 ค่า eigenvalue และสัดส่วนความแปรปรวนในแต่ละโหมดของ PCA สำหรับองค์ประกอบหลัก Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-47
รูปที่ 4.38 Histogram ของ normalized summed PC scores	4-55
รูปที่ 4.39 ค่า Exposure score ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-56
รูปที่ 4.40 ค่า Sensitivity score ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-57
รูปที่ 4.41 ค่า Adaptive capacity score ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-58
รูปที่ 4.42 ค่า Exposure score ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-59
รูปที่ 4.43 ค่า Sensitivity score ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-60
รูปที่ 4.44 ค่า Adaptive capacity score ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-61
รูปที่ 4.46 การกระจายตัวของดัชนี CoVI ของจังหวัดฉะเชิงเทรา ในรูปของ histogram	4-67
รูปที่ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี CoVI และค่า Exposure-Adaptive capacity score ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-68
รูปที่ 4.49 ดัชนี CoVI ของจังหวัดนครศรีธรรมราช	4-69
รูปที่ 4.50 ดัชนี CoVI ของจังหวัดฉะเชิงเทรา	4-70
รูปที่ 4.51 Spider plot ของค่า Exposure score, Sensitivity score และ Adaptive capacity score ของหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีค่าดัชนี CoVI สูงกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80	4-72
รูปที่ 4.52 Spider plot ของค่า Exposure score, Sensitivity score และ Adaptive capacity score ของหมู่บ้านในจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีค่าดัชนี CoVI สูงกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80	4-74
รูปที่ 5.1 กรอบแนวคิดการเพิ่มภูมิคุ้มกันและความยืดหยุ่นของชุมชน (building resilient community)	5-8
รูปที่ 5.2 กลไกการเชื่อมโยงระหว่างความอ่อนแอและการพัฒนาที่ยั่งยืน	5-9
รูปที่ 5.3 กระบวนการ community-based adaptation ที่ประยุกต์ใช้ในชุมชนทุ่งกุลาร้องไห้	5-9

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทย เป็นประเทศหนึ่งในทวีปเอเชียที่มีความอ่อนแอสูงต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate variability and change) รวมทั้งสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศและภัยพิบัติทางภูมิอากาศ (Climate extreme and disaster) ทั้งนี้เนื่องจากการดำรงชีวิตของประชาชนส่วนใหญ่ และการพัฒนาของประเทศโดยรวม ต้องพึ่งพาฐานทรัพยากรธรรมชาติและผลผลิตที่มีความเปราะบางสูงต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรชายฝั่งทะเล ผลผลิตทางการเกษตร (IGES, 2006; ADB, 2009; Yusuf and Francisco, 2009) นอกจากนี้เมืองขนาดใหญ่ซึ่งเป็นศูนย์กลางการพัฒนาการค้าและเศรษฐกิจ และมีการตั้งถิ่นฐานของชุมชนอย่างหนาแน่น มักตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเล (World Bank, 2008) ปัจจุบันเป็นที่น่าสังเกตว่าประเทศไทยกำลังเผชิญกับสภาวะความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ ที่รวมถึงสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิและฝนในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงและมีความถี่ของการเกิดบ่อยครั้งมากขึ้น (แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ, 2553; อัศมน ลิ้มสกุล และคณะ, 2552; Limjirakan et al., 2009; Limsakul et al., 2010) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ที่รายงานพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ความเสียหายทางเศรษฐกิจ และราษฎรผู้ประสบภัยจากสถานการณ์น้ำท่วมและภัยแล้งในประเทศไทยระหว่างพ.ศ. 2532 - 2551 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (อัศมน ลิ้มสกุล และคณะ, 2552) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย คาบ 57 ปี (พ .ศ.2494 - 2550) พบว่าพายุโซนร้อนหรือไต้ฝุ่นที่มีความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางมากกว่า 63 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป ระหว่างพ.ศ. 2526 - 2550 มีจำนวนครั้งของการเคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทยสูงกว่าระหว่างพ.ศ. 2500 - 2525 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติดังกล่าว ได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตทรัพย์สิน สภาพสังคมและเศรษฐกิจ นับเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี (สุโขโชค เอื้อกฤดาภิการ, 2549; Gupta-Sapir et al., 2004) กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้รายงานถึงความเสียหายจากภัยพิบัติทางภูมิอากาศระหว่างพ.ศ. 2532-2547 พบว่ามีมูลค่า 65,497 ล้านบาท นับว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาความยากจนและการพัฒนาประเทศอย่างต่อเนื่อง ดังเช่นระหว่าง พ.ศ. 2546 - 2550 ประเทศไทย มีพื้นที่เกษตรกรรมประสบอุทกภัยและภัยแล้ง 23,758,577 ไร่ มีเกษตรกรได้รับผลกระทบจำนวน 2,679,021 ราย คิดเป็นมูลค่าความเสียหายที่รัฐบาลได้ให้ความช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบภัยในเบื้องต้นจำนวน 8,341,002,953 บาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553)

มีการคาดการณ์ว่าความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย จะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับในอนาคตอันใกล้ ตามสภาวะความแปรปรวนทางธรรมชาติของระบบภูมิอากาศโลก ที่มีความเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์อย่างซับซ้อนกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ ซึ่งส่งผลกระทบถึงกันและกันมากขึ้นเป็นลำดับ (Gregory et al., 1997; Ziegler, et al., 2003; IPCC, 2007a) อันเนื่องมาจากภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย ตั้งอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางความแปรปรวนของระบบภูมิอากาศโลกที่สำคัญ คือ El Niño-Southern Oscillation (ENSO), Asian Monsoon และ Indian Ocean Dipole (IOD) ซึ่งเป็นโหมดความแปรปรวนของระบบภูมิอากาศที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้นระหว่างมหาสมุทร บรรยากาศและพื้นดิน บริเวณเส้นศูนย์สูตรระหว่างมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก อันเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบภูมิอากาศโลกที่มีแนวโน้มความผิดปกติของความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ในแง่ของความรุนแรงและความถี่ ตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกและอุณหภูมิของโลก (Saji et al., 1999; Timmermann et al., 1999; Lau and Nath, 2003; Chang et al., 2005; Juneng and Tangang, 2005)

การคาดการณ์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและฝนในประเทศไทยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและระยะยาวที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ ENSO (Limsakul et al., 2007; Limsakul and Goes, 2008) นอกจากนี้ผลการศึกษาโครงการการประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ระยะที่ 1 ซึ่งทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของฝนจากฐานข้อมูลฝนรายวัน จำนวน 170 สถานี ได้แสดงให้เห็นถึงสภาวะความรุนแรงของฝนในหลายพื้นที่ของประเทศไทย มีการเปลี่ยนแปลงที่มีรูปแบบและแนวโน้มที่ซับซ้อนขึ้น โดยพบว่า ดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งสองทิศทาง คือ ทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ, 2553) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏในประเทศไทยนั้น มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของฝนในหลายภูมิภาคของโลก (Alexander et al., 2006; IPCC, 2007a) การประเมินพื้นที่วิกฤติของสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ดัชนีรวมของสภาวะความรุนแรงของฝน 10 ดัชนี ด้วยเทคนิค Empirical Orthogonal Function (EOF) พบว่า ผลรวมของ Principal score ของ EOF โหมดที่ 1 ถึง โหมดที่ 3 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของฝนได้ถึงร้อยละ 72.5 ของความแปรปรวนทั้งหมดในชุดข้อมูลเดิมของทั้ง 10 ดัชนี และเป็นดัชนีรวม (Composite index) ที่เป็นตัวแทนดัชนีความรุนแรงของฝนในรูป Total rainfall, Simple daily intensity, Heavy rainfall amount, Number of days above 50 mm, Number of heavy rainfall days, Maximum 1-day rainfall amount และ Maximum 5-day rainfall amount มีการเบี่ยงเบนทางด้านบวกสูงสุด 3 ลำดับแรก (พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย) เกิดขึ้นในจังหวัดนครศรีธรรมราช

แม่ฮ่องสอน และพะเยา ในขณะที่ค่าผลรวมของ Principal score ที่มีการเบี่ยงเบนทางด้านลบสูงสุด 3 ลำดับแรก (พื้นที่เสี่ยงต่อยับแล้ง) เกิดขึ้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา นครราชสีมา และบุรีรัมย์ (แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ, 2553)

ผลการศึกษาในระยะที่ 1 ดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในรายละเอียดที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความอ่อนแอและการประเมินความเสี่ยงในระดับชุมชนในพื้นที่วิกฤติ ทั้งพื้นที่ที่ดัชนีรวมเบี่ยงเบนทางด้านบวกและลบในลำดับต้น ๆ โดยได้คัดเลือกจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่นำร่องในการวิเคราะห์ความอ่อนแอและการประเมินความเสี่ยงจากภาวะความรุนแรงของฝน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ที่จะนำไปใช้ในการวางแผน การดำเนินการ การจัดการ ในการแก้ไข และนำไปปฏิบัติให้เกิดการบรรเทา ภัยยังผลกระทบ และความเสียหายที่เกิดขึ้นในระดับชุมชนของพื้นที่วิกฤติได้อย่างเป็นรูปธรรม และทันต่อเหตุการณ์ อีกทั้งเพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการ ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายของจังหวัด ในการจัดลำดับพื้นที่เร่งด่วนในการรับมือ ป้องกัน และการพัฒนา เพื่อคัดเลือกชุมชนที่วิกฤติ ในการเร่งดำเนินงานด้านการปรับตัวให้มีความเหมาะสมกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสังคมไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อประเมินความอ่อนแอและความเสี่ยงของชุมชนในพื้นที่วิกฤติต่อภาวะความรุนแรงของฝน
- 1.2.2 เพื่อประเมินความอ่อนไหว (sensitivity) และความสามารถในการตั้งรับและปรับตัว (coping/adaptive capacity) ของระบบสิ่งแวดล้อมและของมนุษย์ในพื้นที่วิกฤติ ต่อภัยคุกคามจากภาวะความรุนแรงของฝน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยและแนวทางลดความอ่อนแอ รวมทั้งเสนอแนวทางการปรับตัว และการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่วิกฤติ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพความรุนแรงของฝน

1.3 กิจกรรมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

- 1.3.1 ศึกษา ค้นคว้า และทบทวนเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 1.3.2 จัดทำกรอบแนวคิดเกี่ยวกับ Outcome risk & Social vulnerability indices
- 1.3.3 คัดเลือก Outcome risk & Social vulnerability indices ที่เหมาะสม
- 1.3.4 รวบรวมข้อมูลสถิติภัยแล้ง อุทกภัย พายุและแผ่นดินถล่ม พื้นที่เสี่ยง รวมทั้งความเสียหาย
- 1.3.5 วิเคราะห์และคำนวณ Outcome risk indices
- 1.3.6 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานหมู่บ้าน

- 1.3.7 สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามด้านกายภาพ ชีวภาพ อุทกวิทยา สาธารณูปโภค เศรษฐกิจและสังคม ฯ
- 1.3.8 วิเคราะห์หาดัชนีความอ่อนแอทางสังคม (Social vulnerability)
- 1.3.9 วิเคราะห์และประเมินความอ่อนแอทางชีวภาพ และความอ่อนแอรวม
- 1.3.10 จัดทำแผนที่พื้นที่วิกฤติของความอ่อนแอทางสังคม ชีวภาพ และความอ่อนแอรวม
- 1.3.11 รายงานความก้าวหน้า รายงานฉบับสมบูรณ์

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 Outcome risk & Social vulnerability indices
- 1.4.3 ข้อมูลด้านกายภาพ ชีวภาพ อุทกวิทยา สาธารณูปโภค เศรษฐกิจและสังคม ฯ
- 1.4.4 ดัชนีความอ่อนแอทางสังคม (Social vulnerability)
- 1.4.5 ผลการประเมินความอ่อนแอทางชีวภาพ และความอ่อนแอรวม ระดับความอ่อนแอ ความเสี่ยงของชุมชน
- 1.4.6 แผนที่พื้นที่วิกฤติของความอ่อนแอทางสังคม ชีวภาพ และความอ่อนแอรวม
- 1.4.7 แนวทางลดความอ่อนแอ แนวทางดำเนินการและมาตรการเบื้องต้น สำหรับการปรับตัวและการบริหารจัดการทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะความรุนแรงของฝน
- 1.4.8 รายงานฉบับสมบูรณ์
- 1.4.9 เอกสารวิชาการ/กึ่งวิชาการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการใน/ต่างประเทศ การตีพิมพ์วารสารวิชาการใน/ต่างประเทศ

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร (Literature Reviews)

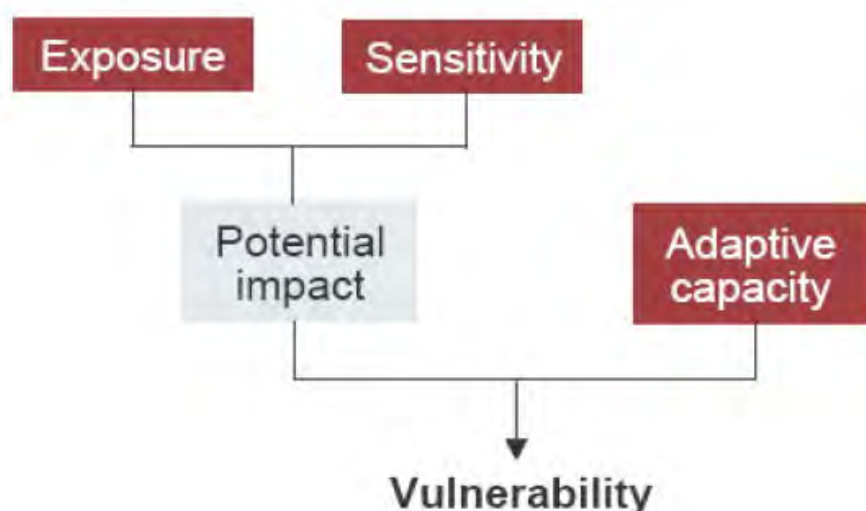
2.1 นิยามและกรอบแนวคิดความอ่อนแอจากภัยพิบัติ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความอ่อนแอ (Vulnerability) คือ สภาวะและกระบวนการที่แสดงถึงระดับความเปราะบางของระบบที่ได้รับผลกระทบจากภัยอันตราย (Hazard) ประเภทใดประเภทหนึ่งหรือภัยอันตรายหลายประเภทรวมกัน (Cutter, 1996; Cutter et al., 2003; Adger et al., 2004; Brooks et al., 2005; Adger, 2006; Gallopin, 2006; IPCC, 2007b; Cutter et al., 2008) อันเนื่องมาจากปัจจัยทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ความอ่อนแอ ยังครอบคลุมถึงการตอบสนองและความสามารถในการปรับตัว อันเป็นปัจจัยที่กำหนดศักยภาพของระบบในการแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบและทนทานต่อภัยคุกคาม (Adger et al., 2004; Adger, 2006; Gallopin, 2006; Cutter et al., 2008) ทั้งนี้ การวิเคราะห์ความอ่อนแอ นับเป็นกรอบแนวคิดที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยสาขาต่าง ๆ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการอธิบายระดับความอ่อนไหวต่อภัยอันตราย ศักยภาพความเสียหายและความสูญเสีย รวมทั้งความสามารถในการตอบสนองและการปรับตัวของระบบสิ่งแวดล้อมกายภาพ ระบบนิเวศและสังคมมนุษย์ รวมทั้งยังช่วยชี้แนะแนวทางและมาตรการเร่งด่วน ในการเสริมสร้างความสามารถในการปรับตัวของระบบ โดยลดความเสี่ยงจากภัยอันตรายและภัยพิบัตินั้น ๆ โดยกรอบแนวคิดดังกล่าว ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาวิจัยระบบสังคม ระบบนิเวศ ระบบธรรมชาติและระบบชีวกายภาพ รวมถึงระบบสังคมนิเวศ (Socio-ecological system) ซึ่งเป็นระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และระบบชีวกายภาพ (Gallopin, 2006; Cutter et al., 2008)

ความอ่อนแอ มีคำจำกัดความที่หลากหลายแตกต่างกันในแต่ละสาขางานวิจัยที่นำไปประยุกต์ใช้ (Adger, 2006; Gallopin, 2006) โดยทั่วไป ความอ่อนแอ หมายถึง สภาวะความเปราะบางที่ก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหาย จากการสัมผัสกับภัยอันตรายหรือแรงกดดันที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมและสังคม (Adger et al., 2004; Adger, 2006; Smit and Wandel, 2006)

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ได้พิจารณาความอ่อนแอ ด้วยฟังก์ชันของ 3 ตัวแปรสำคัญ (รูปที่ 2.1) คือ

- การสัมผัสกับปัจจัยอันตราย/แรงกดดัน (Exposure; who or what is at risk)
- ความอ่อนไหว (Sensitivity; the degree to which people or places can be harmed) และ
- ความสามารถในการปรับตัวของระบบ (Adaptive capacity) (UNFCCC, 2004; IPCC, 2007b; Leary et al., 2008)

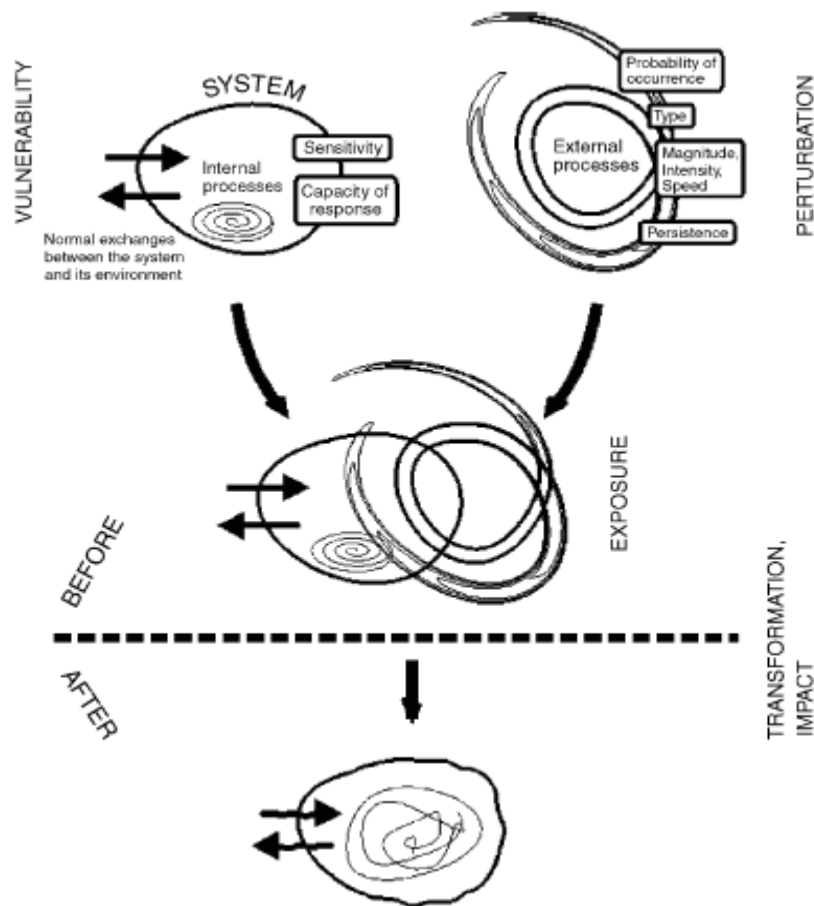


รูปที่ 2.1 องค์ประกอบหรือฟังก์ชันที่กำหนดระดับความอ่อนแอของระบบ
ที่มา : UNFCCC, 2004 และ IPCC, 2007

การสัมผัสกับปัจจัยอันตราย คือ ลักษณะทางธรรมชาติและระดับที่ระบบกำลังประสบหรือสัมผัสกับแรงกดดันและภัยอันตรายซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่ ระยะเวลา ขอบเขต ความรุนแรงและพฤติกรรมของปัจจัยอันตรายหรือเหตุการณ์ที่ระบบกำลังสัมผัสหรือได้รับผลกระทบ (Adger et al., 2004; UNFCCC, 2004; Adger, 2006; IPCC, 2007b; Cutter et al., 2008; Leary et al., 2008) ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภัยอันตราย หมายถึง เหตุการณ์ทางกายภาพที่เกิดจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม พายุ การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางภูมิอากาศ ดังนั้น ผลลัพธ์ของภัยอันตรายก็คือภัยพิบัติที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และทรัพย์สิน การสูญเสียชีวิต ผู้ได้รับผลกระทบและการสูญเสียทางเศรษฐกิจที่มีระบบสังคมที่สัมผัสเป็นสื่อกลางช่วยส่งเสริมหรือบรรเทาผลกระทบจากภัยอันตรายนั้นๆ

สำหรับความอ่อนไหว เป็นการอธิบายถึงระดับผลกระทบทั้งในเชิงบวกและเชิงลบที่ระบบได้รับจากการสัมผัสกับปัจจัยอันตราย (Adger, 2006; Gallopin, 2006; IPCC, 2007b) ความอ่อนไหวของระบบต่อปัจจัยอันตรายถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติและสถานภาพของระบบเป็นหลัก ส่วนความสามารถในการปรับตัวหมายถึงความสามารถของระบบในการปรับตัวต่อการสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม เพื่อลดความเสียหายและเพื่อให้ได้รับผลประโยชน์จากผลกระทบ รวมถึงการตั้งรับกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง (UNFCCC, 2004; Adger, 2006; Brooks et al., 2005; Gallopin, 2006; IPCC, 2007b; Cutter et al., 2008; Leary et al., 2008)

Pallopin (2003) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงมีนัยระหว่างความล่อแหลม ภัยอันตราย การสัมผัส และผลกระทบต่อระบบ ว่าผลกระทบที่ส่งผลให้ระบบเปลี่ยนแปลงเข้าสู่สภาวะใหม่ ขึ้นอยู่กับความล่อแหลมของระบบ คุณสมบัติของสิ่งรบกวน (disturbance) และการสัมผัสกับภัยอันตราย (รูปที่ 2.2)



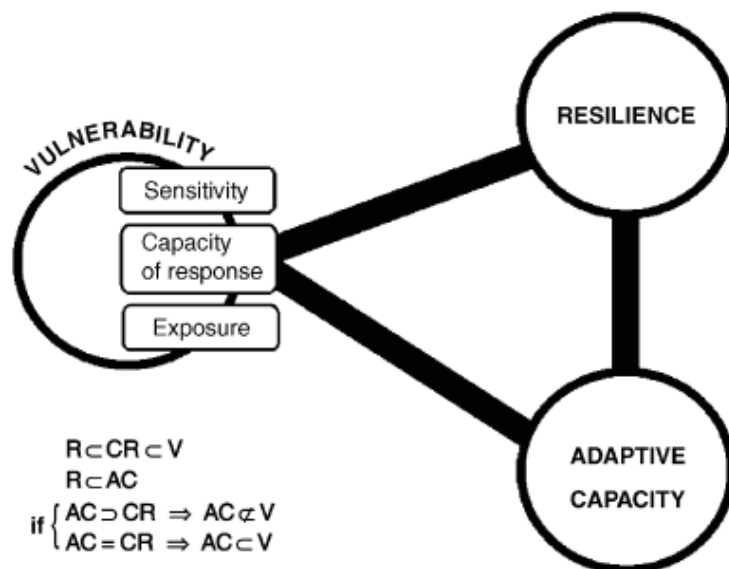
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์เชิงมีนัยระหว่างความล่อแหลม ภัยอันตราย การสัมผัส และผลกระทบต่อระบบสังคมนิเวศ

ที่มา: Gallopin, 2003

ภายใต้บริบทการศึกษาวิจัยระบบสังคมนิเวศแบบพลวัตในระดับโลก Pallopin (2006) ได้ทำการวิเคราะห์กรอบแนวคิดความล่อแหลมเชิงระบบเพิ่มเติม โดยพบว่าความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม (resilience) และความสามารถในการปรับตัว มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับความสามารถในการตอบสนองของระบบ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการปรับตัวของทั้งระบบสังคมนิเวศ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

ในมุมมองของการศึกษาวิจัยระบบสังคมนิเวศ ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมหมายถึงขนาดและระดับของสิ่งรบกวนที่ระบบสามารถดูดซับและทนทานก่อนที่จะเปลี่ยนไปสู่สภาวะใหม่ รวมถึงความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมหรือปรับตัวในสภาพแวดล้อมใหม่ (Adger, 2006; Folke, 2006; Gallopin, 2006) Adger

(2006) พบว่าการวิเคราะห์ความอ่อนแอมีตัวแปรหลักประกอบด้วย 1) การเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันหรือแรงกดดันที่ระบบสังคมนิเวศได้รับ 2) การตอบสนองของระบบ และ 3) ความสามารถในการปรับตัว

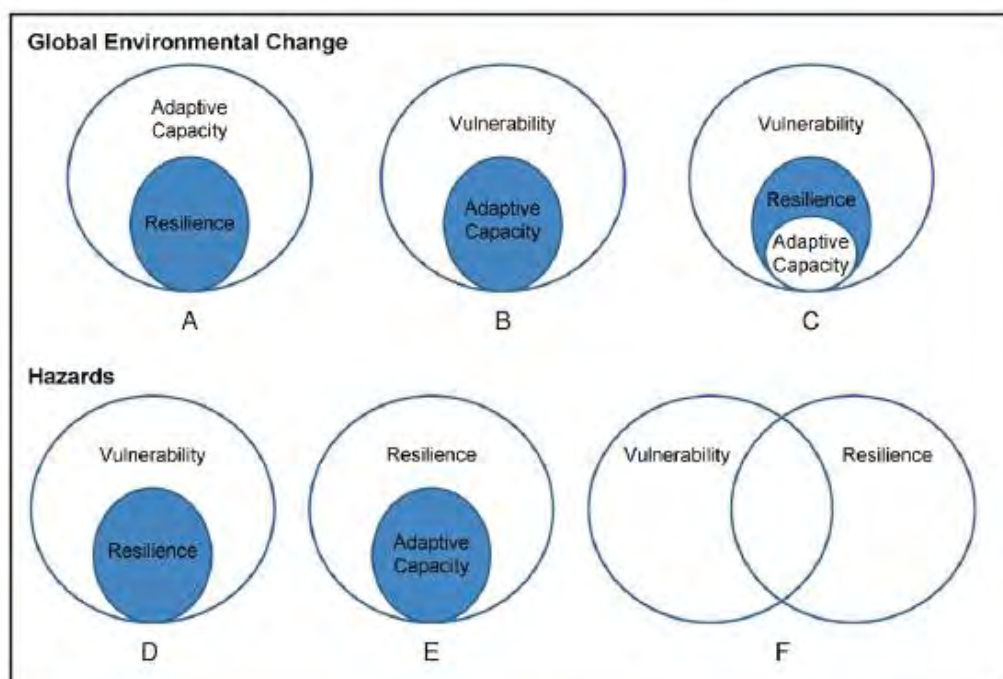


รูปที่ 2.3 กรอบแนวคิดความสัมพันธ์ของความอ่อนแอ ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมและความสามารถในการปรับตัว โดย $\subset$ = 'subset of' , $\not\subset$ = 'not a subset of' , R = resilience, V = vulnerability, AC = adaptive capacity และ CR = capacity of response

ที่มา: Gallopin, 2006

รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์กรอบแนวคิดระหว่างความอ่อนแอ ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม และความสามารถในการปรับตัวในมิติที่แตกต่างกัน รูปที่ 2.4A พิจารณาความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม เป็นองค์ประกอบเชิงบูรณาการของความสามารถในการปรับตัว (Adger, 2006; Folke, 2006) รูปที่ 2.4B จัดความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของความอ่อนแอ (Burton, 2002; O'Brien et al., 2004) รูปที่ 2.4C แสดงทั้งความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมและความสามารถในการปรับตัว เป็นองค์ประกอบที่เชื่อมโยงภายในโครงสร้างทั้งหมดของความอ่อนแอ (Turner et al., 2003; Gallopin, 2006) ในการศึกษาวิจัยด้านภัยพิบัติ ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม จะพิจารณาจากผลลัพธ์ของความสามารถในการกลับคืนสู่สภาพเดิมจากความเสียหายที่เกิดขึ้นหรือความสามารถรับมือกับภัยพิบัติซึ่งผูกติดกับความอ่อนแอ ดังแสดงในรูปที่ 2.4D (Manyena, 2006; Cutter et al., 2008) ส่วนรูปที่ 2.4E ผนวกความสามารถในการปรับตัวและการลดผลกระทบในบริบทของความยืดหยุ่น (Paton and Johnston, 2006; Tierney and Bruneau, 2007) Cutter et al. (2008) ได้

พิจารณาความล่อแหลมและความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม บนกรอบแนวคิดพื้นฐานของแบบจำลองความล่อแหลมเชิงสถานที่ (Hazard-of-place (HOP) model of vulnerability) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของระบบที่แยกจากกัน แต่มีความเชื่อมโยงกันอยู่เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.4E อันเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนความล่อแหลมของระบบ และความเกี่ยวข้องับความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม ในลักษณะและเงื่อนไขทางสังคม รวมทั้งความเสี่ยงในการสัมผัสกับภัยอันตราย



รูปที่ 2.4 ความเชื่อมโยงของกรอบแนวคิดระหว่างความล่อแหลม ความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม และความสามารถในการปรับตัว

ที่มา: Cutter, et. al., 2008

2.2 ประเภทของความล่อแหลมในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ความล่อแหลมในบริบทของความแปรปรวน การเปลี่ยนแปลง และสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) จำนวนหรือศักยภาพความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อระบบจากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยอันตรายหรือภัยพิบัติจากภูมิอากาศ (Brooks, 2003; Adger et al., 2004) อันเกิดจากแนวความคิดพื้นฐานการประเมินภัยอันตรายและผลกระทบ โดยไม่รวมถึงระบบมนุษย์ที่เป็นสื่อกลางในการส่งเสริม หรือบรรเทาผลลัพธ์ของเหตุการณ์ภัยอันตรายนั้น ๆ

2) สภาวะที่ปรากฏอยู่ในระบบก่อนที่จะสัมผัสกับภัยอันตราย (Allen, 2003)

โดยทั่วไป แนวความคิดการประเมินภัยอันตรายและผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จะพิจารณาจากความล่อแหลมของระบบมนุษย์ ที่กำหนดโดยลักษณะทางธรรมชาติของภัยอันตรายที่ระบบกำลังสัมผัสอยู่ โอกาสและความถี่ของการเกิดภัยอันตราย ขอบเขตที่มนุษย์หรือระบบกำลังสัมผัสกับภัยอันตราย รวมทั้งความอ่อนไหวของระบบที่เกิดขึ้นจากผลกระทบ กรอบแนวคิดดังกล่าวข้างต้น เป็นหลักการที่สอดคล้องกับ IPCC ที่รายงานว่า ความล่อแหลมเป็นฟังก์ชันของภัยอันตราย การสัมผัสและความอ่อนไหว (IPCC, 2007b) ซึ่งอาจรวมเรียกว่า ความล่อแหลมทางกายภาพหรือความล่อแหลมทางชีวกายภาพ (physical or biophysical vulnerability)

ความล่อแหลมทางชีวกายภาพ หมายถึง พฤติกรรมของปัจจัยอันตรายทางกายภาพ ผลกระทบทางกายภาพลำดับแรก (first-order) และองค์ประกอบทางด้านชีวภาพและสังคมของระบบที่เป็นสื่อกลางช่วยส่งเสริมหรือบรรเทาความเสียหายที่เกิดจากผลกระทบทางกายภาพในลำดับแรก (Brooks, 2003; Adger, et al., 2004) ดังนั้น ความล่อแหลมทางชีวกายภาพ จึงเกี่ยวข้องกับผลกระทบรวมของระบบที่เกิดจากภัยอันตราย และพิจารณาจากจำนวนความเสียหายของระบบที่เกิดจากการสัมผัสกับภัยอันตราย Jone และ Boer (2003) ใช้ดัชนีความเสียหายในรูปตัวเงิน จำนวนผู้เสียชีวิตและความเสียหายทางเศรษฐกิจ มาวิเคราะห์ความล่อแหลมทางชีวกายภาพ เพื่อแสดงถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับสถานะที่ปรากฏอยู่ในระบบก่อนที่จะสัมผัสกับภัยอันตราย

สำหรับความล่อแหลม ในความหมายของสถานะที่ปรากฏอยู่ในระบบก่อนที่จะสัมผัสกับภัยอันตรายนั้น มีพื้นฐานมาจากการศึกษาปัจจัยทางโครงสร้าง ที่ทำให้มนุษย์และสังคมอ่อนไหวต่อความเสียหายจากภัยอันตรายภายนอก (Allen, 2003) ความล่อแหลมในความหมายนี้ จึงหมายถึงสิ่งที่ปรากฏอยู่ภายในระบบและเป็นอิสระจากภัยอันตรายภายนอก ความล่อแหลมสำหรับระบบมนุษย์ หมายถึง ลักษณะตามธรรมชาติที่เกิดจากคุณสมบัติภายในของระบบรวมเรียกว่าความล่อแหลมตามธรรมชาติหรือทางสังคม (inherent or social vulnerability) โดยความล่อแหลมทางสังคม เป็นความเปราะบางของตัวแปรและปัจจัยทางโครงสร้างของกระบวนการภายในของสังคมหรือระบบ ที่ส่งผลกระทบต่อระดับความอ่อนไหวและความสามารถในการปรับตัว (Allen, 2003; Brooks, 2003; Adger et al., 2004; IPCC, 2007b) ในระบบต่างๆ ที่มีความหลากหลายที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและคงอยู่ ความล่อแหลมทางสังคม ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับสถานภาพขององค์ประกอบด้านต่าง ๆ ของระบบที่กำลังสัมผัสกับปัจจัยอันตรายจากภูมิอากาศ

สำหรับระบบสังคมมนุษย์ ความล่อแหลมมักถูกกำหนดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพเศรษฐกิจ ความยากจน ความไม่เสมอภาค สุขภาพและโอกาสการเข้าถึงแหล่งทรัพยากร ซึ่งผลลัพธ์ของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอันตรายและความล่อแหลมทางสังคม มักปรากฏในรูปของความเสียหายทางเศรษฐกิจและทรัพย์สิน ชีวิตมนุษย์ รวมถึงโรคภัยไข้เจ็บ (IPCC, 2007b) ดังนั้น ความล่อแหลมทางสังคม จึงมีความหมายครอบคลุมถึงความอ่อนไหวของระบบ (Adger et al., 2004) อันเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดถึงความล่อแหลมทางชีวกายภาพ ซึ่งมีส่วน

สำคัญต่อระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นจากภัยอันตราย โดยความสัมพันธ์ของความอ่อนแอทั้งสองส่วนสามารถแสดงได้ดังสมการ (1) (Brooks, 2003; Adger et al., 2004; UNFCCC, 2004)

$$\text{Biophysical vulnerability} = f(\text{Hazard} \times \text{Social vulnerability}) \quad (1)$$

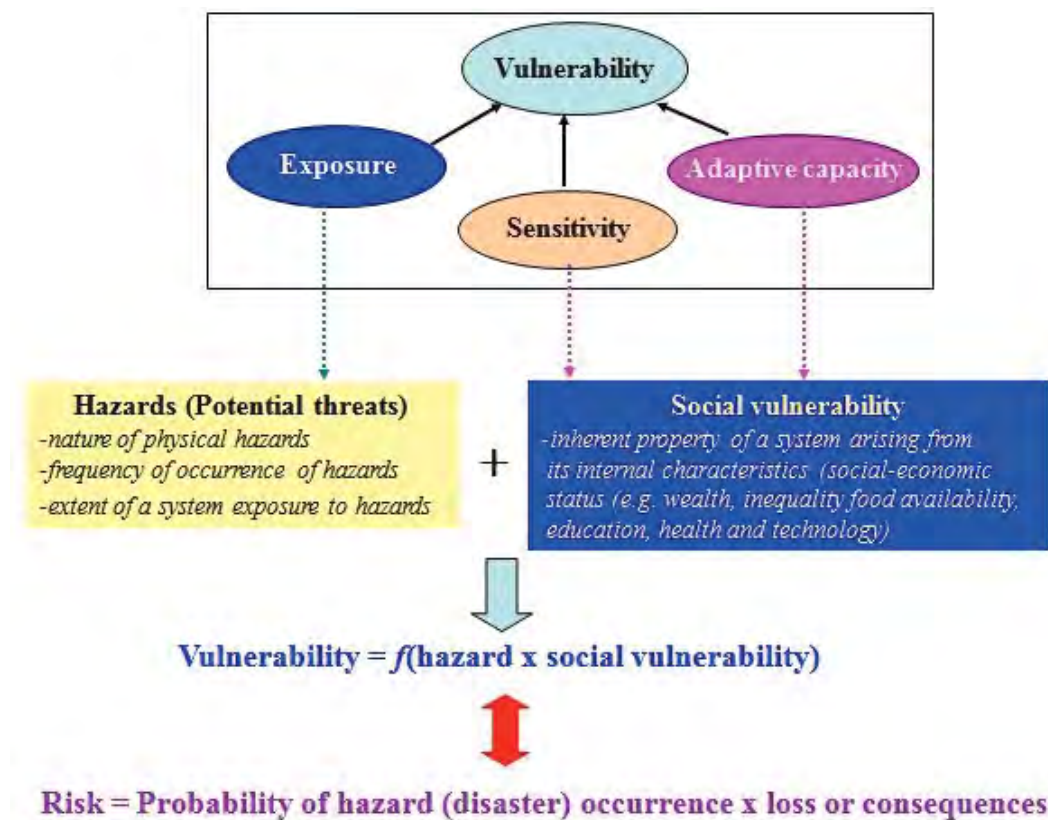
ความสัมพันธ์ในสมการ (1) มีประโยชน์ต่อการออกแบบ วิธีการประเมินความอ่อนแอและความสามารถในการปรับตัว Biophysical vulnerability หมายถึง ผลลัพธ์ทั้งในแง่ของความเสี่ยงและความเสียหาย ภัยอันตรายซึ่งอาจอธิบายได้ในรูปของความเสียหายและโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง โดยความเสี่ยงจากภัยอันตรายและความอ่อนแอ มักแสดงด้วยดัชนี (Indicator) ความอ่อนแอทางชีวกายภาพ ตามนิยามของ IPCC ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวคิดของความเสี่ยง (risk) ที่ใช้ในการศึกษาภัยพิบัติทางธรรมชาติ ความหมายของความเสี่ยงแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ส่วนใหญ่หมายถึงโอกาสในการเกิด 1) ภัยอันตรายที่จะส่งผลให้เกิดภัยพิบัติหรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ หรือ 2) โอกาสการเกิด (probability) ภัยพิบัติและผลลัพธ์ของภัยพิบัติ ดังนั้น ความเสี่ยงจึงถูกนิยามในฟังก์ชันของภัยอันตรายและความอ่อนแอทางสังคม ตลอดจนโอกาสการเกิดและผลที่เกิดขึ้นตามมา (consequence) ดังแสดงในสมการ (2)

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Social vulnerability} = \text{Probability of hazard occurrence} \times \text{Consequences} \quad (2)$$

นอกจากนี้ ความเสี่ยง อาจนิยามได้ในรูปของผลลัพธ์ที่ขึ้นอยู่กับโอกาสการเกิดของภัยอันตรายและความอ่อนแอทางสังคมของระบบที่เผชิญกับภัยอันตราย ซึ่งเป็นตัวกำหนดผลลัพธ์ที่ตามมาของภัยอันตรายนั้น ๆ ทั้งนี้ ผลลัพธ์ของความเสียหาย (outcome risk) คือ ผลลัพธ์ที่มีทั้งลักษณะของระบบและโอกาสการเกิดของเหตุการณ์ที่ส่งผลรวมกันต่อความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น ผลลัพธ์ของความเสียหาย เป็นฟังก์ชันของความเสียหายของเหตุการณ์และความอ่อนแอทางสังคมที่มีความหมายเหมือนกับความเสี่ยงทางชีวกายภาพ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ความเสี่ยงทางชีวกายภาพและความเสี่ยง มีปัจจัยที่กำหนดเหมือนกัน คือ ภัยอันตรายและความอ่อนแอทางสังคม รูปที่ 2.5 และ 2.6 แสดงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างความเสี่ยงและความอ่อนแอทางชีวกายภาพ

ตารางที่ 2.1 คำนิยามของความเสียหายและภัยอันตราย

Author(s)	Risk definition
Smith, 1996	Probability x loss (probability of a specified hazard occurrence), Hazard = potential threat.
IPCC, 2001	Function of probability and magnitude of different impacts.
Morgan and Henrion, 1990	Risk involves an exposure to a chance injury or loss.
Adams, 1995	A compound measures combining the probability and magnitude of an adverse affect.
Jones and Boer, 2003	Probability x consequences Hazard: an event with the potential to cause harm, e.g., tropical cyclones, drought, floods or conditions leading to an outbreak of disease-causing organisms.
Downing et.al., 2001	Expected losses (of lives, persons injured, property damaged, and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period. Hazard: a threatening event, or the probability of occurrence of a potentially damaging phenomenon within a given time period and area.
Downing et.al., 2001	Probability of hazard occurrence Hazard : potential threat to human and their welfare.
Crichton, 1999	Risk is the probability of a loss, and depends on three elements, hazard, vulnerability and exposure.
Stenchion, 1997	Risk might be defined simply as the probability of occurrence of an undesired event [but might] be better described as the probability of a hazard contributing to a potential disaster...importantly, it involves consideration of vulnerability to the hazard.
UNDHA, 1992	Expected losses (of live, person injured, property damaged, and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period. Based on mathematical calculations, risk is the product of hazard and vulnerability.



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของความล่อแหลมที่ความสัมพันธ์กับความเสี่ยง

Hazard	:	potential threat to humans and their welfare
+		
vulnerability	:	exposure and susceptibility to losses
=		
risk	:	probability of hazard occurrence
disaster	:	realisation of a risk

รูปที่ 2.6 ความหมายและองค์ประกอบของความเสี่ยง

2.3 วิวัฒนาการของกรอบแนวคิดและวิธีการวิเคราะห์ความอ่อนแอ

วิธีและกรอบแนวคิดเชิงสหสาขา ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้วิเคราะห์ความอ่อนแอ ความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Cutter et al., 2009) การวิเคราะห์ความอ่อนแอเชิงสหสาขาเกี่ยวข้องกับประเด็นต่างๆ ดังนี้

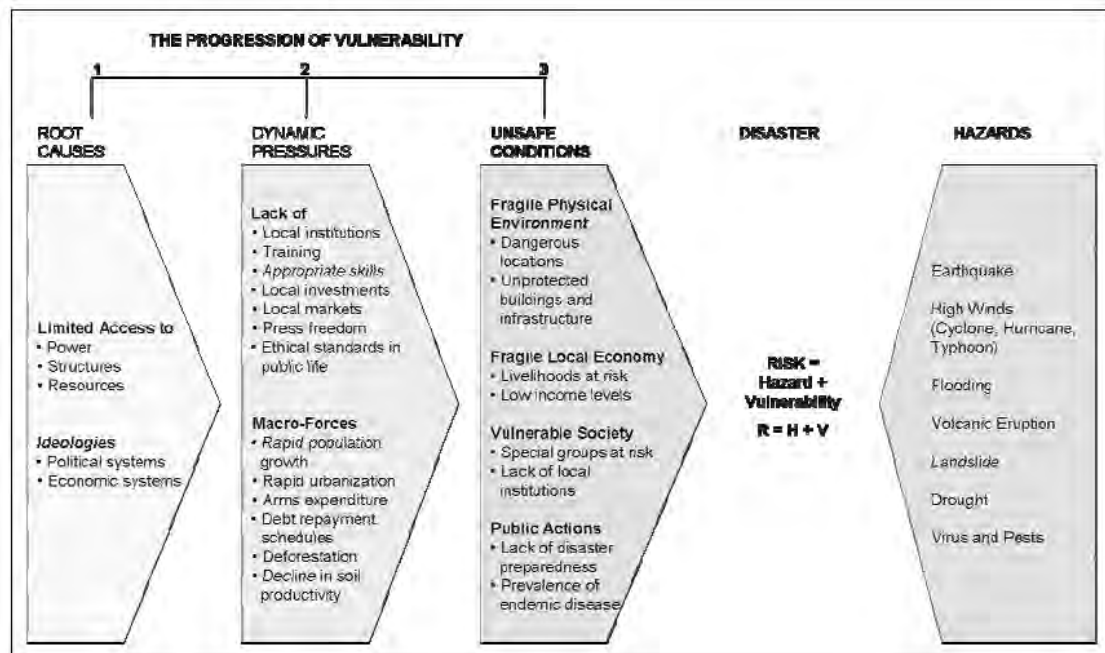
- 1) ความอ่อนแอ การปรับตัว และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
- 2) ภัยพิบัติและการตอบสนอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุทกภัยและภัยแล้ง
- 3) ดัชนีการสังคม และ
- 4) การพัฒนาที่ยั่งยืน (Moss et al., 2001)

การศึกษาความอ่อนแอในระยะแรก อาศัยแบบจำลองที่แสดงการตอบสนองของมนุษย์ต่อภัยอันตรายมากกว่าการตอบสนองต่อสภาพสังคมก่อนเกิดเหตุการณ์ โดยการขับเคลื่อนทางกายภาพของเหตุการณ์ เช่น ระดับความรุนแรงและความถี่ (Kates, 1971; Burton et al., 1993) ต่อมาสภาพสังคมได้มีบทบาทสำคัญมากขึ้นในการศึกษาวิจัย เนื่องจากความอ่อนแอมีลักษณะเป็น 'Multilayer' และ 'Multidimension' ของสังคมที่ถูกกำหนดด้วยความสามารถด้านการเมือง เศรษฐกิจ และสถาบัน/องค์กรของประชาชนในพื้นที่หนึ่งๆ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (Bohle et al., 1994) Watts และ Bohle (1993) พบว่าในระยะแรกความอ่อนแอทางสังคมมีความเกี่ยวข้องกับ 3 ปัจจัย คือ

- 1) สิทธิ (Entitlement)
- 2) การให้อำนาจ (Empowerment) และ
- 3) เศรษฐกิจ-การเมือง (Political economy)

Blaikie et al. (1994) ได้เสนอ Pressure and Release (PAR) Model (รูปที่ 2.7) โดยกรอบแนวคิดของโมเดล PAR แสดงถึงสภาวะที่ไม่ปลอดภัย (ความอ่อนแอ) ที่เกิดจากพลวัตของแรงกดดัน (เช่น การขยายชุมชนเมือง) แทนเงื่อนไขของระบบก่อนเกิดเหตุการณ์ (เช่น ข้อจำกัดในการเข้าถึงทรัพยากร) รวมกับผลพวงของภัยอันตรายทางธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดศักยภาพต่อผลลัพธ์ของความเสียหาย ปัจจุบัน โมเดล PAR เป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการพัฒนาและการดำรงชีวิตของชุมชนอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม กรอบแนวคิดนี้ มีข้อเสียที่ไม่ได้พิจารณาศักยภาพความเชื่อมโยงภายในและ Feedback ระหว่างองค์ประกอบด้านต่าง ๆ รวมทั้งความแปรปรวนทางภูมิศาสตร์และมาตราส่วน (scale) Cutter (1996) และ Cutter et al. (2003) ได้เสนอจำลองแบบมโนภาพของความอ่อนแอเชิงสถานที่ (Hazard-of-place (HOP) model of vulnerability) ซึ่งเป็นแบบจำลองลูกผสมระหว่างภัยอันตราย/ความเสี่ยงและสังคมเศรษฐกิจ (รูปที่ 2.8) ภายใต้กรอบแนวคิดนี้ ความอ่อนแอรวมของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เกิดขึ้นจากผลรวมของความอ่อนแอทางชีวกายภาพและความอ่อนแอทางสังคมที่เป็นผลลัพธ์จาก

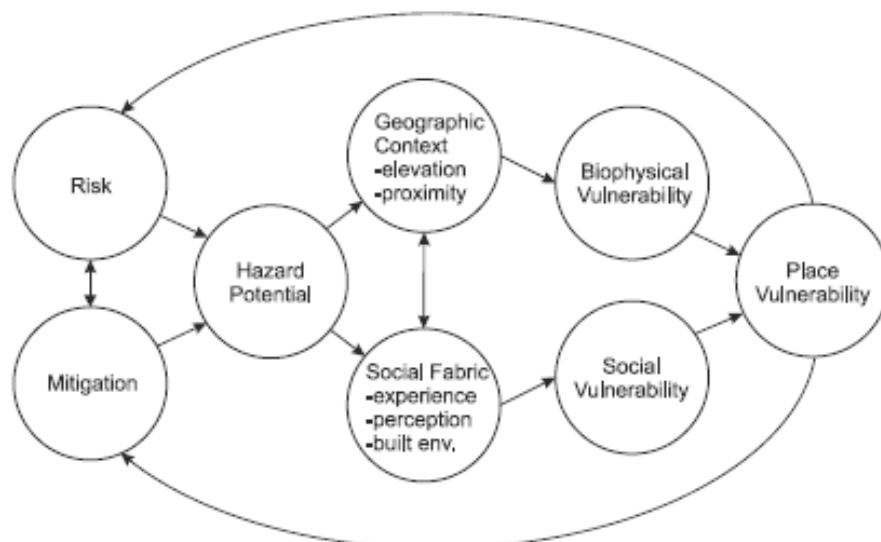
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงและแนวทางลดความเสี่ยงในรูป Hazard potential ซึ่งถูกส่งผ่านและถูกปรับแต่งระดับความรุนแรงด้วยปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่และสังคมในพื้นที่นั้นๆ



Adapted from Blaikie et al. (1994: 23).

รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของ Pressure and Release (PAR) Model

ที่มา: Blaikie et. al., 1994



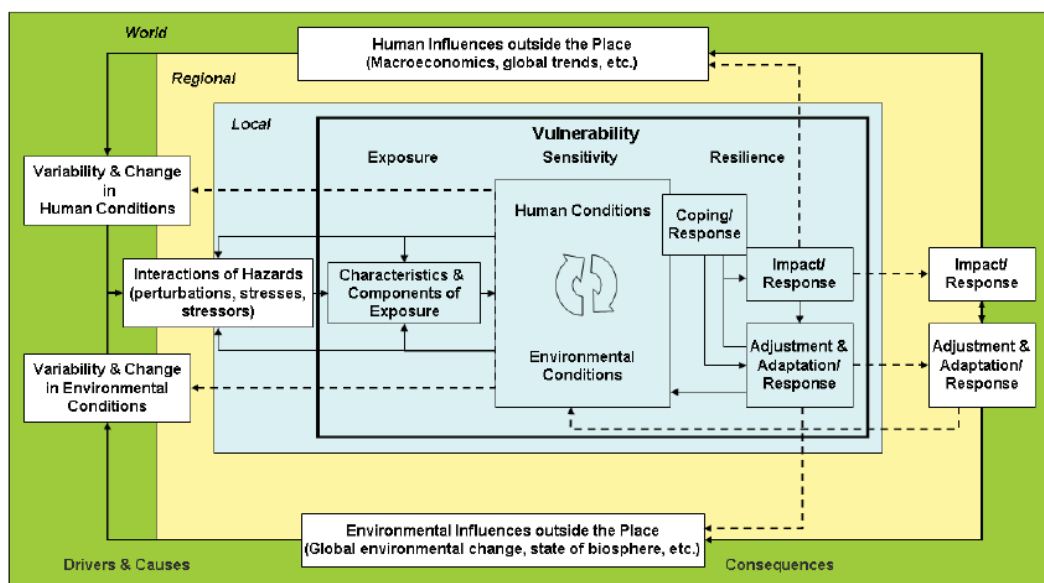
รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของ Hazards-of-Place model of vulnerability

ที่มา: Cutter, 1996; Cutter et. al., 2003

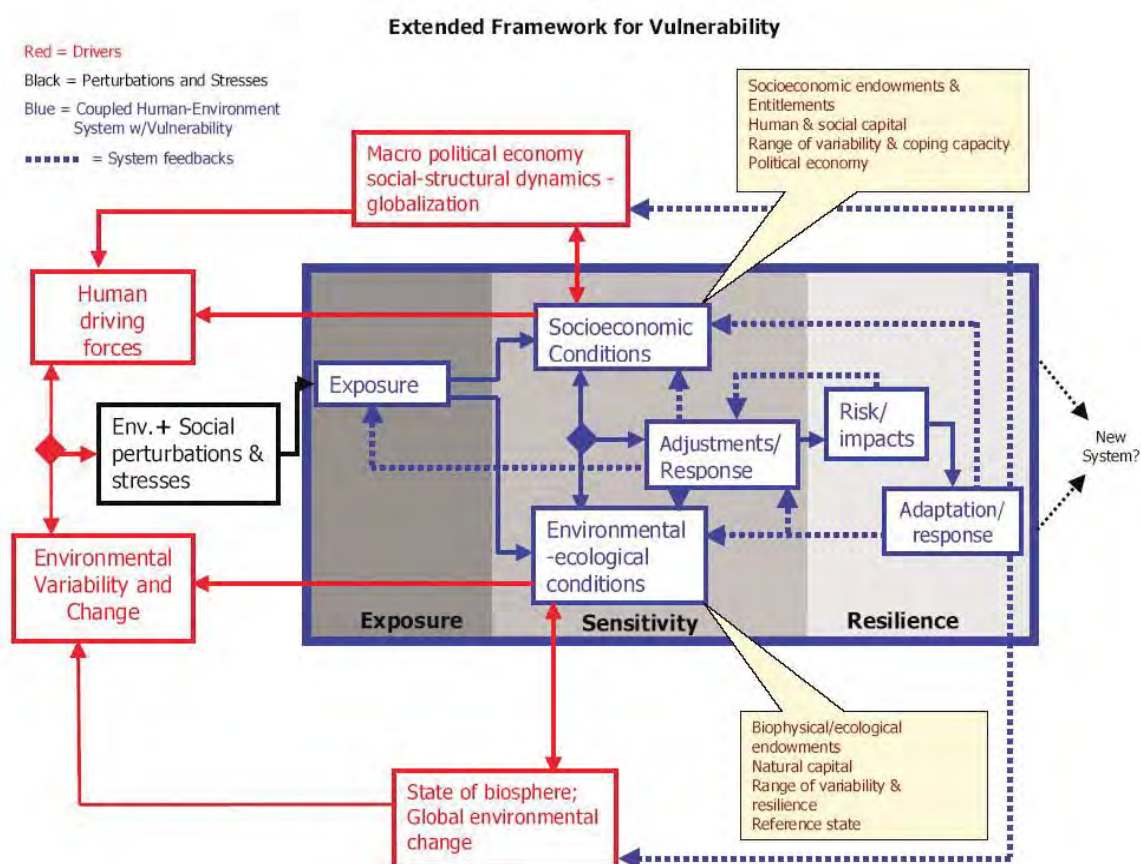
Turner et al. (2003) ได้พัฒนาโมเดลบนพื้นฐานของโมเดล PAR และ Hazard-of-place model (รูปที่ 2.9) กรอบแนวคิดนี้เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในมาตราส่วนที่มีความเชื่อมโยงกับความอ่อนแอต่างมาตราส่วนกัน ซึ่งเป็นโมเดลที่นักวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ให้ความสนใจอย่างมาก มหาวิทยาลัย Clark, Stockholm Environmental Institute และมหาวิทยาลัย Stanford ได้พัฒนากรอบแนวคิดการศึกษาความอ่อนแอเพิ่มเติม โดยเป็นกรอบแนวคิดที่มุ่งเน้นการศึกษาความอ่อนแอของระบบสิ่งแวดล้อมและระบบของมนุษย์ ที่มีปฏิสัมพันธ์กับปัจจัยคุกคามหลายๆ ตัวแปรทั้งที่เกิดขึ้นในระบบและนอกระบบ (De Sherbinin, 2007) กรอบแนวคิดนี้ ยังได้แสดงลักษณะพลวัตของระบบ การเชื่อมโยงของปัจจัย ภายใน/ภายนอก และ Feedback (รูปที่ 2.10) โดยกรอบแนวคิดนี้ ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาความอ่อนแอของเมืองขนาดใหญ่ (mega city) ที่มีปัจจัยคุกคามจากภูมิอากาศ (De Sherbinin, 2007)

United Nations Framework Convention on Climate Change (2004, 2008) ได้จัดทำวิธีการการประเมินผลกระทบและความอ่อนแอด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 2 วิธี ดังนี้

- 1) Top-down approach (Impact-based approach) เป็นวิธีการประเมินที่ใช้ Scenario จากแบบจำลองภูมิอากาศ (General Circulation Model; GCM) จากระดับภูมิภาคถึงระดับประเทศ และระดับพื้นที่ขนาดเล็ก เพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นภายใต้ Scenario ที่แตกต่างกันในอนาคต (UNFCCC, 2004,2008) ผลการคาดการณ์ (Projection) ที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศ จะนำมาวิเคราะห์ร่วมกับ Biophysical Scenario และ Socio-economic scenario เพื่อประเมินผลกระทบในภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่งเป็นการเฉพาะ โดยทั่วไป ความแตกต่างเชิงพื้นที่และเวลา และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง นำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นเส้นตรง ดังนั้น ในการเปลี่ยนแปลงระยะสั้น ระดับผลกระทบ (Threshold effect) และค่าเสียหายระดับท้องถิ่น ไม่สามารถจำแนกและอธิบายปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์และความสามารถของท้องถิ่นในการปรับตัวได้ อย่างไรก็ตาม Top-down approach ก็มีข้อดีในการกำหนดกรอบประเด็นและปัญหา
- 2) Bottom-up approach (Vulnerability-based approach) เป็นวิธีที่พัฒนามาจากภัยพิบัติธรรมชาติ การวิเคราะห์ความยากจน ความมั่นคงทางด้านอาหาร และการดำรงชีวิตของประชาชนอย่างยั่งยืน (UNFCCC, 2004, 2008) โดยมุ่งเน้นที่ผลกระทบระยะสั้นในระดับชุมชนและท้องถิ่น ทั้งนี้แนวคิดดังกล่าว สามารถดำเนินการได้ โดยไม่ต้องอาศัยรายละเอียดความแปรปรวนเชิงเวลาของข้อมูลภูมิอากาศ จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ แต่จะใช้ข้อมูลเศรษฐกิจสังคม และกระบวนการมีส่วนร่วม (Participatory

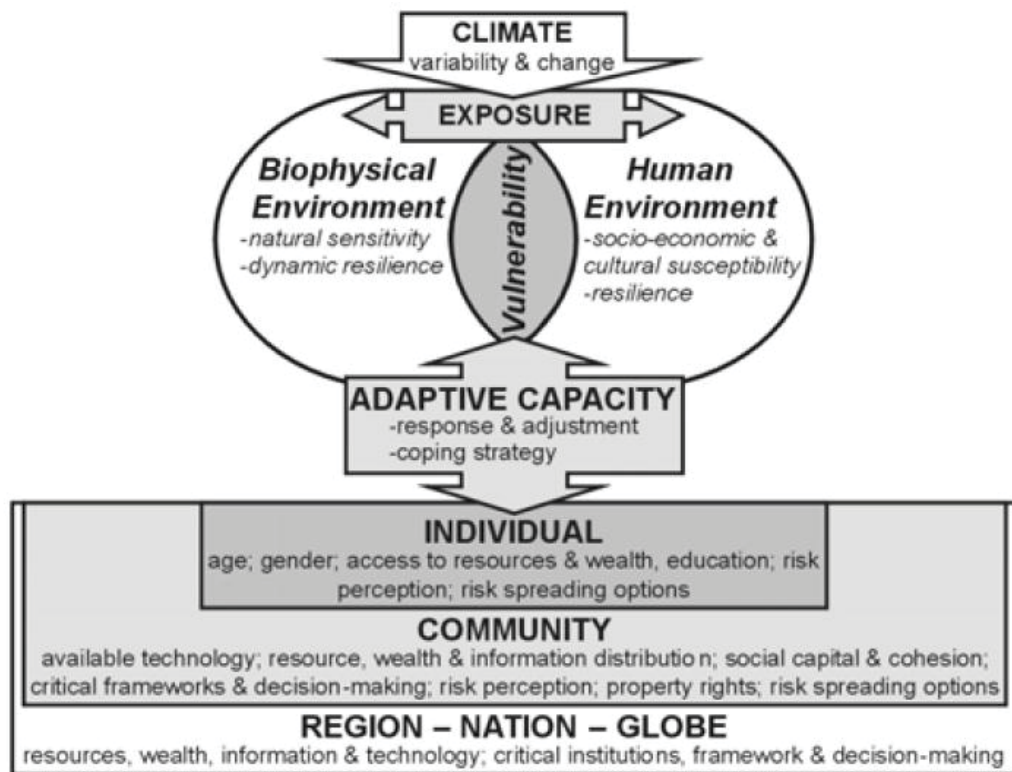


รูปที่ 2.9 องค์ประกอบ Vulnerability framework of nested scales and coupled system
ที่มา: Turner et al., 2003



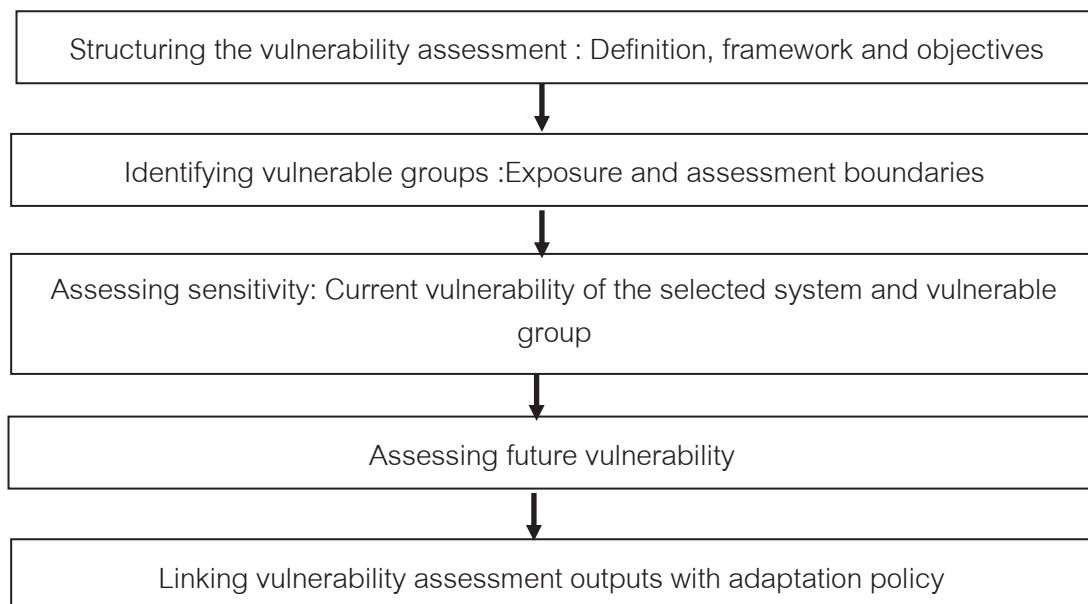
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบพื้นฐาน พลวัตรของระบบ การเชื่อมโยงกับปัจจัยภายในและภายนอก รวมทั้ง
feedbacks ของกรอบแนวคิดการศึกษาคความอ่อนแอ
ที่มา : De Sherbinin et al., 2007

approach) มาวิเคราะห์ปัจจัยของระบบสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ พลวัตทางเศรษฐกิจ-สังคม องค์การ ภาวะเปราะบาง นโยบายและประเพณี เพื่อแสดงให้เห็นถึงการสัมผัสกับภัยอันตราย ความอ่อนแอและ ทางเลือกของชุมชน กลยุทธ์และความสามารถในการปรับตัว (UNFCCC, 2004, 2008) ข้อมูลเศรษฐกิจ-สังคม ที่นำไปวิเคราะห์การจัดการความเสี่ยงของภัยพิบัติ (Disaster Risk Management; DRM) สามารถ นำมาเป็นข้อมูลนำเข้าที่มีคุณค่าในการประเมินความอ่อนแอ โดย National Adaptation Programmes of Action (NAPA) ภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้นำ Vulnerability-based approach มาจำแนกและวิเคราะห์ความจำเป็นและลำดับความสำคัญเร่งด่วน ในการปรับตัวของ ประเทศด้อยพัฒนา (UNFCCC, 2004 และ 2008) ซึ่งข้อมูลระดับชุมชนเป็นแหล่งข้อมูลนำเข้าสำคัญ เนื่องจากชุมชนระดับรากหญ้า เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรง นอกจากนี้ Bottom-up approach ยังได้ นำมาประยุกต์ใช้ในหลายภูมิภาคของโลก เช่นโครงการ Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change (AIACC) (Leary et al., 2008) พบว่าผลการศึกษามีส่วนสำคัญในการสร้างองค์ ความรู้ใหม่ด้านความอ่อนแอ และความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศกำลังพัฒนา โดย มีการรวบรวมและสังเคราะห์ ในรายงานการประเมินการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ครั้งที่ 4 ของ IPCC (IPCC, 2007a) และเป็นส่วนสำคัญในรายงานแห่งชาติ (National Communication) (UNFCCC, 2008) กรอบแนวคิดเชิงบูรณาการของ Vulnerability-led approach ในการศึกษาความอ่อนแอจากความ แปรปรวน การเปลี่ยนแปลง และสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศแสดงไว้ในรูปที่ 2.11 (Dolan and Walker, 2004) Downing และ Patwardhan (2004) ได้อธิบายแนวทางการประเมินความอ่อนแอ ปัจจุบันและในอนาคตประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (รูปที่ 12) ในขณะที่ Polsky et al. (2003) ได้เสนอ 8 ขั้นตอนสำหรับการประเมินความอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงของโลกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (รูปที่ 2.13) (Polsky et al., 2003)



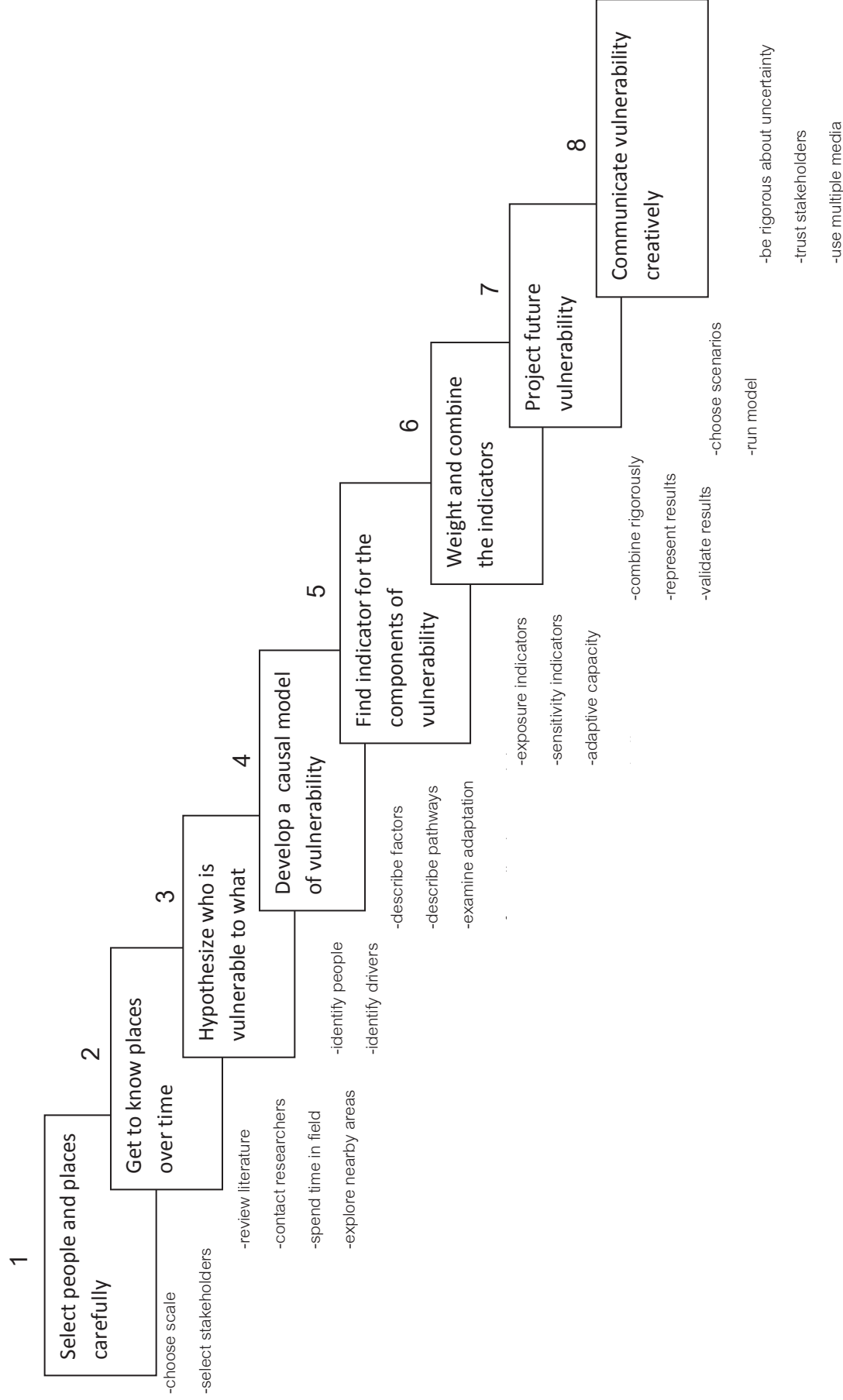
รูปที่ 2.11 กรอบแนวคิดเชิงบูรณาการของ Vulnerability-led approach

ที่มา: Dolan and Walker, 2004



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการประเมินความอ่อนแอ

ที่มา: Downing and Patwardhan, 2004



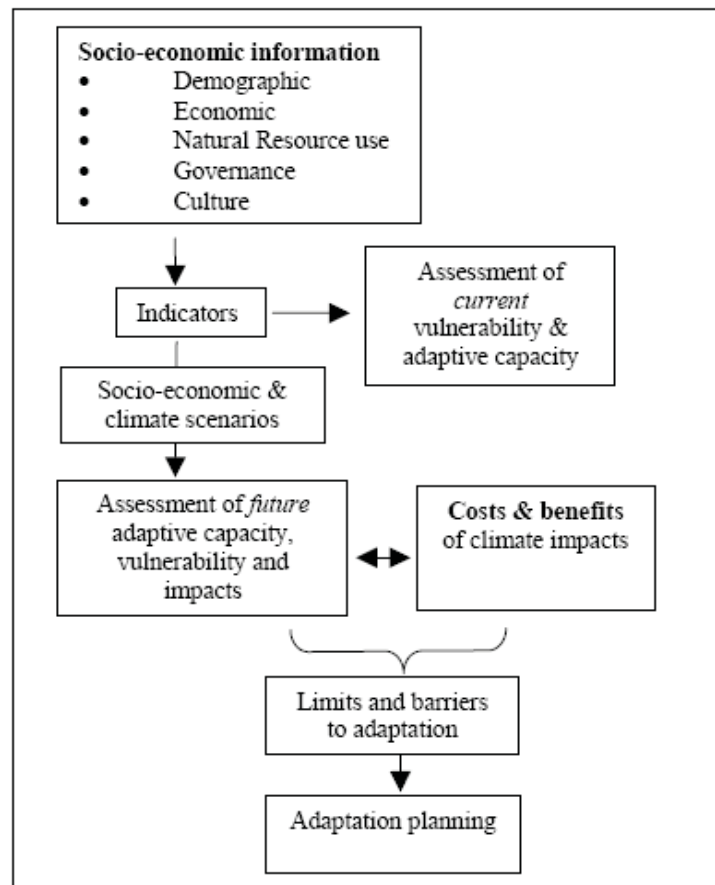
รูปที่ 2.13 ขั้นตอนสำหรับการประเมินความอ่อนแอและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของโลกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ที่มา: Polsky et al., 2003

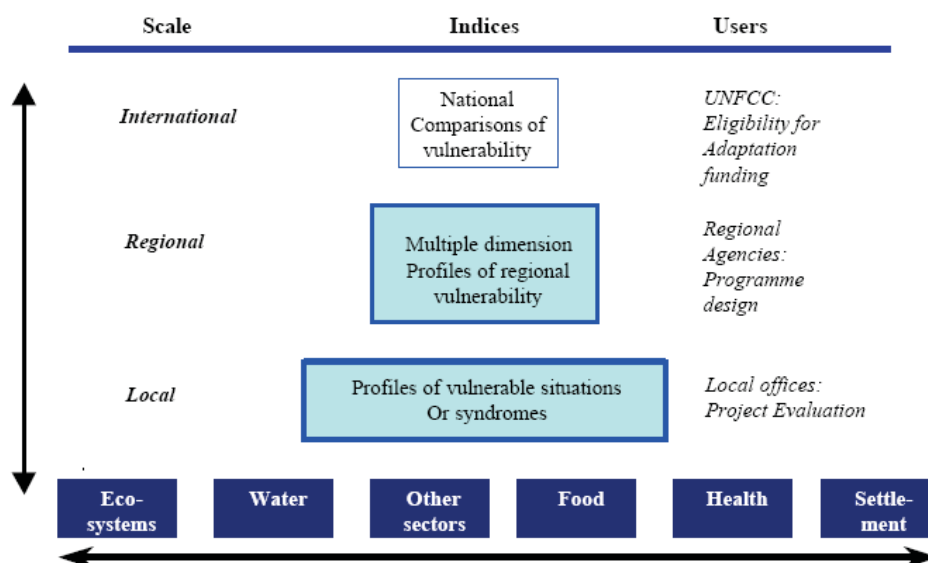
ความรุนแรงของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ไม่เพียงขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรรมชาติของภัยอันตรายและความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมของระบบนิเวศธรรมชาติเท่านั้น แต่ยังถูกกำหนดด้วยปัจจัยอื่น เช่น ระดับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ความไม่เท่าเทียมกันทางสังคม ความสามารถของมนุษย์ในการปรับตัว สุขภาพและการบริการทางสุขภาพ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ทางเลือกด้านเศรษฐกิจสำหรับการดำรงชีวิตของประชาชน และปัจจัยอื่น ๆ ดังนั้น ข้อมูลเศรษฐกิจ-สังคม จึงเป็นส่วนสำคัญในการประเมินผลกระทบและความอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมทั้งการวางแผนทางด้านการปรับตัว รูปที่ 2.14 แสดงข้อมูลด้านเศรษฐกิจ-สังคมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบ ความอ่อนแอและการปรับตัว ซึ่งข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมส่วนใหญ่ที่นำมาประเมินผลกระทบและความอ่อนแอ จะผ่านกระบวนการพัฒนาและการจัดทำดัชนี (Indicator) หรือชุดของดัชนี (Indices) เพื่ออธิบายสภาพทางเศรษฐกิจ-สังคมในกรณีการประเมินผลกระทบและแสดงถึงปัจจัยขับเคลื่อน (Driver) และตัวกำหนดความอ่อนแอ ตลอดจนความสามารถในการปรับตัว Downing et al. (2001) พบว่า ดัชนีความอ่อนแอสามารถช่วยจำแนกและวิเคราะห์พื้นที่ความอ่อนแอในทุกภาคส่วน ในกลุ่มประชาชน ในการปลูกจิตสำนึก ตลอดจนเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์ในการติดตามตรวจสอบ และนำไปใช้ในระดับท้องถิ่นจนถึงระหว่างประเทศ (รูปที่ 2.15)

2.4 การตรวจวัดความอ่อนแอและดัชนีความอ่อนแอ

การเปลี่ยนแปลงไปตามพลวัตทางธรรมชาติ ทำให้การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ บนพื้นฐานแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ เปลี่ยนไปเป็นการประเมินและการตรวจวัดความอ่อนแอเชิงปริมาณ (Cutter et al., 2009) ดัชนีหรือตัวชี้วัด (indicator) เป็นเครื่องมือเชิงปริมาณที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงลักษณะหรือปัจจัยของระบบที่สนใจ ซึ่งอาจประกอบด้วยตัวแปรเพียงตัวแปรเดียวหรือหลายตัวแปรรวมกัน (Cutter et al., 2008, 2009) ดัชนีหลายตัวแปรจะถูกนำมารวมกันในลักษณะดัชนีรวม (indices) เพื่อลดความซับซ้อนของระบบให้เป็นระบบเมตริกซ์เชิงเดียวซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเปรียบเทียบและการประเมินสภาพสังคมที่ทำให้เกิดความอ่อนแอต่อภัยธรรมชาติ ตลอดจนการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง การจำแนกและการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Gall, 2007; Cutter et al., 2008, 2009) ดัชนีอาจวัดตัวแปรที่สนใจได้โดยตรงหรือตัวแปรอื่นที่เป็นตัวแทนของตัวแปรที่สนใจ (Rossi and Gilmartin, 1980; Babbie and Mouton, 2001; Gall, 2007; Cutter et al., 2008, 2009) ซึ่งจะมีการปรับแก้ไขอยู่บ่อยครั้ง เพื่อวัตถุประสงค์ทางสถิติและการเปรียบเทียบ และมักเปลี่ยนอยู่ในรูปของอัตราร้อยละ และในรูปอื่น ๆ (Rossi and Gilmartin, 1980; Gall, 2007) ข้อแตกต่างระหว่างดัชนีและตัวแปรก็คือตัวแปรจะไม่มี การปรับแก้ค่าที่แตกต่างกันที่สังเกตได้



รูปที่ 2.14 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ-สังคมหลักที่ใช้ในการประเมินผลกระทบความอ่อนแอและการปรับตัว
ที่มา: UNFCCC, 2008



รูปที่ 2.15 ลำดับความอ่อนแอและดัชนีความอ่อนแอ
ที่มา: Downing et. al. 2001

ดัชนีถูกนำมาใช้ตั้งแต่ทศวรรษ 1960 เพื่อตรวจสอบความไม่เท่าเทียมกันของสุขภาพและสังคมภายในเมือง ในทศวรรษ 1970s มีการประยุกต์ใช้ดัชนีติดตามตรวจสอบความก้าวหน้าการลดมลพิษในชุมชนเมือง หลังทศวรรษ 1990 งานวิจัยมุ่งเน้นดัชนีความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของโลกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Cutter et al., 2008) ปัจจุบัน ดัชนีรวมของความล่อแหลมทางสังคมมีลักษณะที่แตกต่างกันในด้าน การคัดเลือกดัชนี สถิติที่ใช้ การผนวกมาตราส่วนและเวลา (Hill and Cutter, 2002) การศึกษาวิจัยที่กล่าวมา มีการใช้ดัชนีเดียว (เช่น เพศ รายได้) และดัชนีหลายมิติ (เช่น การขยายตัวของชุมชนเมือง ความยากจน) รูปที่ 2.15 แสดงถึงความหลากหลายของการใช้ดัชนีเชิงปริมาณของความล่อแหลมในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาคและระหว่างประเทศ สำหรับในระดับภูมิภาค ดัชนีภาคส่วน (sectoral index) สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบและกำหนดโครงการ นอกจากนี้ ดัชนีความล่อแหลม ยังสามารถช่วยวางแผนยุทธศาสตร์ในการปรับตัวการออกแบบโครงการเพื่อติดตามตรวจสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และส่งเสริมความสามารถในการปรับตัวในระดับโลก ดัชนี จะนำมาใช้บ่อยครั้งในการเปรียบเทียบความล่อแหลมระหว่างประเทศ (Dowing et al., 2001)

Gall (2007) ได้สรุปมิติที่มีอิทธิพลก่อให้เกิดความล่อแหลมทางสังคมจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ และความไม่เสมอภาคด้านสุขภาพ (ตารางที่ 2.2) โดยดัชนีรวม ถูกคัดเลือกอยู่บนพื้นฐานของกรอบทฤษฎีและความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันหรือทั้งสองอย่างรวมกัน (Diener and Suh, 1997) Vincent (2004) ได้จัดทำดัชนีความล่อแหลมทางสังคมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยคัดเลือกจากเอกสารงานวิจัยและมีการเพิ่มดัชนีบางตัว เช่น ความแข็งแรงของโครงสร้างพื้นฐาน และการทุจริต UNDP (2004) ได้พัฒนาดัชนีความเสี่ยงจากภัยพิบัติจากความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยดัชนีถูกคัดเลือกจากสมการถดถอยเชิงเส้นตรง Cutter et. al. (2003) พัฒนาดัชนีแบบผสมผสานของดัชนีความล่อแหลมทางสังคมที่ถูกพัฒนาโดยดัชนีจำนวน 250 ดัชนี คัดเลือกเหลือ 42 ดัชนีหลังจากทำการ normalize และทดสอบ multicollinearity การศึกษาส่วนใหญ่ ใช้ข้อมูลผู้เสียชีวิตจากภัยอันตราย เป็นผลรวมของความล่อแหลมทางชีวภาพและทางสังคมร่วมกัน Adger et. al. (2004) อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างผู้เสียชีวิตจากภัยอันตรายกับดัชนีเศรษฐกิจ-สังคมเป็นวิธีเบื้องต้นในการคัดเลือกดัชนี โดยพิจารณาเงื่อนไขอย่างน้อย 3 ตัวคือ 1) รวบรวมเชิงปริมาณและง่ายตรงประเด็น 2) แสดงถึงปรากฏการณ์ที่สนใจ และ 3) สามารถสื่อสารได้ตรงประเด็น (Dowing et al., 2001; UNFCCC, 2008)

ตารางที่ 2.2 มิติที่มีอิทธิพลต่อความล่อแหลมทางสังคมจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ

<i>Social Vulnerability Dimensions</i>	<i>Health Disparities</i>
Income ^{1, 2, 3, 7}	Income ^{10, 11, 12, 13, 14}
Gender ^{1, 5}	Gender ^{10, 15, 19, 20}
Race, ethnicity ^{1, 6, 8}	Race, ethnicity ^{10, 16, 17, 18}
Age ^{1, 7}	Age ^{10, 19, 20}
Unemployment, dependence on social services ^{1, 2, 4}	Unemployment, dependence on social services ^{10, 14, 21, 22}
Residential property – renters, housing conditions ^{1, 4, 7}	Housing conditions ^{10, 14}
Infrastructure (e.g. medical services), lifelines ^{1, 2, 4, 27}	Infrastructure (mainly access to medical care) ^{10, 14, 22}
Occupation/working conditions ^{1, 4}	Working conditions ^{10, 22}
Family structure, social networks ^{1, 4}	Social networks ^{3, 13, 22}
Education ^{1, 2, 4}	Education ^{10, 14, 23}
Culture ¹	Culture ^{10, 23}
Place (incl. rural/urban dichotomy) ^{1, 2, 7}	Place ^{10, 13, 24, 25, 28}
Population growth ^{1, 2, 4, 7, 9}	
Special needs populations (e.g. marginalized, disabled) ^{1, 2, 9}	
Commercial and industrial development ^{1, 4}	
Built environment ¹	
Institutions and governance (social capital) ^{2, 9}	
	Physical environment ^{10, 14}
	Genetic endowment ^{10, 14, 26}
	Psychological environment ^{10, 22}
	Risk behavior, personal health practices ^{10, 22}

¹Cutter et al. (2003), ²Adger et al. (2004), ³Burton et al. (1993), ⁴Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), ⁵Fothergill (1996), ⁶Pulido (2000), ⁷Cutter et al. (2000), ⁸Fothergill et al. (1999), ⁹Blaikie et al. (1994), ¹⁰Federal/Provincial and Territorial Advisory Committee on Population Health (1999), ¹¹Eschenroeder and Norris (2003/2004), ¹²Kaplan et al. (1996), ¹³Kawachi and Kennedy (1997), ¹⁴Millar and Hull (Millar and Hull 1997), ¹⁵Cameron and Bernardes (1998), ¹⁶Marmot et al. (1991), ¹⁷Murray et al. (1998), ¹⁸Shaw et al. (1999), ¹⁹Newbold (2002), ²⁰Weeks (2004), ²¹Bartley et al. (1999), ²²Wilkinson and Marmot (1998), ²³Caldwell (1990), ²⁴Brunner and Marmot (1999), ²⁵Curtis and Jones (1998), ²⁶Brunner (2000), ²⁷Platt (1991), ²⁸Montgomery et al. (2003).

2.5 โครงสร้างและองค์ประกอบของดัชนีความอ่อนแอหลัก

Gall (2007) ได้วิเคราะห์ ทดสอบ และเปรียบเทียบดัชนีความอ่อนแอหลัก 7 ดัชนี ซึ่งแต่ละดัชนีได้นำมาใช้ในการประเมินและติดตามตรวจสอบความอ่อนแอในระดับโลกและภูมิภาค โดย 4 ดัชนี เป็นดัชนีความอ่อนแอทางสังคม ได้แก่ Prevalent Vulnerability Index (PVI), Social Vulnerability to Climate Change for Africa (SVA), Disaster Risk Index (DRI), Predictive Indicators of Vulnerability (PIV) และอีก 3 ดัชนีที่เหลือนำมาใช้ประเมินคุณภาพชีวิตและการพัฒนาที่ยั่งยืน ได้แก่ Human Development Index (HDI), Human Well-being Index (HWI) และ Environmental Sustainability Index (ESI) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ดัชนีดังกล่าว แสดงและอธิบายสภาพสังคม-เศรษฐกิจในเชิงปริมาณ ซึ่งบ่งบอกถึงศักยภาพของสังคมที่ประสบภัยอันตรายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ

ตารางที่ 2.3 ดัชนีความอ่อนแอทางสังคมในระดับภูมิภาคและระดับโลก

<i>Index</i>	<i>Author & Data Source</i>	<i>Concept</i>	<i>Sub-indices #</i>	<i>Variables #</i>	<i>Vulnerability Ranking</i>	<i>Input Data Sources</i>
HDI	UNDP (1990; 2005)	Quality of life	1	4	Low to high vulnerability	UN data
HWI	Prescott-Allen (2001)	Quality of life	5	33	Low to high vulnerability	Mostly UN data
ESI*	Esty et al. (2005)	Sustainable Development	21 (7*)	76 (31*)	Low to high vulnerability	Mostly World Bank, UN data, etc.
PVI	IADB (2005)	Social Vulnerability	3	24	High to low vulnerability	UN data, national census data
SVA	Vincent (2004)	Social Vulnerability	4	8	High to low vulnerability	World Bank, UN data
DRI*	UNDP (2004)	Social Vulnerability	3 (4)	10 (6*)	High to low vulnerability	UN data, EM-DAT
PIV	Adger et al. (2004)	Social Vulnerability	none	46	High to low vulnerability	EM-DAT, HDI, UNEP/GRID, Freedom House Index, and more

*For comparative purposes, biophysical elements have been eliminated from the original index design to ensure analysis of socioeconomic characteristics only. The reduced number of indicators and/or sub-indices is provided in parenthesis.

HDI = Human Development Index

HWI = Human Wellbeing Index

ESI* = Human Vulnerability Component of the 2005 Environmental Sustainability Index

PVI = Prevalent Vulnerability Index

SVA = Index of Social Vulnerability to Climate Change for Africa

DRI = Disaster Risk Index

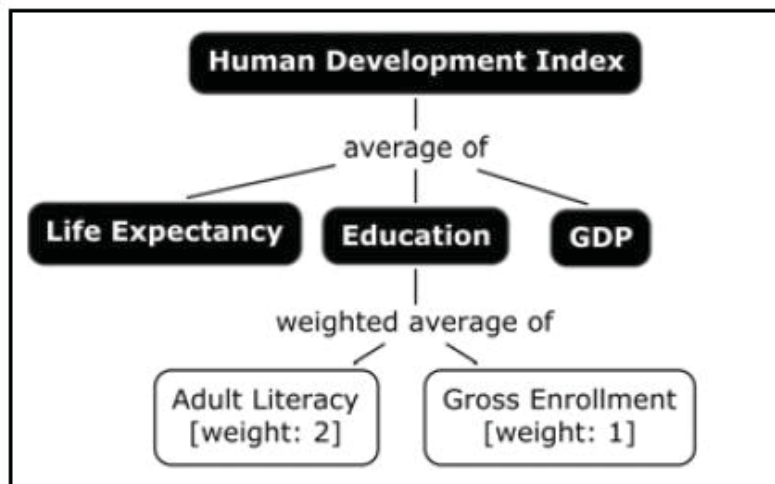
PIV = Predictive Indicator of Vulnerability

ที่มา: Gall, 2007

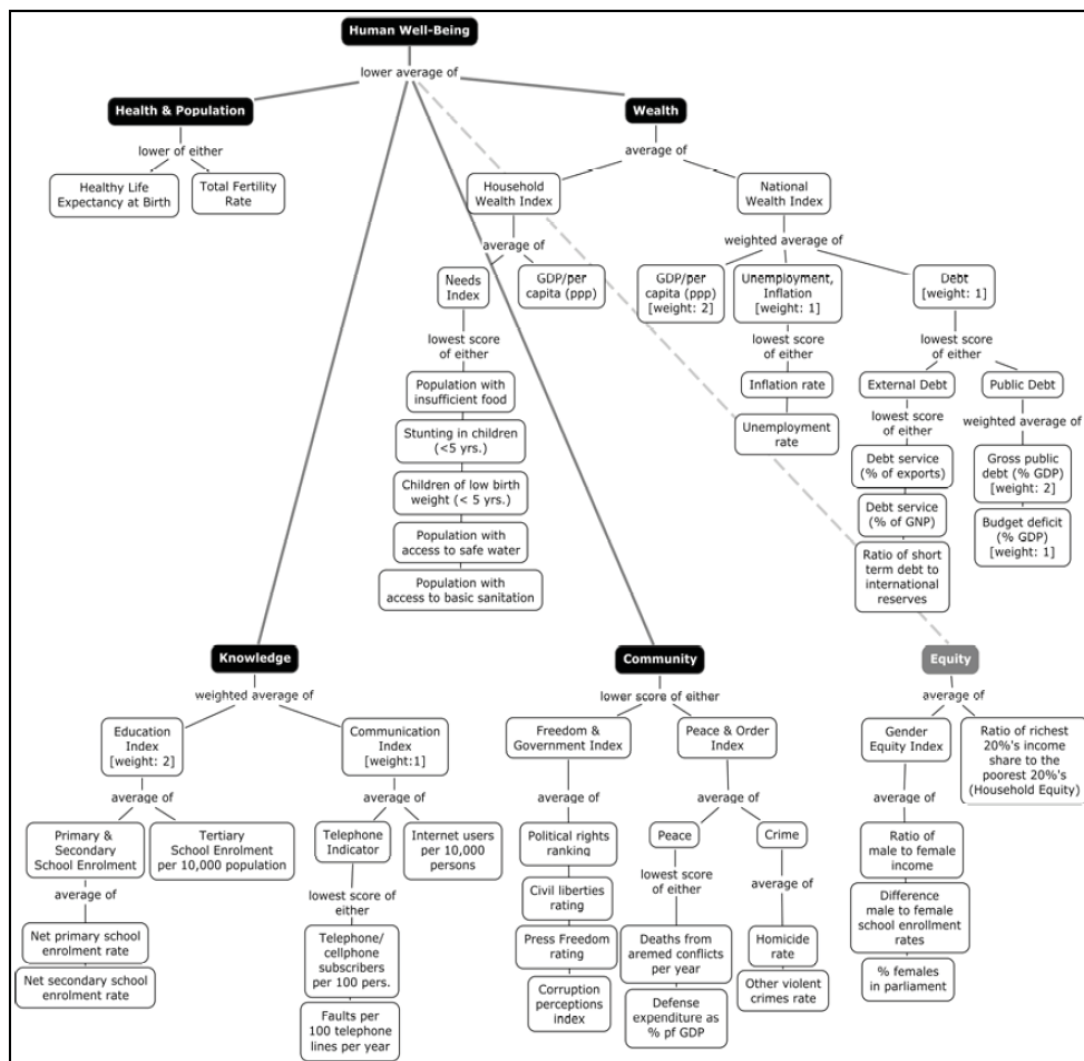
Human Development Index (HDI) เป็นดัชนีแรก ๆ ที่อธิบายมิติทางสังคมในแง่คุณภาพชีวิตเชิงปริมาณ (UNDP, 2004,2005) ซึ่งดัชนี HDI พิจารณามิติพื้นฐาน 3 ด้าน คือ สุขภาพ การศึกษาและรายได้ อันประกอบด้วย 4 ดัชนี คือ Life expectancy, Adult literacy rate, Educational enrollment และ GDP per capita(UNDP, 2004,2005; Cutter et al., 2009) (รูปที่ 2.16) ดัชนี HDI มีเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบและติดตามตรวจสอบระดับการพัฒนาและปรับปรุงความเป็นอยู่ของประชาชนใน 177 ประเทศทั่วโลก ทุกดัชนีของ HDI จะถูก standardize ด้วยวิธี min-max normalization วิธีนี้จะช่วยให้ดัชนีสามารถแสดงระยะห่างจากจุดอ้างอิง (goalpost หรือ point of reference) ซึ่งเป็นการวัดระยะทางที่ห่างจากเป้าหมายที่วางไว้ UNDP ได้พัฒนาและจัดทำ HDI เป็นประจำทุกปี ในปัจจุบัน ได้กลายเป็นดัชนีพื้นฐานที่ถูกผนวกเข้ากับดัชนีอื่น ๆ

Human Well-being Index (HWI) มีลักษณะคล้ายกับดัชนี HDI แต่มีขอบเขตและตัวแปรทางสังคมที่ครอบคลุมและกว้างกว่า (political rights, crime, Internet users และ peace and order) และมีสถานะทางสิ่งแวดล้อมรวมเป็นส่วนหนึ่งด้วย (Gall, 2007; Cutter et al., 2009) ดัชนี HWI ประกอบด้วย 33 ดัชนี แบ่งเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม (health, population, wealth, knowledge, community และ equity) ดังแสดงในรูปที่ 2.17 วิธีการรวบรวมและคำนวณ HWI มี 2 ถึง 5 ลำดับชั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกลุ่มย่อยของดัชนี โดยภาพรวมแล้ว วิธีการคัดเลือกดัชนีสำหรับ HWI ขึ้นอยู่กับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นหลัก ดังนั้น การแปลค่าตัวเลขสู่คะแนนเชิงคุณภาพนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การคำนวณและการรวบรวมดัชนีในลำดับต่างๆ จะเป็นแหล่งกำเนิดของความไม่แน่นอน แม้ว่าดัชนี HWI จะมีข้อจำกัดบางประการ แต่ได้มีการนำมาใช้แทนดัชนี HDI ทั้งนี้เนื่องจากดัชนี HWI มีความละเอียดของมิติและขอบเขตทางสังคม ตลอดจนการรวมเป้าหมายหลายเป้าหมายเข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้สามารถติดตามตรวจสอบกระบวนการคัดเลือกดัชนี และยังสอดคล้องกับแนวคิด Bellagio Principal of Sustainability ในการคัดเลือกดัชนี (Gall, 2007)

Environmental Sustainability Index (ESI) เป็นดัชนีของการพัฒนาที่ยั่งยืน มีลักษณะแตกต่างจากดัชนี HWI เนื่องจาก ดัชนี ESI พิจารณาครอบคลุมถึงภัยอันตรายที่เกิดจากภัยพิบัติทางธรรมชาติและความเสี่ยงของสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยได้นำดัชนีที่เกี่ยวข้องกับภัยอันตรายรวมไว้ด้วย (Esty et al., 2005) ดัชนี ESI ได้นำมาใช้ประเมินความยั่งยืนของประเทศต่างๆ 146 ประเทศ โดยพิจารณาจากประเด็นหลัก 5 ประเด็นคือ 1) Environmental system 2) Environmental stress 3) Human vulnerability to environmental stress 4) Human capacity to respond to environmental change และ 5) Global stewardship ทั้งนี้ ดัชนี ESI ได้ถูกพัฒนามาบนพื้นฐานของกรอบแนวคิดเชิงนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมของ Driving Force-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) ผู้พัฒนา ดัชนี ESI ได้ตระหนักว่าความยั่งยืน จะสามารถบรรลุผลได้ในกรณีที่ประชาชนและสิ่งแวดล้อมไม่มีความอ่อนแอต่อสิ่งรบกวนด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต ดัชนี ESI มีวัตถุประสงค์เหมือนกับดัชนี HWI คือ 1) เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการ



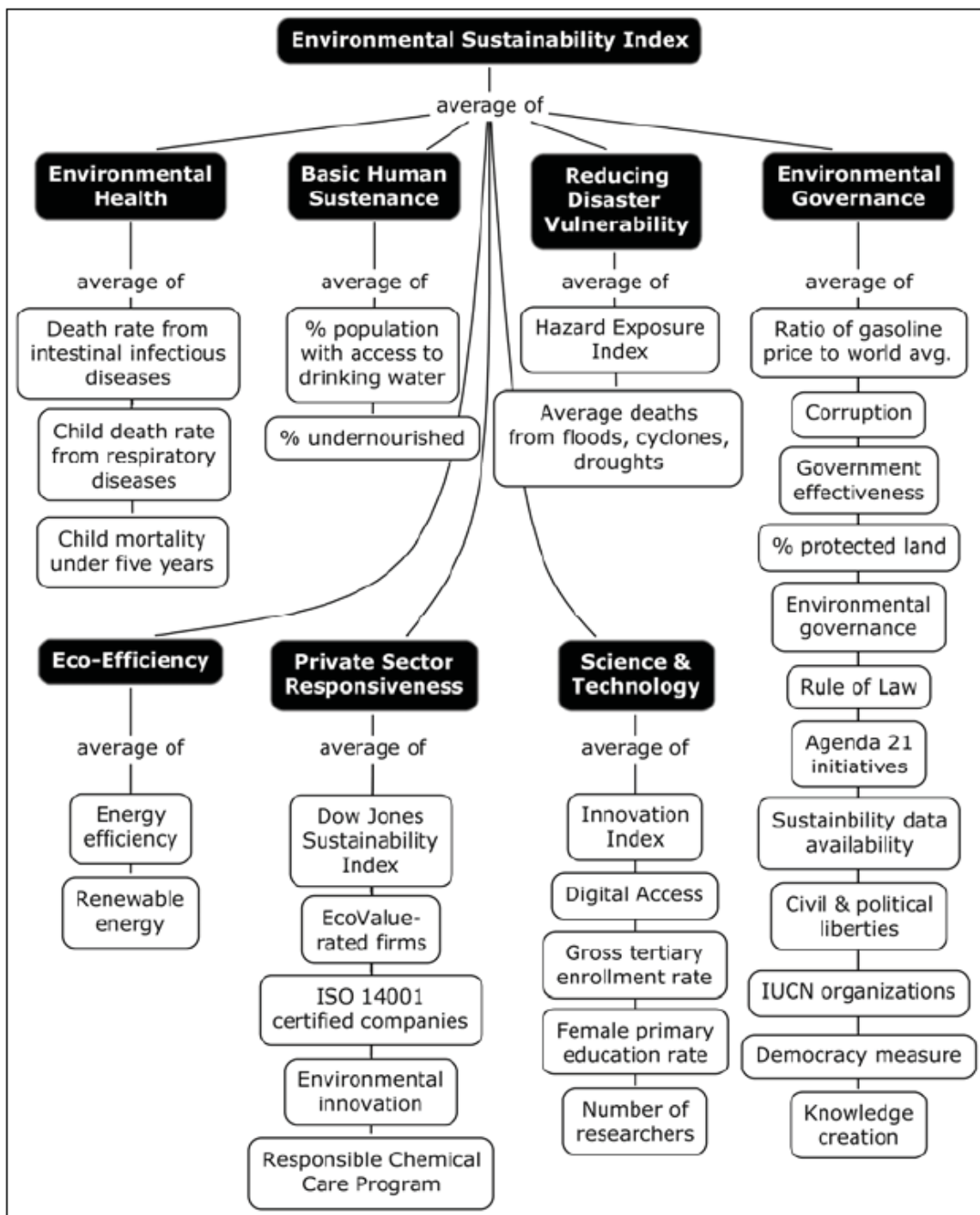
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของ Human Development Index โดยดัชนี นี้แสดงด้วยกล่องสีขาว Sub-indices และ ดัชนี HDI แสดงด้วยกล่องสีดำ



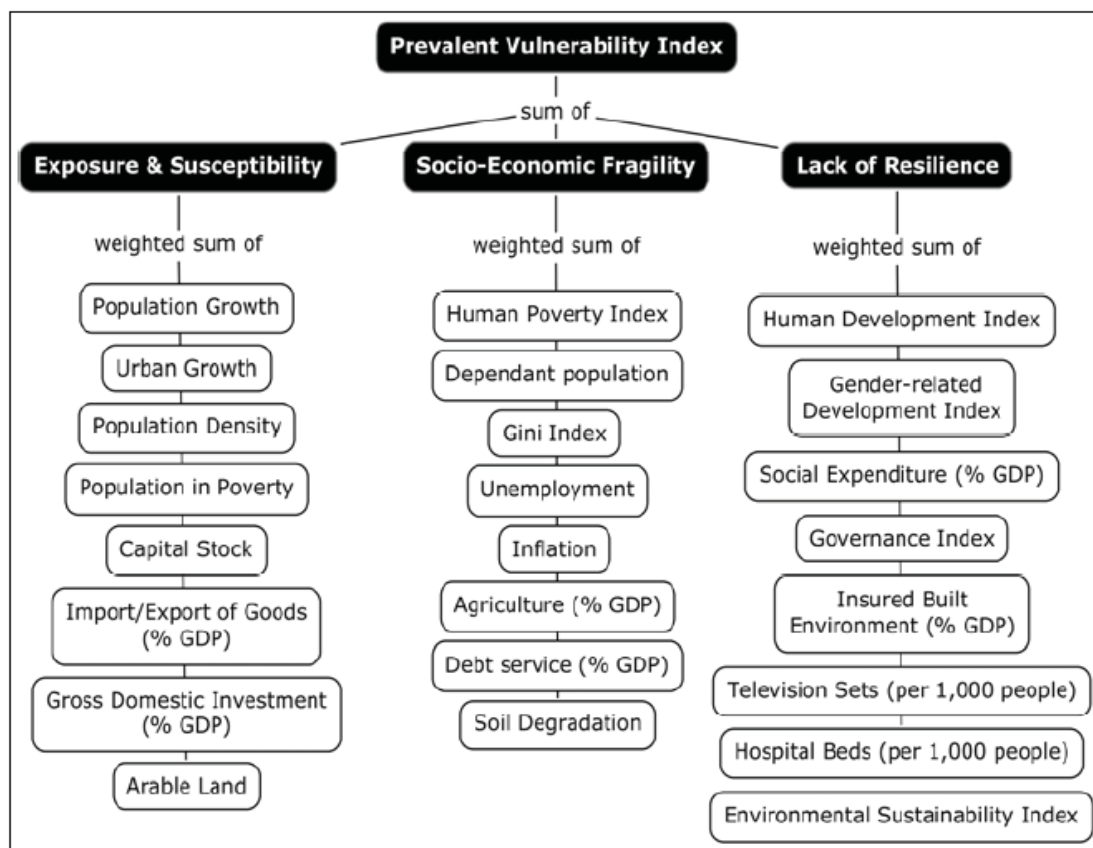
รูปที่ 2.17 โครงสร้างรวมของ Human Well-being Index โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสีขาว Sub-indices และ HWI แสดงด้วยกล่องสีดำ

ตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความชัดเจนและละเอียดมากขึ้น 2) เป็นดัชนีทางเลือกสำหรับ GDP และ HDI ในการประเมินความก้าวหน้าด้านการพัฒนา และ 3) เป็นกลไกที่มีประโยชน์ที่แสดงถึงระดับและประสิทธิภาพการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ดัชนี ESI ได้ถูกคัดเลือกจากการทบทวนเอกสาร ข้อมูลที่สามารถใช้ประโยชน์ได้และข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วย 76 ดัชนี องค์ประกอบหลักของ ESI เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับแนวคิดของความอ่อนแอทางสังคม โดยองค์ประกอบแรก สอดคล้องกับแนวคิดความอ่อนแอและผลลัพธ์ของความอ่อนแอ ส่วนองค์ประกอบที่เหลือ แสดงถึงความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม และความสามารถในการปรับตัวตามลำดับ (รูปที่ 2.18) ดัชนี ESI ที่มีค่าสูงแสดงถึงความยั่งยืนของประเทศนั้น ๆ ในขณะที่ ESI ที่มีค่าต่ำ แสดงถึงสถานะที่ยังล้าหลังของประเทศหรือประเทศที่มีความอ่อนแอสูงต่อภัยอันตรายและสิ่งรบกวนต่าง ๆ ดัชนี ESI ได้ถูกลดและบีบอัดตัวแปรเป็นดัชนีรวม ผ่านการรวบรวมและคำนวณ 2 ระดับ โดยในขั้นตอนแรกดัชนี 31 ดัชนีถูกลดลงรวมเป็น Sub-indices 7 กลุ่ม ซึ่งถูกรวมให้เป็นดัชนีสุดท้าย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ดัชนี ESI คือ ค่าเฉลี่ยของ Sub-indices ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละดัชนี ทั้งนี้ ก่อนที่ทำการรวบรวมและคำนวณ ตัวแปรจะถูกประมวลผ่านกระบวนการและขั้นตอนที่สามารถเปรียบเทียบผลกันได้ ขั้นตอนต่างๆ ประกอบด้วย 1) standardization 2) imputation of missing variables 3) scale transformation 4) winsorization 5) directional adjustment และ 6) Z-score transformation

Prevalent Vulnerability Index (PVI) เป็นดัชนีความอ่อนแอทางสังคมอย่างแท้จริง มุ่งเน้นการพิจารณาทางสังคม เศรษฐกิจ องค์กร และโครงสร้าง ที่สามารถฟื้นคืนสู่สภาพเดิมจากการเกิดความเสียหายจากภัยอันตรายทางธรรมชาติ (Cardona, 2005) ดัชนี PVI มีการพัฒนาด้านเทคนิคของภัยพิบัติทุกประเภท และมีการนำไปประเมินความอ่อนแอจากภัยพิบัติทางธรรมชาติในแต่ละประเทศ ดัชนี PVI เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในภาพกว้างในการจัดการความเสี่ยงในประเทศลาตินอเมริกา ด้วยเงินสนับสนุนจาก Inter-American Development Bank เพื่อทำการวิเคราะห์ความสูญเสียของประชาชนในรูปตัวเงิน ศักยภาพการสูญเสียในอนาคตและองค์กรในการจัดการความเสี่ยงและการบรรเทา โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อจำแนกและจัดลำดับความสำคัญของการลงทุน ความสามารถในการจัดการความเสี่ยง การติดตามตรวจสอบองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอทางสังคม ตลอดจนส่งเสริมการถ่ายทอดความรู้ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Gall, 2007) ดัชนี PVI ประกอบด้วย 24 ดัชนี นำมาแปลค่าดัชนีให้อยู่ในช่วง 0-1 โดยใช้วิธี min-max normalization (รูปที่ 2.19) แล้วนำมารวมกันเป็น 3 Sub-indices ด้วยวิธี Weighted aggregation เพื่อจัดทำเป็นดัชนีสุดท้าย

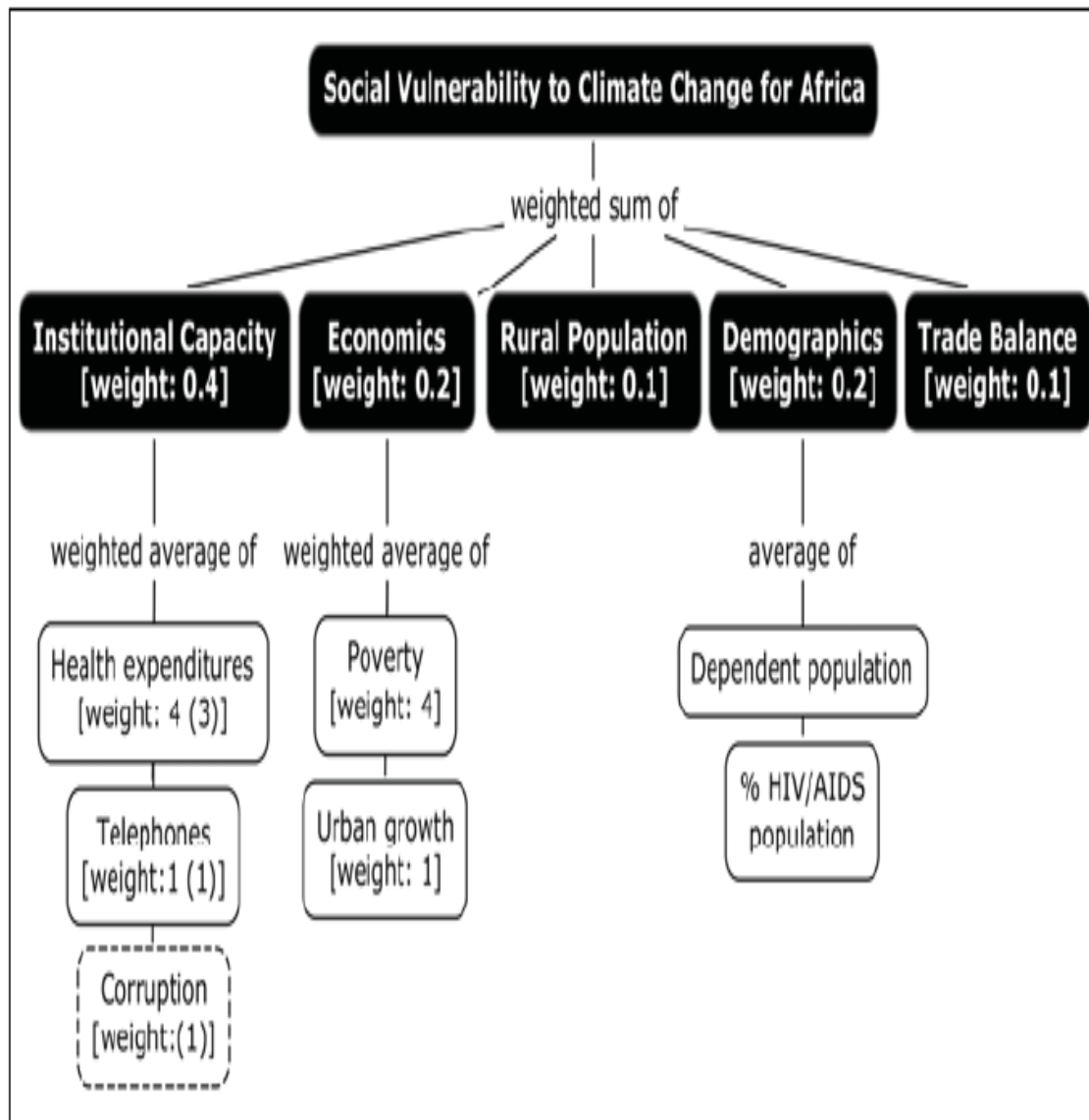


รูปที่ 2.18 โครงสร้างรวมของ Environmental Sustainability Index (ESI) โดยดัชนีแสดงด้วยกล่องสี่ขาว Sub-indices และ ESI แสดงด้วยกล่องสีดำ



รูปที่ 2.19 โครงสร้างรวมของ Prevalent Vulnerability Index (PVI) โดยดัชนีแสดงด้วยกล่องสีขาว Sub-indices และ PVI แสดงด้วยกล่องสีดำ

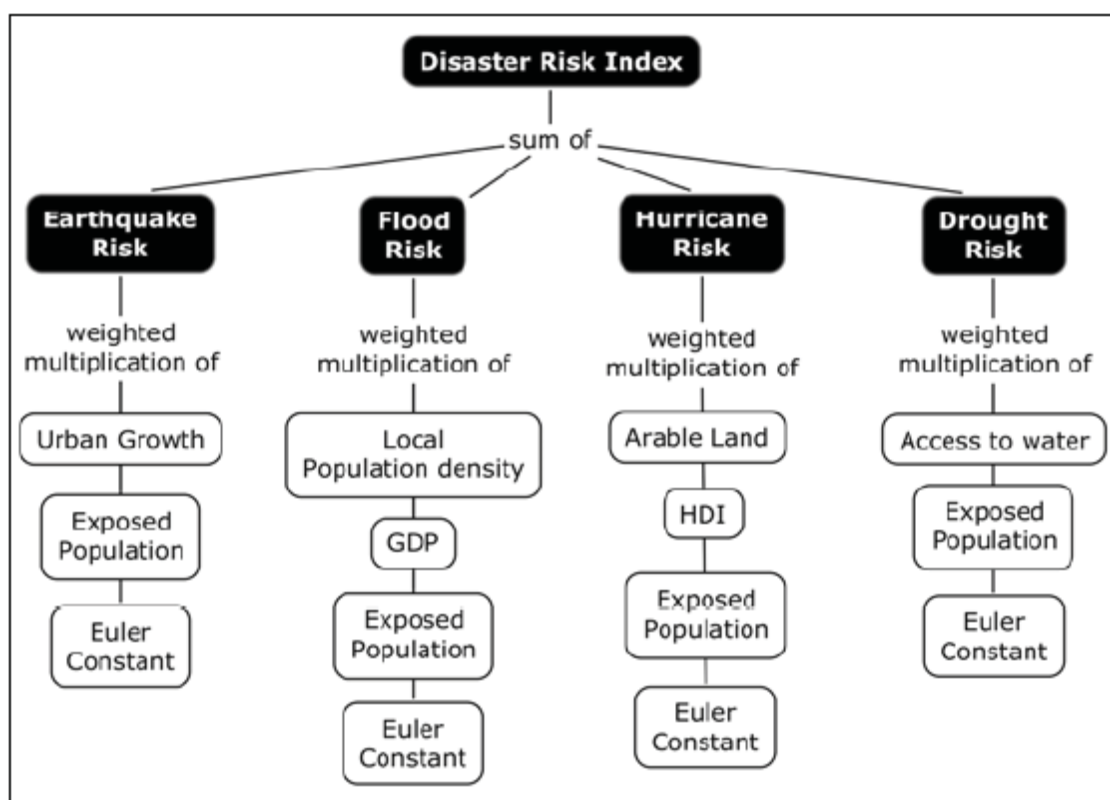
Index of Social Vulnerability to Climate Change (SVA) เป็นดัชนีความอ่อนแอทางสังคมอีกตัวหนึ่งที่มีความแตกต่างจากดัชนี PVI ในบริบทของกรอบแนวคิดการจัดทำ โดยดัชนี SVA เกิดจากการศึกษาความอ่อนแอทางด้านสังคมร่วมกับความสามารถในการปรับตัว (Adger, 2006; Gallopín, 2006) ของกลุ่มนักวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดัชนี SVA เน้นการศึกษาความอ่อนแอทางสังคมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทรัพยากรน้ำและปริมาณน้ำที่นำมาใช้ ดังนั้น ดัชนีจึงมีความคลาดเคลื่อนและมีความไม่เที่ยงเข้าสู่เหตุการณ์อย่างเช่น ภัยแล้ง แต่ไม่สามารถแสดงผลของภัยพิบัติทุกประเภทได้ เป้าหมายหลักของดัชนี SVA เพื่อจัดทำข้อมูลบรรทัดฐาน (baseline) การจัดลำดับความสำคัญของการปรับตัว และการพัฒนาเครื่องมือด้านนโยบาย ขณะนี้ ดัชนี SVA ยังมีข้อจำกัดที่นำไปใช้เฉพาะประเทศในทวีปแอฟริกาเท่านั้น โดยใช้ดัชนี 8 - 9 ดัชนี (รูปที่ 2.20) ดัชนีสุดท้ายของ SVA จะคำนวณจากวิธี Weighted และ Unweighted averaging ในการ Aggregation ระดับแรก เพื่อให้ได้ค่า Weighted Index ของ 5 Sub-indices



รูปที่ 2.20 โครงสร้างรวมของ Index of Social Vulnerability to Climate Change โดยดัชนีแสดงด้วยกล่องสีขาว Sub-indices และ SVA แสดงด้วยกล่องสีดำ

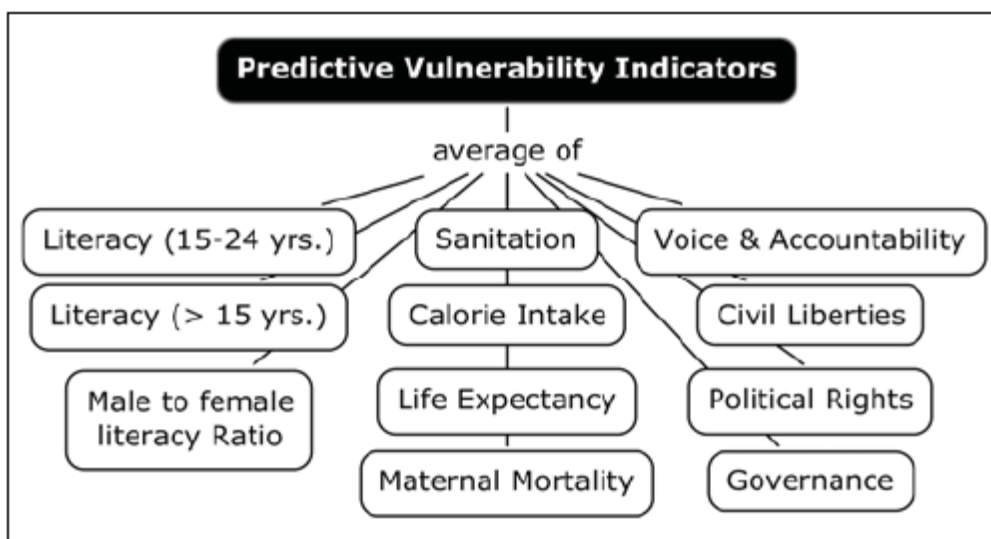
Disaster Risk Index (DRI) เป็นหนึ่งในสามดัชนีขององค์การสหประชาชาติที่ใช้สำหรับสร้างจิตสำนึกในการบรรเทาภัยพิบัติเชิงบูรณาการ UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery (UNDP/BCRP) ได้พัฒนา ดัชนี DRI เพื่อใช้อธิบายภัยพิบัติ 4 ประเภท คือ แผ่นดินไหว อุทกภัย ภัยแล้งและพายุเฮอริเคน โดยมีเป้าหมายในการ 1) สร้างความรู้ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาและความเสี่ยงจากภัยพิบัติ 2) ตรวจวัดและเปรียบเทียบเชิงสัมพัทธ์ของระดับการสัมผัสภัยอันตรายทางกายภาพ ความอ่อนแอ และความเสี่ยง 3) จำแนกดัชนีความอ่อนแอ และ 4) สร้างแผนที่ความเสี่ยงระหว่างประเทศ (Gall, 2007) ดัชนี DRI มีลักษณะตรงกันข้ามกับดัชนีอื่น ๆ กล่าวคือ ดัชนี DRI เป็นดัชนีผลลัพธ์ที่วิธีการคัดเลือกดัชนีถูกเสนอแนะด้วยความสัมพันธ์

ระหว่างตัวแทนที่ได้จากการตรวจวัด ไม่ได้เกิดจากการออกแบบคิดเชิงทฤษฎีหรือข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ การคำนวณดัชนี DRI อยู่บนพื้นฐานความสัมพันธ์ของความเสียหาย (Risk) = Hazard * Population * Vulnerability โดยความเสี่ยงแสดงในรูปของการสูญเสียชีวิตที่เกิดจากภัยพิบัติ และ Hazard * Population หมายถึง ความล่อแหลมทางชีวกายภาพ ในขณะที่ Vulnerability แสดงถึงสภาวะทางเศรษฐกิจ-สังคม ดังนั้น ดัชนี DRI จึงถูกคำนวณโดยการรวมผลลัพธ์ของทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน และประกอบด้วย 4 Sub-indices ซึ่งเป็นความล่อแหลมสำหรับภัยอันตรายจำเพาะ 4 ประเภทดังแสดงในรูปที่ 2.21 ในภาพรวมแล้ว ดัชนี DRI ประกอบด้วยดัชนีความล่อแหลมทางชีวกายภาพ 4 ดัชนี และดัชนีความล่อแหลมทางสังคม 6 ดัชนี ที่นำมาจาก 26 ตัวแปรด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี Stepwise linear regression



รูปที่ 2.21 โครงสร้างรวมของ Disaster Risk Index (DRI) โดยดัชนีนี้แสดงด้วยกล่องสีขาว Sub-indices และ DRI แสดงด้วยกล่องสีดำ Euler constant คือ ค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ (base of the natural logarithm)

Predictive Indicators of Vulnerability (PIV) ใช้ข้อมูลการเสียชีวิตในอดีตเป็นแนวทางสำหรับการคัดเลือกดัชนีความล่อแหลมทางสังคม (Adger et al., 2004; Brooks et al., 2005) ดังนั้น ดัชนี PIV จึงมีลักษณะเหมือนกับดัชนี SVA ในการเชื่อมโยงความล่อแหลมทางด้านสังคม กับการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดัชนี PIV จะวัดความล่อแหลมต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ แต่ไม่รวมเหตุการณ์ทางธรณีฟิสิกส์ ดัชนี PIV อาศัยหลักการพื้นฐานของความเสี่ยงหรือผลลัพธ์ (ฟังก์ชันของความล่อแหลมทางชีวภาพและทางสังคม) จึงมีลักษณะคล้ายกับดัชนี DRI (Brooks et al., 2005) ดัชนี PIV มีเป้าหมายเพื่อจำแนกปัจจัยขับเคลื่อนความล่อแหลมทางสังคมและความสามารถในการปรับตัว (Adger et al., 2004) ดัชนี PIV มีความแตกต่างกับดัชนี SVA คือ ดัชนี SVA แสดง Framework-driven approach ในขณะที่ ดัชนี PIV เป็น Outcome-driven approach สามารถรวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตจากเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศจาก EM-DAT ในช่วงค.ศ. 1971-2000 แล้วทำการ standardize ด้วยขนาดของประชากร ดัชนี PIV ลดตัวแปรความล่อแหลมทางด้านสังคมที่เริ่มต้นจาก 45 ตัวแปร ให้เหลือ 11 ดัชนี โดยดัชนีสุดท้ายถูกคำนวณจากการเฉลี่ยดัชนีทั้ง 11 ดัชนี (รูปที่ 2.22) ทำให้ดูเหมือนว่า ดัชนี PVI เป็นดัชนีง่ายที่สุดของดัชนีความล่อแหลมทางด้านสังคม ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบกรอบแนวคิดของดัชนีความล่อแหลมทั้ง 7 ดัชนีที่กล่าวมา



รูปที่ 2.22 โครงสร้างรวมของ Predictive Vulnerability Indicators โดยดัชนีแสดงด้วยกล่องสีขาว
Sub-indices และ PIV แสดงด้วยกล่องสีดำ

ตารางที่ 2.4 กรอบแนวคิดที่ตีความล่อแหลมของ 7 ดัชนี (Gall, 2007)

Criteria	HDI	HWI	ESI	PVI	SVA	DRI	PIV
Conceptual Framework	None	Combination of framework (Bellagio principal) and data availability	Combination of Force-Pressure-State-Impact-Response) and data availability	Combination of political-ecological vulnerability tradition and data availability	Combination of adaptive capacity framework and data availability	Combination of general relationship (Risk=Hazard*Population*Vulnerability) and data availability	Combination of general relationship (Risk=Hazard*Vulnerability) and data availability
Purpose	-Facilitate cross-country comparison -Provide an alternative to economic measures -Monitor progress	-Monitor progress towards goals -Develop baselines -Provide analytical tool for prioritization and policy-making -Provide alternative and comprehensive measures to HDI and economic measures	-Track environmental performance -Benchmark environmental performance -Provide analytical basis for environmental decision-making -Benchmark nation's ability to protect the environment in the future -Provide an alternative to tradition measures (GDP, HDI)	-Provide holistic and comparative analysis of risk management -Identify investment priorities -Measure and monitor key elements of vulnerability -Identify risk management capacities -Promote knowledge transfer from science to policy	-Generate baseline -Prioritize adaptation efforts -Operationalize conceptual framework -Develop policy-informing tool	-Inform development policies and local decision marker -Compare countries in their exposure and vulnerability -Identify vulnerability indicators -Identify trends -Map international patterns of risk	-Identify factors that influence vulnerability -Operationalize database

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

Criteria	HDI	HWI	ESI	PVI	SVA	DRI	PIV
Representative (Concept)	Development: unrelated to hazards	Human well-being: unrelated to hazards	Sustainability: consider human vulnerability from environmental threats (floods, droughts) cyclones, droughts) and resilience (social, institutional capacities)	Social vulnerability, lack of resilience, all hazards approach	Social vulnerability to water scarcity	Vulnerability; hazard-dependent physical and social vulnerability (floods, droughts, hurricanes, earthquakes)	Social vulnerability, lack of resilience; climate variability, climate change
Indicators	4	33	31	24	8	5	11
Thematic dimensions	Longevity, Education, GDP	Life expectancy, population growth, personal/national wealth, education, communication, governance, equity	Environmental health, human sustenance, exposure, environmental governance, eco-efficiency, responsiveness, science and technology	Population growth, national economy, poverty, development, governance, sustainability	Poverty, urban growth, demographic structure, health, governance, communication	Physical exposure, urban growth, agricultural land use, human development, population density, access to water	Mortality, governance, education, health, democracy
Sub-indices	3	5	7	3	4	3	0
Levels of aggregation	2	2 to 5		2	2	2	1

Environmental Vulnerability Index (EVI) ถูกพัฒนาโดย South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC) เพื่อใช้เป็นดัชนีทดสอบความอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (Kaly, 1999; SOPAC, 2005) สเกลในการวิเคราะห์ระดับประเทศ โดยมุ่งเน้นการใช้ในกลุ่มประเทศหมู่เกาะขนาดเล็ก (Small Island Developing States (SIDS) ดัชนี EVI ไม่ได้รวมระบบมนุษย์ในการประเมินการสัมผัสกับภัยอันตรายมากกว่าการประเมินเชิงบูรณาการ ดัชนี EVI ใช้ตัวแปรทางด้านชีวกายภาพและระบบธรรมชาติ 50 ดัชนีโดยแบ่งเป็น 3 Sub-indices (Hazard, Resistance และ Damage) ดังแสดงในรูปที่ 2.23 โดยมีการนำดัชนีเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับนโยบายและภัยคุกคาม เช่น 1) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 2) ความหลากหลายทางชีวภาพ 3) ทรัพยากรน้ำ 4) เกษตรกรรมและประมง 5) สุขภาพอนามัย 6) สภาพทะเลทรายและ 7) การสัมผัสอันตรายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ

2.6. การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ดัชนีเพื่อวิเคราะห์/ประเมินความอ่อนแอ

2.6.1 ESPON Hazard Project ได้นิยามความเสี่ยง เพื่อจัดทำแผนที่ความเสี่ยงรวมใน EU 27+2 ดังนี้

$$\text{Risk} = \text{Hazard potential} * \text{Vulnerability (Damage potential + Coping capacity)}$$

โดยแผนที่ความเสี่ยงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แผนที่ aggregated hazard และแผนที่ integrated vulnerability (ESPON Hazard project, 2005) โดยมี damage potential และ coping capacity เป็นองค์ประกอบหลักของความอ่อนแอที่เกี่ยวข้องกับมิติของเศรษฐกิจ สังคม และระบบนิเวศ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Vulnerability} = & \{ \text{economic (economic damage potential),} \\ & \text{social (people, livelihood, resilience, coping capacity),} \\ & \text{ecological (ecosystem, environmental vulnerability or fragility)} \} \end{aligned}$$

ดัชนีที่เป็นไปได้สำหรับการตรวจวัดความอ่อนแอในโครงการ ESPON Hazard แสดงในตารางที่ 2.5 และดัชนี 2.4 ดัชนีที่ใช้ในการจัดทำ integrated vulnerability แสดงในรูปที่ 2.24

2.6.2 Cutter et al. (2003) ได้สรุปลักษณะและเมตริกซ์ที่มีอิทธิพลต่อความอ่อนแอทางสังคม (ตารางที่ 2.6) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณดัชนีความอ่อนแอทางสังคม (Social Vulnerability Index; SoVI) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ค่า SoVI คำนวณจากข้อมูลเศรษฐกิจ-สังคม รวมถึงประชากรจำนวน 42 ตัวแปรที่คัดเลือกมาจากข้อมูลสำมะโนประชากร ด้วยเทคนิค factor analysis (ตารางที่ 2.7)

INDICATORS	TYPES	ASPECTS	SUB-INDICES					
1. HIGH WINDS	Weather & Climate	Hazards	CC	D				CCD
2. DRY PERIODS	Weather & Climate	Hazards	CC	D	AF	W		CCD
3. WET PERIODS	Weather & Climate	Hazards	CC	D	AF	W		CCD
4. HOT PERIODS	Weather & Climate	Hazards	CC	D				CCD
5. COLD PERIODS	Weather & Climate	Hazards		D				CCD
6. SST	Weather & Climate	Hazards	CC		AF			CBD
7. VOLCANOES	Geology	Hazards		D				
8. EARTHQUAKES	Geology	Hazards		D				
9. TSUNAMIS	Geology	Hazards		D				
10. SLIDES	Geology	Hazards		D				
11. LAND AREA	Geography	Resistance	CC					CBD
12. DISPERSION	Geography	Resistance	CC					CBD
13. ISOLATION	Geography	Resistance						CBD
14. RELIEF	Geography	Resistance	CC					CCD CBD
15. LOWLANDS	Geography	Resistance	CC					CCD CBD
16. BORDERS	Geography	Resistance						CBD
17. IMBALANCE	Resources & Services	Damage						CBD
18. OPENNESS	Resources & Services	Hazards						CBD
19. MIGRATIONS	Resources & Services	Resistance						CBD
20. ENDEMIC	Resources & Services	Resistance						CBD
21. INTRODUCTIONS	Resources & Services	Damage	CC					CBD
22. ENDANGERED	Resources & Services	Damage						CBD
23. EXTINCTIONS	Resources & Services	Damage						CBD
24. VEGETATION	Resources & Services	Damage				W		CCD CBD
25. LOSS OF COVER	Resources & Services	Hazards				W		CCD CBD
26. FRAGMENTATION	Resources & Services	Damage						CBD
27. DEGRADATION	Resources & Services	Damage				W		CCD
28. RESERVES	Resources & Services	Hazards				W		CBD
29. MPA's	Resources & Services	Hazards						CBD
30. FARMING	Resources & Services	Hazards						
31. FERTILISERS	Resources & Services	Hazards			HH	W		
32. PESTICIDES	Resources & Services	Hazards			HH	W		
33. BIOTECH	Resources & Services	Hazards						
34. Fisheries	Resources & Services	Hazards						
35. FISHING EFFORT	Resources & Services	Hazards						
36. WATER	Resources & Services	Hazards	CC		HH	W		CCD
37. Air	Resources & Services	Hazards			HH			
38. WASTE	Resources & Services	Hazards						
39. TREATMENT	Resources & Services	Hazards			HH	W		
40. INDUSTRY	Resources & Services	Hazards						
41. SPILLS	Resources & Services	Hazards						
42. MINING	Resources & Services	Hazards						
43. SANITATION	Resources & Services	Hazards			HH			
44. VEHICLES	Resources & Services	Hazards						
45. POPULATION	Human populations	Damage	CC	D		W		
46. GROWTH	Human populations	Hazards				W		
47. TOURISTS	Human populations	Hazards						
48. COASTAL	Human populations	Damage	CC	D				
49. AGREEMENTS	Human populations	Hazards						
50. CONFLICTS	Human populations	Damage						

รูปที่ 2.23 Environmental vulnerability Index (EVI), CC = Climate change, D = Exposure to natural disasters, HH = Human health, AF = Agriculture & Fisheries, W = Water, CCD = Desertification และ CBD = Biodiversity

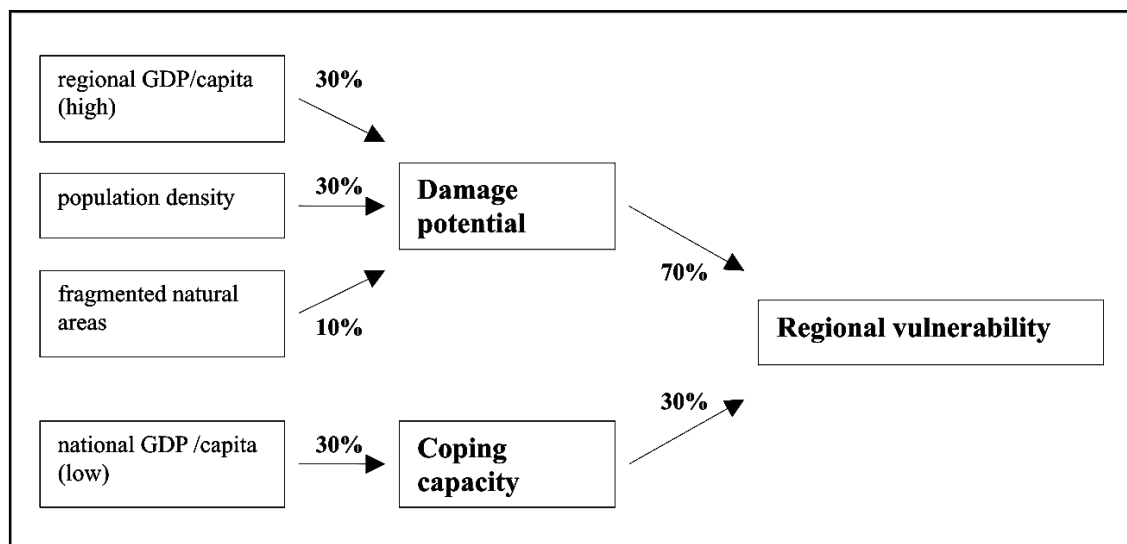
ตารางที่ 2.5 ดัชนีที่เป็นไปได้สำหรับตรวจวัดความอ่อนแอในโครงการ ESPON Hazard

Indicator	dp/cc ¹	Econ/soc/ecol ²	Description
GDP/capita	dp	Econ	High GDP/capita measures the value of endangered physical infrastructure and the extent of possible damage to the economy. Insurance company point of view
Population density	dp	Econ/soc	Measures the amount of people in danger
Tourism (e.g. number of tourists/number of hotel beds)	dp/cc	Econ/soc	Tourists or people outside their familiar environmental are especially vulnerable for two main reasons. First, they are generally unaware of the risks and don't necessarily understand the seriousness of hazardous situation. They don't necessarily know the local language and thus they are likely to miss important information. Secondly, tourist dwellings are often located in high-risk areas and might not meet the requirements of structural risk mitigation
Culturally significant sites	dp	Ecol	Such sites are unique and important for the cultural and historical identity of people e.g. sites on the UNESCO world heritage list
Significant natural areas	dp	Ecol	Areas with special natural values (e.g. national parks or other significant natural areas) can be considered vulnerable because they are unique and possibly home to rare species of flora of fauna
Fragmental natural areas	dp	Ecol	Natural areas that are small and fragmented are vulnerable, since they are likely to be locally destroyed if a hazard strikes
GDP/capita	cc	Soc	Low GDP/capita measures the capacity of people or region to cope with a catastrophe. In the hazard project, the national GDP/capita was used because the presumption was that coping capacity is weak in poor countries and strong in rich countries. It was further presumed that there are no marked differences in coping capacity inside a country
Education rate	cc	soc	Measures people's ability to understand and gain information. The presumption is that people with a low education level do not find, seek or understand information concerning risks as well as others, and are therefore vulnerable
Dependency ratio	cc	soc	Measures the proportion of strong and weak population groups. A region with high dependency ratio is especially vulnerable for two reasons. First, elderly people and young children are physically frail and thus vulnerable to hazards. Secondly, elderly people and children may not be able to help themselves but need help in the face of a hazard. A region with a high dependency ratio is dependent on help from the outside.

Indicator	dp/cc ¹	Econ/soc/ecol ²	Description
Risk perception	cc	soc	Indicates how people perceive a risk and what their efforts have been to mitigate the effects of a hazard
Institutional preparedness	cc		Indicates the level of mitigation of a region
Medical infrastructure	cc		Indicates how a region is able to respond to a hazard (e.g. number of hospital beds per 1000 inhabitants or number doctors per 1000 inhabitants)
Technical infrastructure	cc		Indicates how a region is able to respond to a hazard (e.g. number of fire brigades, fire men, helicopters etc)
Alarm systems	cc		Indicates the level of mitigation of a region
Share of budget spent on civil defence	cc		Indicates the level of mitigation of a region
Share of budget spent on research and development	cc		Indicates the level of mitigation of a region

¹ dp = damage potential, cc = coping capacity

² econ=economic dimension, soc=social dimension, ecol=ecological dimension of vulnerability



รูปที่ 2.24 ดัชนี Integrated vulnerability ที่พัฒนาและประยุกต์ใช้ภายใต้โครงการ ESPON Hazard

ตารางที่ 2.6 กรอบแนวคิดและเมตริกของความอ่อนแอทางสังคม (Cutter et al., 2003)

Concept	Description	Increase (+)/or decrease (-) social vulnerability
Socio-economic status (income, political power, prestige)	The ability to absorb losses and enhance resilience to hazard impacts. Wealth enables communities to absorb and recover from losses more quickly due to insurance, social safety nets and entitlement programs.	High status (+/-) Low income or status (+)
Gender	Women can have a more difficult time during recovery than men, often due to sector-specific employment, lower wages and family care responsibilities.	Gender (+)
Race and ethnicity	Imposes language and cultural barriers that affect access to post-disaster funding and residential locations in high hazard areas.	Nonwhite (+) Non-Anglo(+)
Age	Extreme of the age spectrum affect the movement out of harm's way. Parents lose time and money caring for children when daycare facilities are affected; elderly may have mobility constraints or mobility concerns increasing the burden of care and lack of resilience.	Elderly (+) Children (+)
Commercial and industrial development	The value, quality and density of commercial and industrial buildings provides an indicator of the state of economic health of a community, and potential losses in the business community, and longer-term issues with recovery after an event.	High density (+) High value (+/-)
Employment loss	The potential loss of employment following a disaster exacerbates the number of unemployed workers in a community, contributing to a slower recovery from the disaster.	Employment loss (+)
Rural/urban	Rural residents may be more vulnerable due to lower incomes and more dependent on locally based resource extraction economies (e.g. farming, fishing). High –density areas (urban) complicate evacuation out of harm's way.	Rural(+)/Urban(+)
Residential property	The value, quality and density of residential construction affects potential	Mobile homes (+)

	losses and recovery. Expensive homes on the coast are costly to replace; mobile homes are easily destroyed and less resilient to hazards.	
Infrastructure and lifelines	Loss of sewers, bridges, water, communication, and transportation infrastructure compounds potential disasters losses. The loss of infrastructure may place an insurmountable financial burden on smaller communities that lack the financial resources to rebuild.	Extensive infrastructure (+)
Renters	People that rent do so because they are either transient or do not have the financial resources for home ownership. They often lack access to information about financial aid during recovery. In the most extreme cases, renters lack sufficient shelter options when loading becomes uninhabitable or too costly to afford.	Renter (+)
Occupation	Some occupation, especially those involving resource extraction, may be severely impacted by a hazard event. Self-employed fisherman suffer when their means of production is lost and may not have the requisite capital to resume work in a timely fashion and thus will seek alternative employment. Those migrant workers engaged in agriculture and low-skilled service jobs (housekeeping, childcare, and gardening) may similarly suffer, as disposable income faded and the need for services declines. Immigration status also affects occupational recovery.	Professional or managerial (-) Clerical or laborer (+) Service sector (+)
Family structure	Families with large number of dependents or single-parent households often have limited finance to outsource care for dependents, and thus must juggle work responsibilities and care for family members. All affect the resilience to and recovery from hazards.	High birth rates (+) Large families (+) Single-parent households (+)
Education	Education is linked to socio-economic status, with higher educational attainment resulting in greater lifetime	Little education (+) Highly educated

	earnings. Lower education constraints the ability to understand warning information and access to recovery information.	(-)
Population growth	Countries experiencing rapid growth lack available quality housing, and the social services network may not have had time to adjust to increased populations. New migrants may not speak the language and not be familiar with bureaucracies for obtaining relief or recovery information, all of which increase vulnerability.	Rapid growth (+)
Medical services	Health care providers including physicians, nursing homes and hospitals, are important post-event sources of relief. The lack of proximate medical services will lengthen immediate relief and longer-term recovery from disasters.	Higher density of medical (-)
Social dependence	Those people who are totally dependent on social services for survival are already economically and socially marginalized and required additional support in the post-disaster period.	High dependence (+) Low dependence (-)
Special needs populations	Special needs populations (infirm, institutionalized, transient, homeless), while difficult to identify and measures, and disproportionately affected during disasters and because of their invisibility in communities, mostly ignored during recovery.	Large special needs population (+)

ตารางที่ 2.7 ตัวแปรและรายละเอียดที่ใช้คำนวณดัชนีความล่อแหลมทางสังคม ในประเทศสหรัฐอเมริกา

(Cutter et al., 2003)

Variable Names and Descriptions	
Name	Description
MED_AGE90	Median age, 1990
PERCAP89	Per capita income (in dollars), 1989
MVALOO90	Median dollar value of owner-occupied housing, 1990
MEDRENT90	Median rent (in dollars) for renter-occupied housing units, 1990
PHYSICN90	Number of physicians per 100,000 population, 1990
PCTVOTE92	Vote cast for president, 1992—percent voting for leading party (Democratic)
BRATE90	Birth rate (number of births per 1,000 population), 1990
MIGRA_97	Net international migration, 1990–1997
PCTFARMS92	Land in farms as a percent of total land, 1992
PCTBLACK90	Percent African American, 1990
PCTINDIAN90	Percent Native American, 1990
PCTASIAN 90	Percent Asian, 1990
PCTHISPANIC90	Percent Hispanic, 1990
PCTKIDS90	Percent of population under five years old, 1990
PCTOLD90	Percent of population over 65 years, 1990
PCTVLUN91	Percent of civilian labor force unemployed, 1991
AVGPERHH	Average number of people per household, 1990
PCTHH7589	Percent of households earning more than \$75,000, 1989
PCTPOV90	Percent living in poverty, 1990
PCTRENT90	Percent renter-occupied housing units, 1990
PCTRFMR90	Percent rural farm population, 1990
DEBREV92	General local government debt to revenue ratio, 1992
PCTMOBL90	Percent of housing units that are mobile homes, 1990
PCTNOHS90	Percent of population 25 years or older with no high school diploma, 1990
HODENUT90	Number of housing units per square mile, 1990
HUPTDEN90	Number of housing permits per new residential construction per square mile, 1990
MAESDEN92	Number of manufacturing establishments per square mile, 1992
EARNDEN90	Earnings (in \$1,000) in all industries per square mile, 1990
COMDEVDN92	Number of commercial establishments per square mile, 1990
RPROP DEN92	Value of all property and farm products sold per square mile, 1990
CVBRPC91	Percent of the population participating in the labor force, 1990
FEMLBR90	Percent females participating in civilian labor force, 1990
AGRI PC90	Percent employed in primary extractive industries (farming, fishing, mining, and forestry), 1990
TRANPC90	Percent employed in transportation, communications, and other public utilities, 1990
SERVPC90	Percent employed in service occupations, 1990
NRRESPC91	Per capita residents in nursing homes, 1991
HOSP TPC91	Per capita number of community hospitals, 1991
PCCHGPOP90	Percent population change, 1980/1990
PCTURB90	Percent urban population, 1990
PCTFEM90	Percent females, 1990
PCTF_HH90	Percent female-headed households, no spouse present, 1990
SSBENPC90	Per capita Social Security recipients, 1990

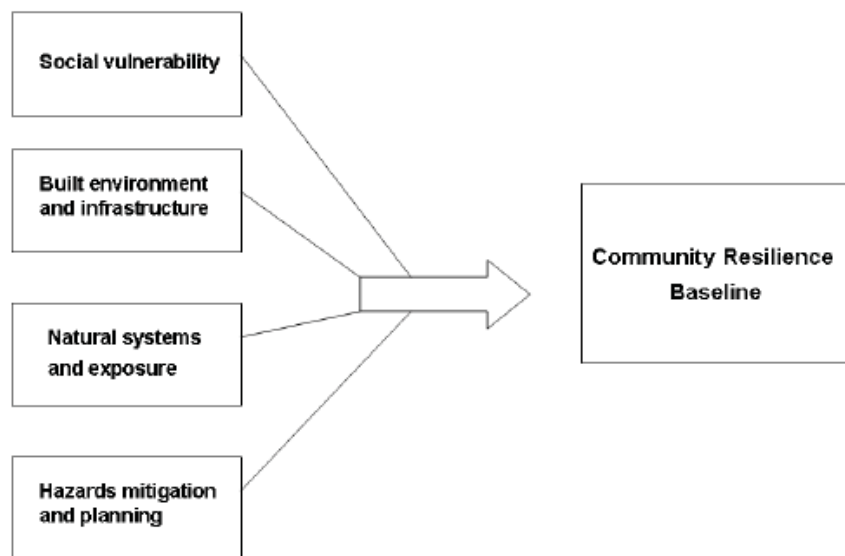
2.6.3 Brook et al. (2005) ได้ทบทวนเอกสารการศึกษาวิจัยต่างๆ และข้อพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ และได้จัดทำบัญชีรายชื่อตัวแปร 46 ตัวที่บ่งชี้ถึงความอ่อนแอทั่วไป ลักษณะทางเศรษฐกิจ ความไม่เสมอภาค สุขภาพ สถานะทางโภชนาการ การศึกษา โครงสร้างพื้นฐาน ธรรมชาติ ภัยพิบัติ ปัจจัยทางภูมิศาสตร์และประชากรในระดับประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.8

2.6.4 Community and Regional Resilience Initiative (CARRI) ได้พัฒนาระบบชุดดัชนีชี้วัด Community resilience baseline จากภัยอันตราย ภัยพิบัติ และการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยวิเคราะห์พื้นที่ที่อ่อนแอบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อจัดทำกลยุทธ์ในการลดความอ่อนแอ และเพิ่มความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม เพื่อเป็นหลักประกันถึงการตอบสนองที่มีประสิทธิภาพและการกลับคืนสู่สภาพเดิมได้อย่างรวดเร็ว (Cutter et al., 2008) การประเมินบรรทัดฐานของความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม (Resilience baseline assessment) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน (รูปที่ 2.25) ซึ่งตัวแปรของแต่ละองค์ประกอบคัดเลือกมาจากการทบทวนเอกสารการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 2.9 - 2.12 โดยแต่ละองค์ประกอบของกรอบแนวคิดการประเมินความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมถูกจัดออกเป็นชั้น (Layer) ด้วย Hazard of place model of vulnerability ได้นำมาซ้อนทับเพื่อจัดทำและแสดงรูปของแผนที่ด้วยเทคนิค GIS (รูปที่ 2.26)

ตารางที่ 2.8 ตัวแทนที่มีศักยภาพสำหรับความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับประเทศ (Brook et al., 2005)

Category	Variable	Proxy	Source
Economy	National wealth	GDP per capita (US\$ PPP)	WB
	Inequality	GINI coefficient	WIID
	Economic autonomy	Debt repayments (% GNI, averaged over decadal periods)	WB
Health and nutrition	National wealth	GNI (total, PPP)	WB
	State support for health	Health expenditure per capita (US\$ PPP)	HDI
	State support for health	Public health expenditure (% of GDP)	HDI
	Burden of ill health	Disability adjusted life expectancy	WHO
	General health	Life expectancy at birth	HDI
	Healthcare availability	Maternal mortality per 100,000	HDI
	Removal of economically active population	AIDS/HIV infection (% of adults)	HDI
	Nutritional status	Calorie intake per capita	GRID
	General food availability	Food production index (annual change averaged over 1981-90 and 1991-99)	WB
	Access to nutrition	Food price index (annual change averaged over 1981-90 and 1991-99)	WB
Education	Educational commitment	Education expenditure as % of GNP	HDI
	Educational commitment	Education expenditure as % of government expenditure	HDI
	Entitlement to information	Literacy rate (% of population over 15)	HDI
	Entitlement to information	Literacy rate (% of 15-24 year olds)	HDI
	Entitlement to information	Literacy ratio (female to male)	HDI
Infrastructure	Isolation of rural communities	Roads (km, scaled by land area with 99% of population)	WB/CISEIN
	Commitment to rural communities	Rural population without access to safe water (%)	HDI
	Quality of basic infrastructure	Population with access to sanitation (%)	HDI
Governance	Conflict	Internal refugees (1000s) scale by population	WB
	Effectiveness of policies	Control of corruption	KKZ
	Ability to deliver services	Government effectiveness	KKZ
	Willingness to invest in adaptation	Political stability	KKZ
	Barriers to adaptation	Regulatory quality	KKZ
	Willingness to invest in adaptation	Rule of law	KKZ
	Participatory decision making	Voice and accountability	KKZ
	Influence on political process	Civil liberties	FH
Geography and demography	Influence on political process	Political rights	FH
	Coastal risk	km of coastline (scale by land area)	GRID
	Coastal risk	Population within 100 km of coastline (%)	GRID
Agriculture	Resource pressure	Population density	CIESIN
	Dependence on agriculture	Agricultural employees (% of total population)	WB
	Dependence on agriculture	Rural population (% of total)	WB
	Dependence on agriculture	Agricultural employees (% of male population)	WB
	Dependence on agriculture	Agricultural employees (% of female population)	WB
Ecology	Agricultural self-sufficiency	Agricultural production index (1985, 1995)	WB
	Environmental stress	Protected land area (%)	GRID
	Environmental stress	Forest change rate (% per year)	GRID
	Environmental stress	% Forest cover	GRID
	Environmental stress	Unpopulated land area	CIESIN
	Sustainability of water resources	Groundwater recharge per capita	GRID
Technology	Sustainability of water resources	Water resources per capita	GRID
	Commitment to and resources for research	R&D investment (% GNP)	WB
	Capacity to undertake research and understand issues	Scientists and engineers in R&D per million population	WB

Note: The data sources are: the World Bank (WB); Human Development Index (HDI); UNEP/GRID-Geneva (GRID); Kaufmann, Kray and Zoido-Lobaton governance data set; Center for International Earth Sciences Information Network (CIESIN) at Columbia University; United Nations World Income Inequality Database (WIID).



รูปที่ 2.25 ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการประเมินเส้นบรรทัดฐานของความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม
(Resilience baseline assessment)

ที่มา: Cutter et al., 2008)

ตารางที่ 2.9 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับการประเมินความอ่อนแอทางสังคม (Cutter et al., 2008)

Category	Variables
Race and ethnicity	% African American; % Native American; % Asian or Pacific Islanders; % Hispanic
Age	% population under 5 years old; % population 65 or older; median age
Socioeconomic status	Per capita income; % families earning more than \$100,000; median dollar value of owner-occupied housing
Gender	%female; % females in civilian labor force
Employment	% of the civilian labor force unemployed; % civilian labor force participation
Education	% population over 25 with less than high school education
Household structure	Average number of people per household; % families living in poverty; % female-headed household, no spouse present
Access to services	Number of physicians per 100,000 population; % rural farm population; % urban population
Occupation	% employed in fishing, farming, forestry; % employed in transportation, communications, public utilities, % employed in service occupation
Housing	% housing units that are mobile homes; % renter-occupied housing units; median gross (\$) for renters
Special needs	Nursing home residents per capita; % social security recipients; % migrate to the United States from abroad in last 5 years

ตารางที่ 2.10 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับการประเมินสิ่งแวดล้อมโครงสร้างพื้นฐาน (Cutter et al., 2008)

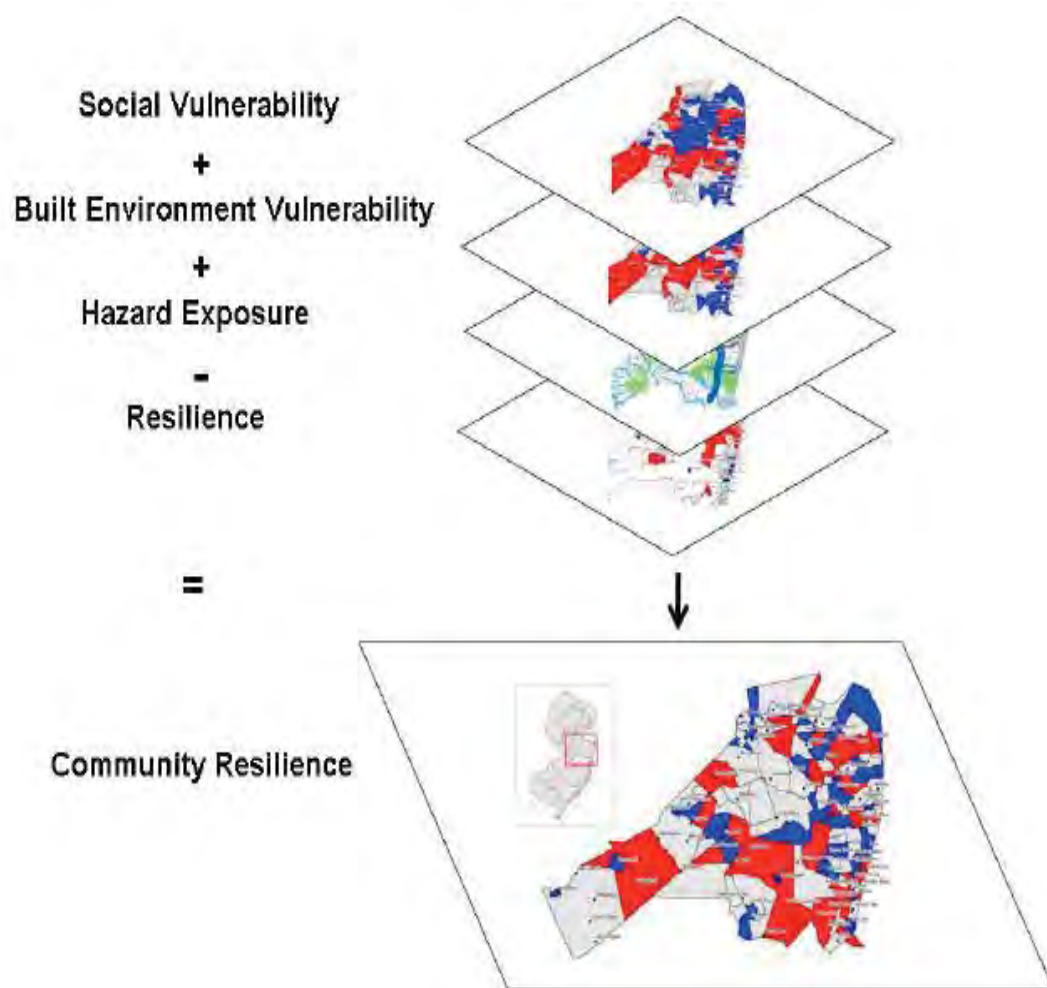
Category	Variables
Residential	Median age for housing units, Housing units built before 1960, Density of housing units, Density of mobile homes, Number of building permits for new housing units, Daily water usage, Value of all residential property
Commercial and industrial development	# commercial establishments, # manufacturing establishment, Value of sales for all businesses (\$), value of all sales for all farms, Industrial earning (\$), Banking offices, Private non-farm business establishments, Hazardous materials facilities, # Small businesses , # marinas
Lifelines	Hospitals, Schools, Electric power facilities, Potable water facilities, Wastewater facilities, Dams, Police stations, Fire station, Oil and natural gas facilities, Nuclear facilities, Emergency centers, Number of hospital beds, Communications towers/antennae
Transportation infrastructure	Airports, Bus terminals, Ferry facilities, Interstate miles, Other principal arterial miles, Fixed transit and ferry network miles, Rail miles, Highway and rail bridges, Ports
Monuments and icons	Churches, Landmark and historic registry building parks, social organizations

ตารางที่ 2.11 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับระบบธรรมชาติและการเผชิญ/สัมผัส

Variables
- Area of dunes
- Average dune height
- Average beach width
- Erosion rates
- Acreage of wetland
- Wetland/habitat loss (% change from previous decade)
- Acreage of undisturbed habitat
- Coastal subsidence (rate per year)
- Sediment supply (estimated berms and offshore bars)
- # and location of coastal defense (groins, jetties, seawalls, revetments)
- # and size of storm water detention basins
- Water contamination (surface and ground)
- 100-year and 500-year flood zones delineations
- Storm surge inundation zones
- Land cover classification
- Amount of impervious surfaces
- Projected sea level rise from Intergovernmental Panel on Climate Change reports

ตารางที่ 2.12 ตัวแปรที่ทำการคัดเลือกสำหรับการบรรเทาภัยคุกคามและแผนการกลับคืนสู่สภาพเดิม

Variables
- Disasters/emergency response plans (household and community)
- Building standard, codes and enforcement
- Hazard mitigation plans and hazard vulnerability assessments (required by the disaster mitigation act of 2000)
- Comprehensive plans (land use and growth management)
- Zoning ordinances prohibiting development of high hazard areas
- Continuity of operations plans for local governments
- Interoperable communications among police, fire and emergency responders
- Disaster recovery plans
- Participation in the National Flood Insurance Program (NFIP)
- Coastal setbacks for development
- Dune management districts
- Transfer of development rights to discourage development in sensitive areas
- Fiscal policies to shift public infrastructure costs (water, sewer, roads) to developers
- Provision of risk/hazard information to the public
- Tabletop and nock exercise and drills for disaster response



รูปที่ 2.26 องค์ประกอบของการประเมินเส้นบรรทัดฐานความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิม และการช้อนทับด้วยเทคนิค GIS

2.6.5 Hahn et. al. (2009) ได้พัฒนา Livelihood Vulnerability Index (LVI) เพื่อประมาณความล่อแหลมของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในอำเภอ Mabote และ Mona ประเทศ Mozambique โดยทำการสำรวจครัวเรือน 200 ครัวเรือน เพื่อรวบรวมข้อมูลด้าน socio-demographics, livelihoods, social networks, health, food/water security และ natural disaster และ climate variability (ตารางที่ 2.13) และจัดทำ Composite index โดยข้อมูลของแต่ละองค์ประกอบย่อยมีสเกลการตรวจวัดที่แตกต่างกัน จะถูก standardize ด้วยเทคนิคที่ใช้สำหรับการคำนวณ HDI ดังนี้

$$index_{sd} = \frac{S_d - S_{min}}{S_{max} - S_{min}},$$

ในขณะที่ S_d = องค์ประกอบย่อยสำหรับอำเภอ d และ S_{min} และ S_{max} = ค่าต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ หลังจากทำ standardize แล้ว แต่ละองค์ประกอบย่อย ถูกเฉลี่ยเพื่อคำนวณค่าในองค์ประกอบหลัก ด้วยสมการ

$$M_d = \frac{\sum_{i=1}^n index_{sd} i}{n},$$

โดย M_d = หนึ่งในเจ็ดองค์ประกอบหลักสำหรับอำเภอ d [socio-demographic profile (SDP), livelihood strategies (LS), social networks (SN), health (H), food (F), water (W), natural disasters and climate variability (NDCV)], $index_{sd} i$ = องค์ประกอบย่อยของแต่ละองค์ประกอบหลัก และ n คือจำนวนขององค์ประกอบย่อย ดังนั้น LVI ระดับอำเภอ ถูกเฉลี่ยจาก 7 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

$$LVI_d = \frac{w_{SDP}SDP_d + w_{LS}LS_d + w_{SN}SN_d + w_HH_d + w_FF_d + w_WW_d + w_{NDC}NDCV_d}{w_{SDP} + w_{LS} + w_H + w_{SH} + w_F + w_W + w_{NDC}}$$

นอกจากนี้ Hahn et al. (2009) ได้พัฒนาทางเลือกการคำนวณ LVI ซึ่งนำนิยามความล่อแหลมของ IPCC รวมเข้ากับกรอบแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.14 ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างของ 7 องค์ประกอบหลักในกรอบแนวคิด LVI-IPCC การสัมผัสภัยอันตราย หมายถึงภัยพิบัติทาง

ธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายใน 6 ปีที่ผ่านมา ในขณะที่ความแปรปรวนภูมิอากาศ ประมาณจากค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายเดือนและฝนรายเดือนในรอบ 6 ปีที่ผ่านมา ความสามารถในการปรับตัว ถูกแสดงในเชิงปริมาณด้วย socio-demographic profile, livelihood strategies และ social networks ส่วนความอ่อนแอ ถูกประเมินจากสถานการณ์ปัจจุบันในแง่ของ health, food, และ water องค์ประกอบหลัก ถูกรวบรวมเป็นหมวดหมู่ตามตารางที่ 2.14 โดยใช้สมการดังนี้

$$CF_d = \frac{\sum_{i=1}^n w_{Mi} M_{di}}{\sum_{i=1}^n w_{Mi}},$$

โดย CF_d = ปัจจัยที่สนับสนุนตามนิยามของ IPCC (Exposure, Sensitivity หรือ Adaptive capacity) สำหรับอำเภอ d , M_{di} คือ องค์ประกอบหลักสำหรับอำเภอ d ซึ่งมีดัชนี i , w_{Mi} คือ ค่าน้ำหนัก (weight) สำหรับแต่ละองค์ประกอบ และ n คือ จำนวนองค์ประกอบหลัก ซึ่งทั้งสามปัจจัยถูกรวบรวมด้วยสมการ

$$LVI - IPCC_d = (e_d - a_d) * s_d$$

$LVI - IPCC_d = LVI$ ตามกรอบแนวคิดของ IPCC, e = exposure score, a = adaptive capacity score และ s = sensitivity score

ตารางที่ 2.13 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของ Livelihood Vulnerability Index (LVI) สำหรับสองอำเภอในประเทศ Mozambique (Hahn et al., 2009)

Major components	Sub-components	Explanation of sub-components	Survey question	Source	Potential limitations
Socio-demographic profile	Dependency ratio	Ratio of the population under 15 and over 65 years of age to the population between 19 and 64 years of age.	Could you please list the ages and sexes of every person who eats and sleeps in this house? If you had a visitor who ate and slept here for the last 3 days, please include them as well.	Adapted from Domestic Household Survey (DHS) (2006). Measure DHS: Model Questionnaire with Commentary	Large extended families; Confusion about who is a member of the household; Lack of birth certificates.
	Percent of female-headed households	Percentage of households where the primary adult is female. If a male head is away from the home >6 months per year the female is counted as the head of the household.	Are you the head of the household?	Adapted from DHS (2006)	Confusion regarding who is the head of the household when multiple families live together or husband is absent.
	Percent of households where head of household has not attended school	Percentage of households where the head of the household reports that they have attended 0 years of school.	Did you ever go to school?	Adapted from DHS (2006)	Confusion regarding who is the head of the household when multiple families live together or husband is absent.
	Percent of households with orphans	Percentage of households that have at least 1 orphan living in their home. Orphans are children <18 years old who have lost one or both parents.	Are there any children less than 18 years old from other families living in your house because one or both of their parents has died?	Adapted from DHS (2006)	Children of family members are sometimes not considered orphans and might not have been reported.
	Percent of households with family member working in a different community	Percentage of households that report at least 1 family member who works outside of the community for their primary work activity.	How many people in your family go to a different community to work?	Adapted from World Bank (1997). Household Questionnaire: Survey of Living Conditions, Uttar Pradesh and Bihar	Confusion regarding who is a member of the family; Does not count members of the family who previously worked outside of community; Confusion about what is "outside of the community."
Livelihood	Percent of households dependent solely on agriculture as a source of income	Percentage of households that report only agriculture as a source of income.	Do you or someone else in your household raise animals? Do you or someone else in your household grow crops? Do you or someone else in your household collect something from the bush, the forest, or lakes and rivers to sell? Same as above	Adapted from World Bank (1997)	Survey only asked about the three primary sources of income for families in the area. Non-agricultural livelihoods such as mechanics, shopkeepers, etc. were not included.
	Average Agricultural Livelihood Diversification Index (range: 0.20-1) ^a	The inverse of (the number of agricultural livelihood activities +1) reported by a household, e.g. A household that farms, raises animals, and collects natural resources will have a Livelihood Diversification Index = $1/(3 + 1) = 0.25$.		Adapted from DHS (2006)	Survey only asked about the three primary sources of income for families in the area. Non-agricultural livelihoods such as mechanics, shopkeepers, etc. were not included.
	Average time to health facility (minutes)	Average time it takes the households to get to the nearest health facility.	How long does it take you to get to a health facility?	Adapted from World Bank (1997)	No watches; Subjective estimates of travel time.
	Percent of households with family member with chronic illness	Percentage of households that report at least 1 family member with chronic illness. Chronic illness was defined subjectively by respondent.	Is anybody in your family chronically ill (they get sick very often)?	Adapted from DHS (2006)	"Chronically ill" was subjectively defined by respondent.
	Percent of households where a family member had to miss work or school in the last 2 weeks due to illness	Percentage of households that report at least 1 family member who had to miss school of work due to illness in the last 2 weeks.	Has anyone in your family been so sick in the past 2 weeks that they had to miss work or school?	Adapted from World Health Organization/Roll Back Malaria (2003). Determination of the Socio-economic Impacts of Malaria Epidemics in Africa.	Confusion regarding who is a member of the family; Recall bias (most severe episodes are mostly likely to be remembered).
Health	Average Malaria Exposure*Prevention Index (range: 0-12)	Months reported exposure to malaria*Owning at least one bednet indicator (have bednet = 0.5, no bednet = 1) (e.g., Respondent reported malaria is a problem January-March and they do not own a bednet = $3*1 = 3$).	Which months of the year is malaria particularly bad? How many mosquito nets do you have?	Adapted from WHO/RBM (2003). Bednets: DHS (2006)	Lack of calendars; Estimation of months by growing season; Reliance on self-reported number of bednets (no visual observation made); Recall bias (more likely to remember a malaria month if family member had malaria)

ตารางที่ 2.13 (ต่อ)

Major components	Sub-components	Explanation of sub-components	Survey question	Source	Potential limitations
Social Networks	Average Receive: Give ratio (range: 0-15)	Ratio of (the number of types of help received by a household in the past month + 1) to (the number of types of help given by a household to someone else in the past month + 1).	In the past month, did relatives or friends help you and your family: (e.g. Get medical care or medicines, Sell animal products or other goods produced by family, Take care of children) In the past month, did you and your family help relatives or friends: (same choices as above) Did you borrow any money from relatives or friends in the past month? Did you lend any money to relatives or friends in the past month?	Adapted from DHS (2006)	Confusion about who is family (immediate) and who is a relative (extended); Reliance on self-reported types of help/support.
	Average Borrow: Lend Money ratio (range: 0.5-2)	Ratio of a household borrowing money in the past month to a household lending money in the past month, e.g., If a household borrowed money but did not lend money, the ratio = 2:1 or 2 and if they lent money but did not borrow any, the ratio = 1:2 or 0.5.		Adapted from World Bank (1997)	Reliance on self-reported money exchanges; Does not consider exchange of non-monetary goods
	Percent of households that have not gone to their local government for assistance in the past 12 months	Percentage of households that reported that they have not asked their local government for any assistance in the past 12 months.	In the past 12 months, have you or someone in your family gone to your community leader for help?	Adapted from WHO/RBM (2003)	Reliance on self-reported visits to government; Recall bias (more likely to remember going to government for dire issues)
	Percent of households dependent on family farm for food	Percentage of households that get their food primarily from their personal farms.	Where does your family get most of its food?	Developed for the purposes of this questionnaire.	Subjective definition of "most"
Food	Average number of months households struggle to find food (range: 0-12)	Average number of months households struggle to obtain food for their family.	Does your family have adequate food the whole year, or are there times during the year that your family does not have enough food? How many months a year does your family have trouble getting enough food?	Adapted from World Bank (1997)	Subjective definition of "struggle"; Reliance on self-reported number of months; May not reflect the overall trend of food scarcity (respondents most likely to remember current year).
	Average Crop Diversity Index (range: >0-1) ^{2a}	The inverse of (the number of crops grown by a household + 1), e.g., A household that grows pumpkin, maize, nhemba beans, and cassava will have a Crop Diversity Index = $1/(4 + 1) = 0.20$.	What kind of crops does your household grow?	Adapted from World Bank (1997)	No specification regarding the seasonality of crops.
	Percent of households that do not save crops	Percentage of households that do not save crops from each harvest.	Does your family save some of the crops you harvest to eat during a different time of year?	Developed for the purposes of this questionnaire.	Does not count families that sell crops and save money.
	Percent of households that do not save seeds	Percentage of households that do not have seeds from year to year.	Does your family save seeds to grow the next year?	Developed for the purposes of this questionnaire.	No specification regarding the year in question.

ตารางที่ 2.13 (ต่อ)

Water	Percent of households reporting water conflicts	Percentage of households that report having heard about conflicts over water in their community.	In the past year, have you heard about any conflicts over water in your community?	Developed for the purposes of this questionnaire.	Recall bias (more likely to remember violent conflicts)
	Percent of households that utilize a natural water source	Percentage of households that report a creek, river, lake, pool, or hole as their primary water source.	Where do you collect your water from?	Adapted from DHS (2006)	Confusion when families have multiple water sources.
	Average time to water source (minutes)	Average time it takes the households to travel to their primary water source.	How long does it take to get to your water source?	Adapted from DHS (2006)	No watches; Subjective estimates of travel time; Different family members collect water.
	Percent of households that do not have a consistent water supply	Percentage of households that report that water is not available at their primary water source everyday	Is this water available everyday?	Adapted from World Bank (1997)	Recall bias (more likely to remember several consecutive days of water shortage)
	Inverse of the average number of liters of water stored per household (range: >0-1)	The inverse of (the average number of liters of water stored by each household + 1).	What containers do you usually store water in? How many? How many liters are they?	Developed for the purposes of this questionnaire.	Lack of information about size of containers
	Average number of flood, drought, and cyclone events in the past 6 years (range: 0-7)	Total number of floods, droughts, and cyclones that were reported by households in the past 6 years.	How many times has this area been affected by a flood/cyclone/drought in 2001-2007?	Adapted from Williamsburg Emergency Mngmnt (2004). Household Natural Hazards Preparedness Questionnaire. Adapted from Williamsburg Emergency Mngmnt (2004)	Recall bias (most severe disasters are most likely to be remembered)
	Percent of households that did not receive a warning about the pending natural disasters	Percentage of households that did not receive a warning about the most severe flood, drought, and cyclone event in the past 6 years.	Did you receive a warning about the flood/cyclone/drought before it happened?		Subjective definition of "warning."
	Percent of households with an injury or death as a result of the most severe natural disaster in the past 6 years	Percentage of households that reported either an injury to or death of one of their family members as a result of the most severe flood, drought, or cyclone in the past 6 years.	Was anyone in your family injured in the flood/cyclone drought? Did anyone in your family die during the flood/cyclone/drought?	Developed for the purposes of this questionnaire.	Recall bias (severe injuries are most likely to be remembered)
	Mean standard deviation of the daily average maximum temperature by month	Standard deviation of the average daily maximum temperature by month between 1998 and 2003 was averaged for each province ^b	1998-2003: provincial data; weather station based in the provincial capital	Instituto Nacional de Estadística (2007)	Reliance on average data; Short time period.
	Mean standard deviation of the daily average minimum temperature by month	Standard deviation of the average daily minimum temperature by month between 1998 and 2003 was averaged for each province.	1998-2003: provincial data; weather station based in the provincial capital	Instituto Nacional de Estadística (2007)	Reliance on average data; Short time period.
	Mean standard deviation of average precipitation by month	Standard deviation of the average monthly precipitation between 1998 and 2003 was averaged for each province	1998-2003: provincial data; weather station based in the provincial capital	Instituto Nacional de Estadística (2007)	Reliance on average data; Short time period.

ตารางที่ 2.14 องค์ประกอบหลักที่เป็นปัจจัยสนับสนุนนิยามความอ่อนแอของ IPCC สำหรับการคำนวณ LVI-IPCC (Hahn et al., 2009)

IPCC contributing factors to vulnerabilityMajor components	
Exposure	Natural disasters and climate variability
Adaptive capacity	Socio-demographic profile Livelihood strategies Social networks
Sensitivity	Health Food Water

2.6.6 Kannami และ Taniyoshi (2008) ได้พัฒนา Flood Risk Index (FRIc) บนพื้นฐานของ PAR model เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากเหตุการณ์น้ำท่วมในระดับประเทศ FRIc ประกอบด้วยความเสี่ยง 5 ด้าน ดังนี้ Hazard, Exposure, Basic vulnerability, Capacity soft countermeasure และ Capacity hard countermeasure แต่ละองค์ประกอบหลัก ประกอบด้วย Sub-index ซึ่งเป็นชุดดัชนีของข้อมูล 3 ประเภทที่เป็นตัวแปรแสดงลักษณะของแต่ละ Sub-index (รูปที่ 2. 27) สมการทั่วไปของ FRIc แสดงได้ดังนี้

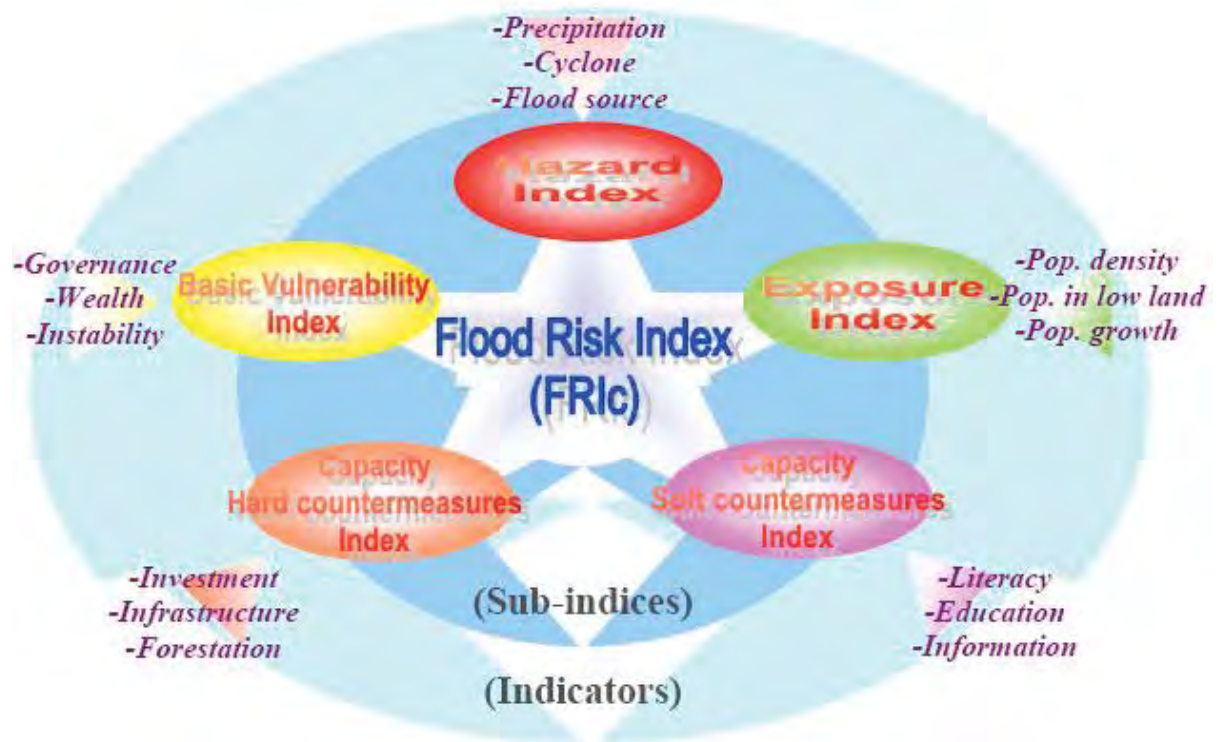
$$Flood Risk Index (FRIc) = H * E * V / C ,$$

โดย H = Hazard index, E = Exposure index, V = Basic vulnerability index, C = Capacity index [Capacity index = (Capacity hard countermeasures index + Capacity soft countermeasures index)/2]

$$Indicator = \{LN(x) - LN(MIN(x))\} / \{LN(MAX(x)) - LN(MIN(x))\}$$

$$Sub-index = Indicator1 + Indicator2 + Indicator3$$

ดัชนีจะถูกคัดเลือกจากข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ได้ และการทบทวนเอกสารการศึกษาวิจัยด้วยวิธีเชิงคุณภาพร่วมกับการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญของ International Center for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) ดัชนีที่ถูกคัดเลือกแสดงในตารางที่ 2.15



รูปที่ 2.27 โครงสร้างและองค์ประกอบของ Flood Risk Index (FRIc) (Kannami and Taniyoshi, 2008)

ตารางที่ 2.15 ดัชนีที่คัดเลือกสำหรับการคำนวณ Flood Risk Index (FRIc)

(Kannami and Taniyoshi, 2008)

Sub-Indices	Indicators	Data
Hazard	1. Precipitation	Average annual precipitation in depth
	2. Cyclone Proneness	Cyclone proneness considering frequency and magnitude
	3. Flood Source	Water area ratio to land area
Exposure	1. Basic Population Density	Population density in the area where population density is more than 5 people per sq. km
	2. Low Land Area's Population Density	Population density in the area where the elevation is below 200m
	3. Population growth	Population in 2005 / in 1985
Basic Vulnerability	1. Governance	Corruption Index
	2. Wealth and information	Life Expectancy
	3. Instability	GINI coefficient
Capacity Hard Countermeasures	1. Potential Investment	GDP per Area
	2. Infrastructure	Paved Road Density
	3. Forestation	Forestation ratio in 2005 – in 1990
Capacity Soft Countermeasures	1. Literacy	Adult literacy rate (%)
	2. Education	Enrolment ratio for education (%)
	3. Information	Television receivers per one thousand inhabitants

2.6.7 Disaster Risk Index (DRI) ถูกพัฒนาโดย Division of Early Warning and Assessment (DEWA) และ GRID-Geneva ของ United Nations Environment Programme (UNEP) ภายใต้โครงการ Global Risk and Vulnerability Trends per Year (GRAVITY) (Peduzzi et al., 2001,2002,2003; Dao, 2003) ดัชนี DRI ถูกนำไปใช้เปรียบเทียบเชิงระบบระหว่างประเทศและโครงการ GRID-Geneva ในการประเมินความเสี่ยง ความล่อแหลม ข้อมูลข่าวสารและการเตือนภัยล่วงหน้า (PREVIEW) โครงการ GRAVITY ทำการทดสอบภัยพิบัติ 4 ประเภท คือ พายุไซโคลน ภัยแล้ง อุทกภัย และแผ่นดินไหว กรอบแนวคิดนี้แสดงด้วยสมการดังนี้

$$Risk = Frequency * Population * Vulnerability$$

โดย ความเสี่ยง (*Risk*) = จำนวนประชากรที่คาดว่าจะสูญเสียต่อจำนวนประชากรที่เผชิญ/ หรือสัมผัสทั้งหมดต่อช่วงเวลาหนึ่ง

ความถี่ (*Frequency*) = จำนวนของเหตุการณ์ต่อช่วงเวลาหนึ่ง

จำนวนประชากร (*Population*) = จำนวนประชากรที่เผชิญ/สัมผัสกับภัยคุกคาม

ความล่อแหลม (*Vulnerability*) = เปอร์เซ็นต์ของประชากรที่คาดว่าจะสูญเสียในบริบทของสังคม การเมืองและเศรษฐกิจ

ซึ่ง $Physical\ exposure\ (PhExp) = Frequency * Population$

ดังนั้น $Risk = PhExp * Vulnerability$

สำหรับตัวแทน (Proxy) ของความล่อแหลม สามารถคำนวณได้โดยสมการนี้

$$Vul_{proxy} = \frac{impacts}{PhExp}$$

ในขณะที่ *impact* (ในกรณีศึกษาของ GRAVITY) = จำนวนผู้เสียชีวิตที่ถูกบันทึกโดย CRED ในปี ค.ศ. 1980-2000 ดังนั้น ความเสี่ยง คือ ฟังก์ชันของตัวแปรอิสระ

$$Risk = f (PhExp, Vulnerability\ Factors)$$

ซึ่งปัจจัยความอ่อนแอ ได้แก่ ปัจจัยทางเศรษฐกิจ-สังคมที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียสำหรับแต่ละภัยพิบัติ ดัชนีความเสี่ยงและดัชนีความอ่อนแอที่ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในโครงการ GRAVITY แสดงในตารางที่ 2.16 และ 2.17 กรอบแนวคิดนี้ มีลักษณะเชิงปริมาณโดยธรรมชาติ ทำให้สามารถจัดทำโมเดลคาดการณ์ความเสี่ยงได้ ส่วนความอ่อนแอได้มีการทดสอบในด้านการพัฒนาเศรษฐกิจ การศึกษา คุณภาพสิ่งแวดล้อม ประชากร สุขภาพและสุขอนามัย ซึ่งข้อมูลตัวแทนปัจจัยเหล่านี้ ได้มีการนำไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลการเสียชีวิตจาก EM-DAT เพื่อทดสอบความสำคัญต่อองค์ประกอบต่างๆ ของความอ่อนแอ

2.6.8 Climate Vulnerability Index (CVI) พัฒนาโดย Oxford Center for Water Research ดัชนี CVI เป็นดัชนีที่ดัดแปลงและต่อยอดจาก Water Poverty Index (WPI) โดยเพิ่มเติมปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ที่ต้องการทดสอบ อันเป็นประโยชน์ในการประเมินความอ่อนแอของชุมชนจากทรัพยากรน้ำ (Oxford Center for Water Research) ซึ่งเป็นเทคนิคที่บูรณาการปัจจัยทางกายภาพ สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเข้าด้วยกัน ดัชนี CVI เหมาะสมในการทดสอบความอ่อนแอของประชาชนต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน รวมทั้งผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดัชนี CVI ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลัก 32 องค์ประกอบย่อย ดังแสดงในตารางที่ 2.18

2.6.9 Food Insecurity and Vulnerability Information and Mapping System (FIVIMS) ได้พัฒนาและจัดตั้งโดย Food and Agriculture Organization (FAO) ในระดับประเทศและระหว่างประเทศ เพื่อรวบรวม วิเคราะห์ เผยแพร่ แลกเปลี่ยนข้อมูลความมั่นคงทางด้านอาหาร ความอ่อนแอ หรือความเสี่ยงต่อสถานะโภชนาการ (FIVIMS, 2000) กรอบแนวคิดของ FIVIMS มีความเชื่อมโยงระหว่างการพัฒนา เศรษฐกิจทางอาหาร ครัวเรือนและความผาสุกระดับบุคคล ดังแสดงในรูปที่ 2.28 (FIVIMS) โดยได้มีการพัฒนา Core indicator และ Additional indicator เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดตาม/ประเมินความมั่นคง และความอ่อนแอทางด้านอาหารในชุมชนและพื้นที่ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.29 (FIVIMS, 2002)

ตารางที่ 2.16 ประโยชน์และอุปสรรคของดัชนีความเสี่ยงภายใต้โครงการ GRAVITY

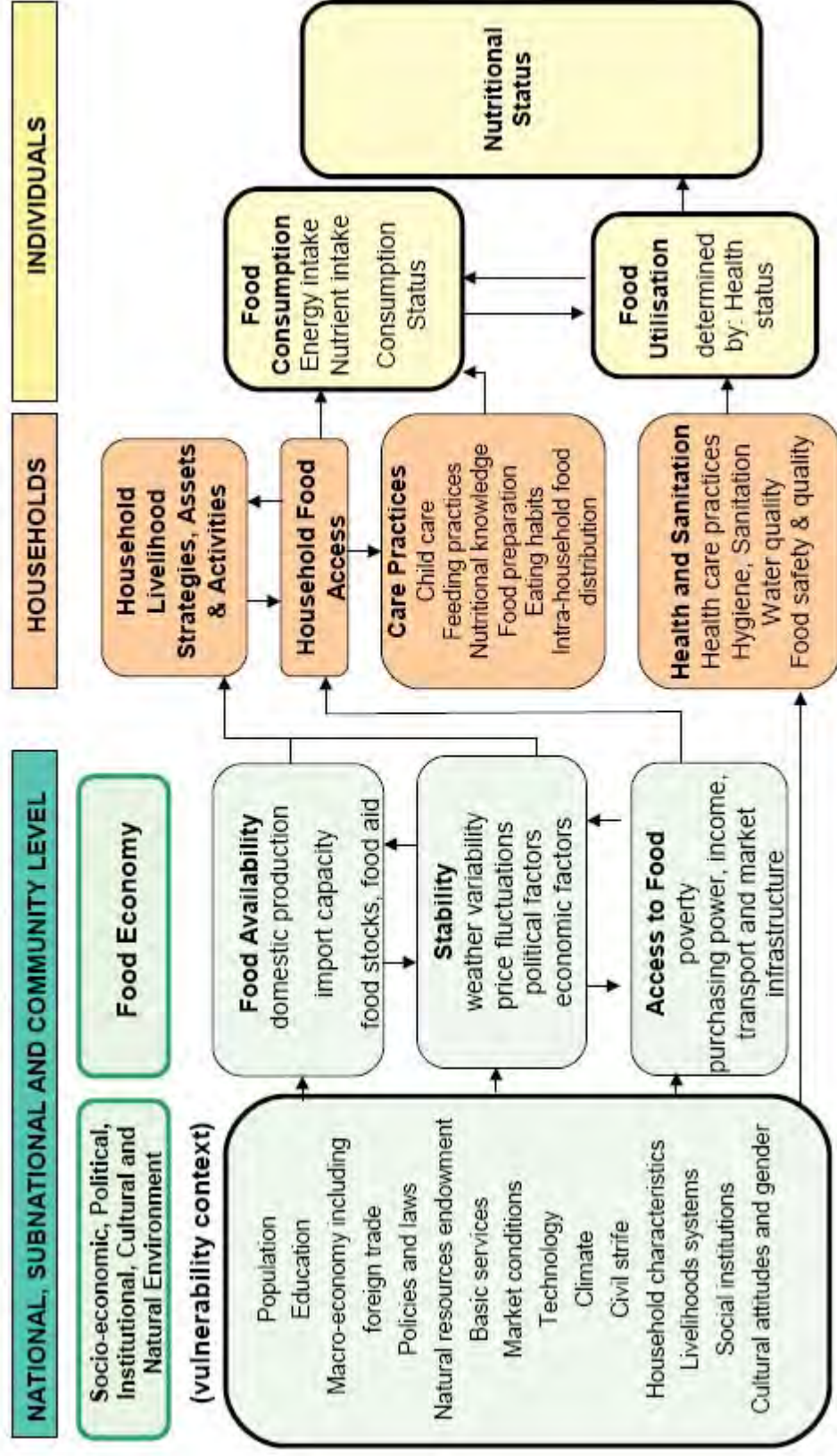
Indicators for risk	Advantages	Inconveniences
1. Number of killed	Each human being has the same “weight”	10.000 persons killed split between ten small countries does not appeared in the same way as 10.000 killed in one country. Smaller countries are disadvantaged.
2. Killed / Population	It allows comparisons between countries. Less populated countries have the same weight as more populated countries.	The “weight” of human being is not equal, e.g. one person killed in Honduras equal 160 killed in China.
3. Killed / Population affected	Regional risk is highlighted even though the population affected is a smaller portion of the total national population.	This may highlight local problem that are not of national significance and give wrong priority for a selected country.

ตารางที่ 2.17 ดัชนีความอ่อนแอที่ทำการคัดเลือกสำหรับโครงการ GRAVITY

Categories of vulnerability	Indicators	Source
Economic	1. Gross Domestic Product per inhabitant at purchasing power parity, 2. Total dept service (% of the exports of goods and services), 3. Inflation, food prices (annual %), 4. Unemployment, total (% of total labour force)	GEO GEO WB WB
Type of economical activities	5. %age of arable land 6. %age of urban population,	GEO GEO
Dependency and quality of the environment.	7. Forests and woodland (in %age of land area), 8. %age of irrigated land	GEO GEO
Demography	9. Population growth, 10. Urban growth, 11. Population density, 12. Age dependency ratio,	GEO GEO GEO WB
Health and sanitation	13. Average calorie supply per capita, 14. %age of people with access to adequate sanitation, 15. %age of people with access to safe water (total, urban, rural) 16. Number of physicians (per 1000 inhab.), 17. Number Hospital Beds 18. Life Expectancy at birth for both Sexes	GEO GEO GEO WB WB GEO
Politic	19. Transparency’s CPI (index of corruption)	TI
Infrastructure, early warning and capacity of response	20. Number of Radios (per 1000 inhab.)	WB
Education	21. Illiteracy Rate, 22. School enrolment, 23. Secondary (% gross), 24. Labour force with primary, secondary or tertiary education	GEO GEO GEO WB
Development	25. Human Development Index (HDI)	UNDP

ตารางที่ 2.18 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของ Climate Vulnerability Index (CVI)

CVI component	Sub-components / Variables
Geospatial (G)	1 extent of land at risk from sea level rise and/or tidal waves 2 extent of land at risk from land slips 3 degree of isolation from other water resources and/or food sources 4 deforestation, desertification and/or soil erosion rates 5 degree of land conversion from natural vegetation 6 extent of risk from melting of glaciers 7 risk of glacial lake outbursts
Resource (R)	1. assessment of surface water and groundwater availability 2. evaluation of the reliability of resources 3. assessment of water quality 4. dependence on imported or desalinated water 5. water storage capacity
Access (A)	1.access to clean water 2.access to sanitation 3.access to irrigation coverage adjusted by climate characteristics
Capacity (C)	1.expenditure on consumer durables, or income 2.the under-five mortality rate 3.existence of disaster warning systems 4.educational level of the population 5.percentage of people living in informal housing 6.GDP as a proportion of GNP 7.strength of municipal institutions 8.investment in the water sector as a percentage of fixed capital investment 9.access to a place of safety in the event of flooding or other disasters
Use (U)	1.domestic water consumption rate related to national or other standards 2.agricultural water use related to the contribution of agricultural production to GDP 3.industrial water use related to the contribution of industrial production to GDP
Environment (E)	1.livestock density 2.human population density 3.loss of habitats 4.flood frequency 5.Species loss



รูปที่ 2.28 กรอบแนวคิดของ FAO/FIVIMS แสดงความเชื่อมโยงการพัฒนา เศรษฐกิจทางอาหาร ครัวเรือนและความปลอดภัยระดับบุคคล

Food Security and Nutrition Status Indicators (core indicators)

Food Consumption

- Average per person dietary energy supply (DES)
- Cereals, roots and tubers as % of DES
- Percentage of population undernourished

Health Status

- Life expectancy at birth
- Under-5 mortality rate

Nutritional Status

- Proportion of children under 5 that are underweight, stunted or wasted
- Percentage of adults with body mass index (BMI) <18.5

National Food Economy Indicators (additional indicators)

Economic Conditions

- GNP per capita
- Growth in GNP per capita
- GNP per capita at Purchasing Power Parity

Food Availability

- Food production index by country
- Volume of production, food use, trade and stock changes for major food commodities, by commodity group and by country groupings
- Ratio of five major grain exporters' supplies to requirements

Food Access

- Gini Index of income distribution
- People living below national poverty line
- People living on less than \$1 per day

Stability of Food Supplies and Access

- Index of variability of food production
- Food prices index
- Changes in cereal production in low income food deficit countries (LIFDCs), with and without China and India
- Export price movements for wheat, maize and rice

Risks, Hazards and Shocks

- Number of countries facing food emergencies

รูปที่ 2.29 Core indicator และ Additional indicator ของ FAO/ FIVIMS ในการติดตามและประเมินความมั่นคงและความอ่อนแอทางด้านอาหาร

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 กรอบแนวคิดและขั้นตอนวิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นโครงการต่อเนื่องจากโครงการวิจัย “การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความอ่อนแอของพื้นที่วิกฤติ” ระยะที่ 1 : การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศ และพื้นที่วิกฤติของประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนแอในด้านเศรษฐกิจ-สังคม สิ่งแวดล้อมและมนุษย์ และประเมินความเสี่ยงของชุมชนในพื้นที่วิกฤติจากสภาวะความรุนแรงของฝนในประเทศไทย ซึ่งพื้นที่นำร่องในการศึกษา คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้กรอบแนวคิด Vulnerability-led approach (UNFCCC, 2004) ตามเทคนิควิธีการที่ใช้ในโครงการต่างๆ เช่น The Famine Early Warning System, FEWS; Vulnerability Analysis Mapping, VAM (USAID, 1997), Global Risk and Vulnerability Trend per Year, GRAVITY (Peduzzi et al., 2001,2002,2003), Vulnerability indices (Dowing et al., 2001), Global Natural Disaster Risk Hotspots (Dilley et al., 2005; Arnold et al., 2006), Food Insecurity and Vulnerability Information and Mapping Systems (FIVIMS), Indicators of disaster risk and risk management: Program for Latin America and the Caribbean (Cardona, 2005, 2007), Social vulnerability to climate and environmental hazards (Cutter et al., 2003, 2009) และ Climate change variability mapping for Southeast Asia (Yusuf and Francisco, 2009) มาประยุกต์ใช้ในการประเมินองค์ประกอบที่อ่อนแอ และผลลัพธ์ของความเสี่ยงในระดับชุมชน (ตำบล/หมู่บ้าน) ในพื้นที่นำร่องทั้งสองจังหวัด ในแง่ของความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน จากสภาวะความรุนแรงของฝนในรูปแบบของอุทกภัย ภัยแล้ง พายุ และดินถล่ม ตลอดจนวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่กำหนดความอ่อนแอ ความอ่อนไหวและความสามารถในการปรับตัวและตั้งรับต่อความเสี่ยงดังกล่าวในพื้นที่วิกฤติที่ทำการศึกษา ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลบรรทัดฐาน (Baseline data) ของสถานการณ์ปัจจุบัน ที่จะสามารถนำไปใช้ในการกำหนดแนวทางการเสริมสร้างความเข้มแข็งในการตั้งรับและปรับตัวต่อปัจจัยคุกคามในอนาคต (Future threat) โดยจะทำการวิเคราะห์และพัฒนาดัชนีผลลัพธ์ของความเสี่ยง และดัชนีความอ่อนแอทางกายภาพหรือทางชีวภาพ จากข้อมูลด้านความเสียหาย ความถี่ ความรุนแรงและระยะเวลาของภัยพิบัติธรรมชาติ (อุทกภัย ภัยแล้ง พายุ และดินถล่ม) ควบคู่ไปกับการพัฒนาดัชนีความอ่อนแอทางด้านสังคม จากข้อมูลด้านเศรษฐกิจ-สังคม นโยบาย ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระดับชุมชนของพื้นที่นำร่อง ภายใต้แนวคิด Vulnerability-lead approach (UNFCCC, 2004) และ Hazard-of-place model of vulnerability (Cutter et al., 2006,2008) โดยเทคนิคและวิธีการวิเคราะห์ดัชนีสำหรับการประเมินความมั่นคงของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และความอ่อนแอต่อภัยคุกคามและภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ใช้กันโดยทั่วไปในหลายๆ โครงการ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกและนำมาพัฒนาดัชนีผลลัพธ์ของความเสี่ยง และดัชนีความอ่อนแอทางสังคมให้เหมาะสมกับบริบทของสังคมไทย ให้สามารถคำนวณผลลัพธ์จากฐานข้อมูลของหน่วยงานต่าง ๆ ในระดับจังหวัดลงไปจนถึงระดับตำบลและหมู่บ้าน ดังรายละเอียดในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5

ชุดของดัชนีที่พัฒนามานี้ ได้นำไปวิเคราะห์หาความอ่อนแอรวมของชุมชน รวมทั้งการประเมินความสามารถในการปรับตัวของแต่ละชุมชน ตลอดจนนำไปจัดทำแผนที่ความอ่อนแอเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนแอวิกฤติ (Vulnerability hotspot) เชิงพื้นที่โดยใช้เทคนิคระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS)

พื้นที่นำร่องสำหรับการศึกษานี้ คือ จังหวัดฉะเชิงเทราและจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีขอบเขตการศึกษาตั้งแต่ระดับจังหวัดลงไปจนถึงระดับตำบลและหมู่บ้าน กรอบแนวคิดของการศึกษาแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัย (รูปที่ 3.2) ที่สำคัญ ดังนี้

- 1) การคัดเลือกและพัฒนาดัชนีที่เหมาะสม เพื่อใช้ประเมินความอ่อนแอระดับตำบล/หมู่บ้าน
- 2) การสำรวจและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา
- 3) การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้น และจัดเรียงรูปแบบข้อมูล
- 4) การวิเคราะห์ดัชนีความอ่อนแอในระดับตำบลและหมู่บ้านด้วยเทคนิคสถิติเชิงพหุ
- 5) การจัดทำแผนที่ดัชนีผลลัพธ์ความเสี่ยงและดัชนีความอ่อนแอ และวิเคราะห์
- 6) การวิเคราะห์ดัชนีความอ่อนแอและประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่
- 7) การวิเคราะห์ Sensitivity และ Adaptive capacity ของชุมชนในพื้นที่ศึกษา
- 8) การประเมินแนวทางการปรับตัวในปัจจุบันและทางเลือกของการปรับตัวในอนาคต

3.2 การคัดเลือกและพัฒนาดัชนีที่เหมาะสม เพื่อใช้ประเมินความอ่อนแอระดับตำบล/หมู่บ้าน ในจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา

ตัวแปรทางเศรษฐกิจ-สังคม สิ่งแวดล้อม ภัยอันตรายจากการความแปรปรวน การเปลี่ยนแปลงและสถานะความรุนแรงของภูมิอากาศ ที่นำมาใช้ในการคำนวณดัชนีความอ่อนแอและความเสี่ยงในโครงการศึกษาวิจัยด้านต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.6 รวมถึงตัวแปรที่เป็นตัวแทนดัชนีความอ่อนแอในด้านต่าง ๆ ที่ได้จากการทบทวนเอกสาร ได้นำมาคัดเลือกเพื่อจัดทำบัญชีรายชื่อตัวแปรสำหรับการประมวลและคำนวณดัชนี Community-based Vulnerability Index (CoVI) ซึ่งเป็นดัชนีรวมที่แสดงถึงความอ่อนแอในระดับตำบลและหมู่บ้านในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยตัวแปรสำหรับการคำนวณดัชนี CoVI ได้พิจารณาคัดเลือกบนพื้นฐานและหลักเกณฑ์ของ 1) Representativeness 2) Data availability 3) Sensitivity 4) Feasibility 5) Reliability และ 6) Validity (Dowing et al., 2001; UNFCCC, 2008)

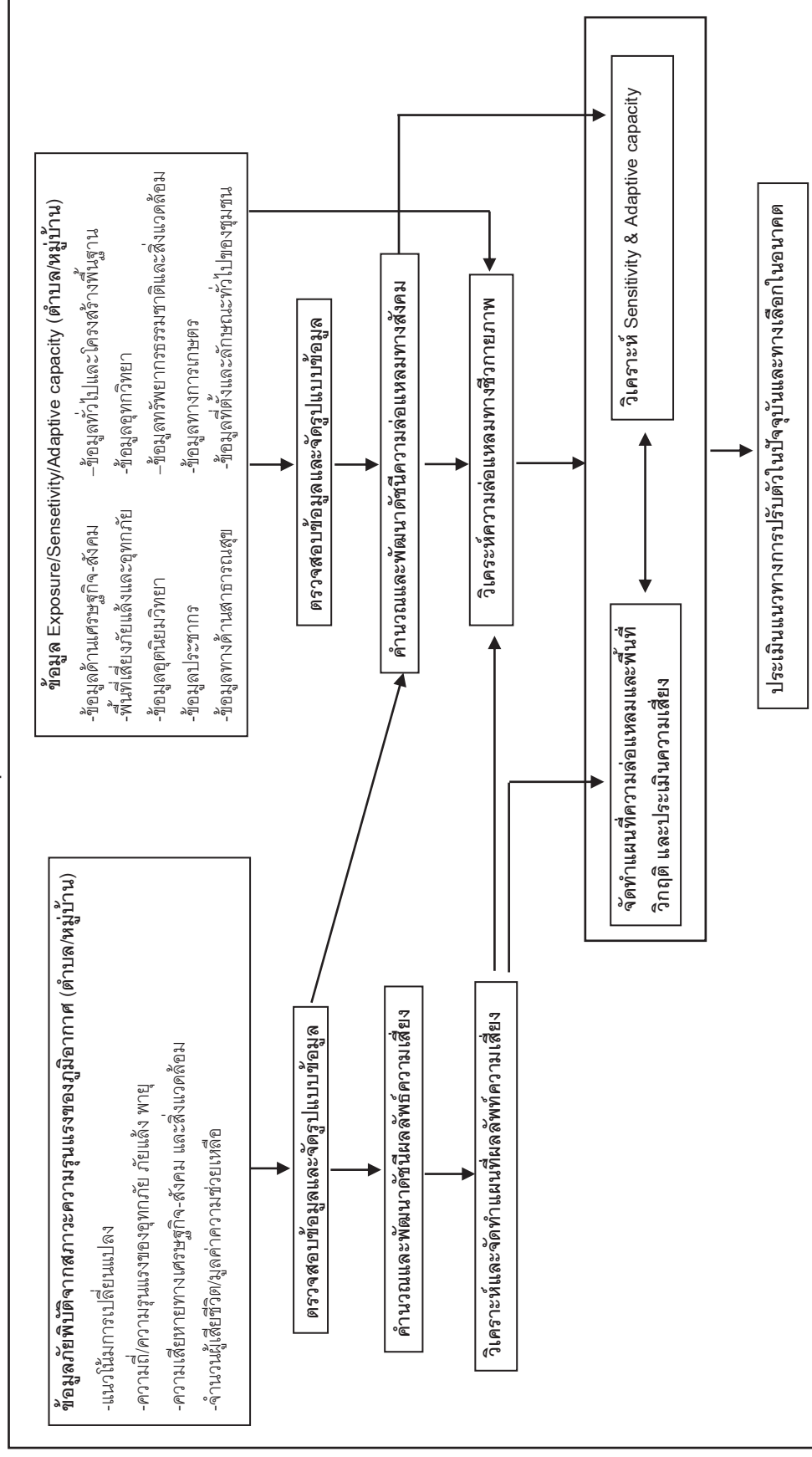
การคัดเลือกตัวแปร ได้ให้ความสำคัญเป็นพิเศษถึงความสอดคล้องของสเกลในการวิเคราะห์ เนื่องจากตัวแปรส่วนใหญ่ ที่ใช้ในการคำนวณดัชนีความอ่อนแอโครงการศึกษาวิจัยด้านต่าง ๆ มีสเกลระดับประเทศ แต่

การศึกษานี้ มีสเกลการวิเคราะห์ที่ระดับตำบลและหมู่บ้าน ดังนั้น ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปร จึงได้พิจารณาความสอดคล้องของสเกล ควบคู่กับข้อมูลที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนของตัวแปร

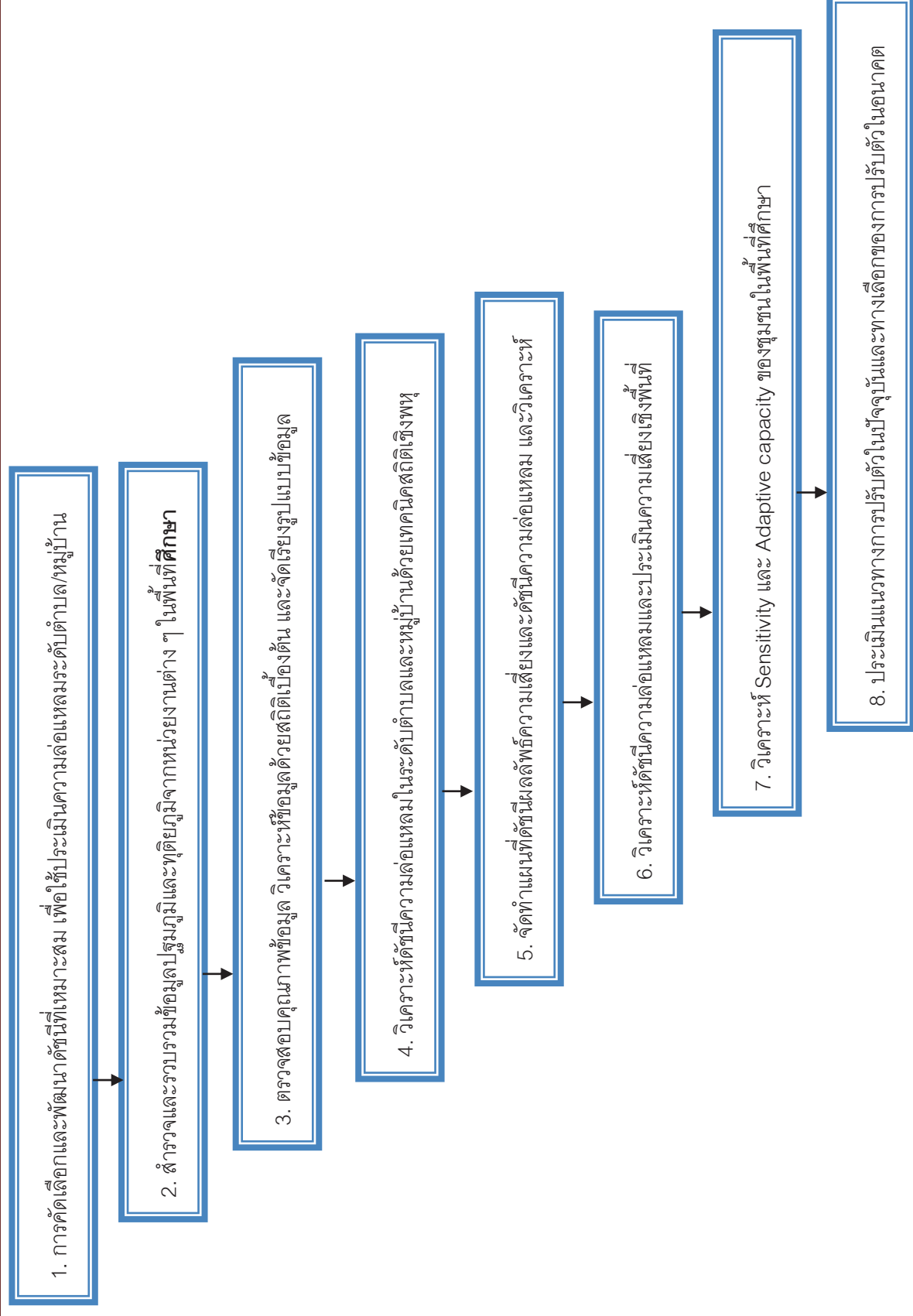
โครงสร้างของดัชนี CoVI ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักตามนิยามความอ่อนแอของ IPCC ที่ Hahn et al. (2009) นำมาคำนวณ LVI เพื่อประมาณความอ่อนแอของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับชุมชนในประเทศ Mozambique ซึ่งประกอบด้วย Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity โดยองค์ประกอบหลัก Exposure ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบรอง (Sub-component) ส่วนองค์ประกอบ Sensitivity ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบรอง สำหรับองค์ประกอบ Adaptive capacity ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบรอง

กรอบแนวคิดและรายละเอียดการคัดเลือก รวมทั้งการพัฒนาดัชนี CoVI แสดงในตารางที่ 3.1 ส่วนโครงสร้างของดัชนี CoVI แสดงในรูปที่ 3.3 กระบวนการภายใต้ Data-Indicator-Goal Model ได้นำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวการพัฒนาดัชนี CoVI (รูปที่ 3.4) ซึ่งมีกระบวนการพัฒนาดัชนีทั้งหมด 9 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.5 (UNUIEHS & NNSUACE) ทั้งนี้ ดัชนี CoVI ที่พัฒนาขึ้น ควรมีเงื่อนไขและหลักเกณฑ์ตามที่ระบุในตารางที่ 3.2 (UNUIEHS & NNSUACE, EEA-European Environment Agency, 2004; Birkmann, 2006) ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้และเพิ่มเติมโครงสร้างองค์ประกอบและตัวแปรที่คัดเลือกสำหรับการคำนวณดัชนี CoVI ให้สามารถเป็นตัวแทนในแต่ละด้านของความอ่อนแอ และความเหมาะสม รวมทั้งให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลระดับชุมชนที่ทำการสำรวจและรวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคทางสถิติเชิงพหุ มาจัดการกับเมตริกซ์ข้อมูลหลายๆตัวแปรสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของ CoVI ทั้งนี้ขั้นตอนการจัดทำดัชนี CoVI แสดงในรูปที่ 3.6

Extreme rainfall hotspot areas นครศรีธรรมราชและตะเข้เงา



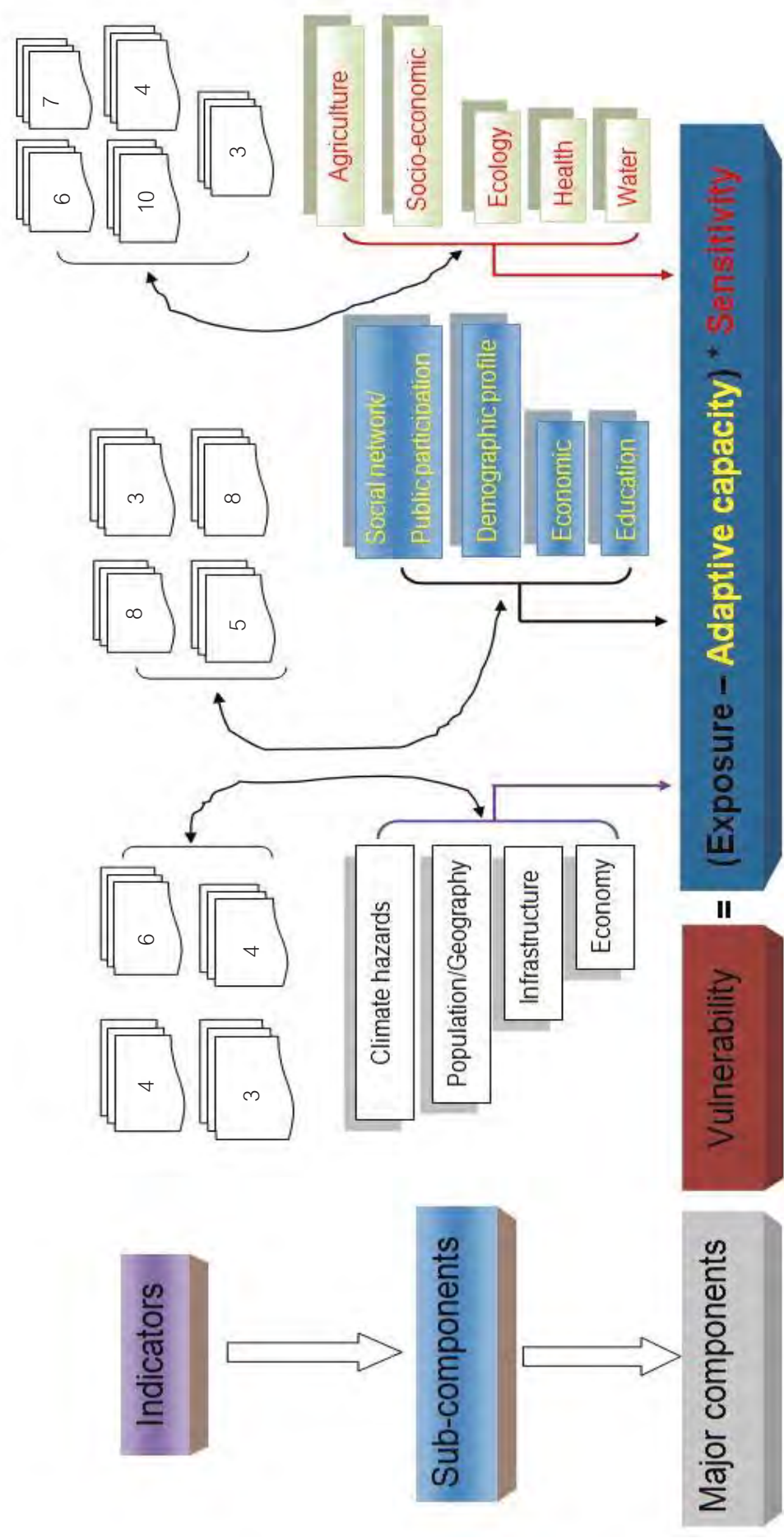
รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวและความเสี่ยงในพื้นที่วิกฤติจากสภาวะความรุนแรงของฝน



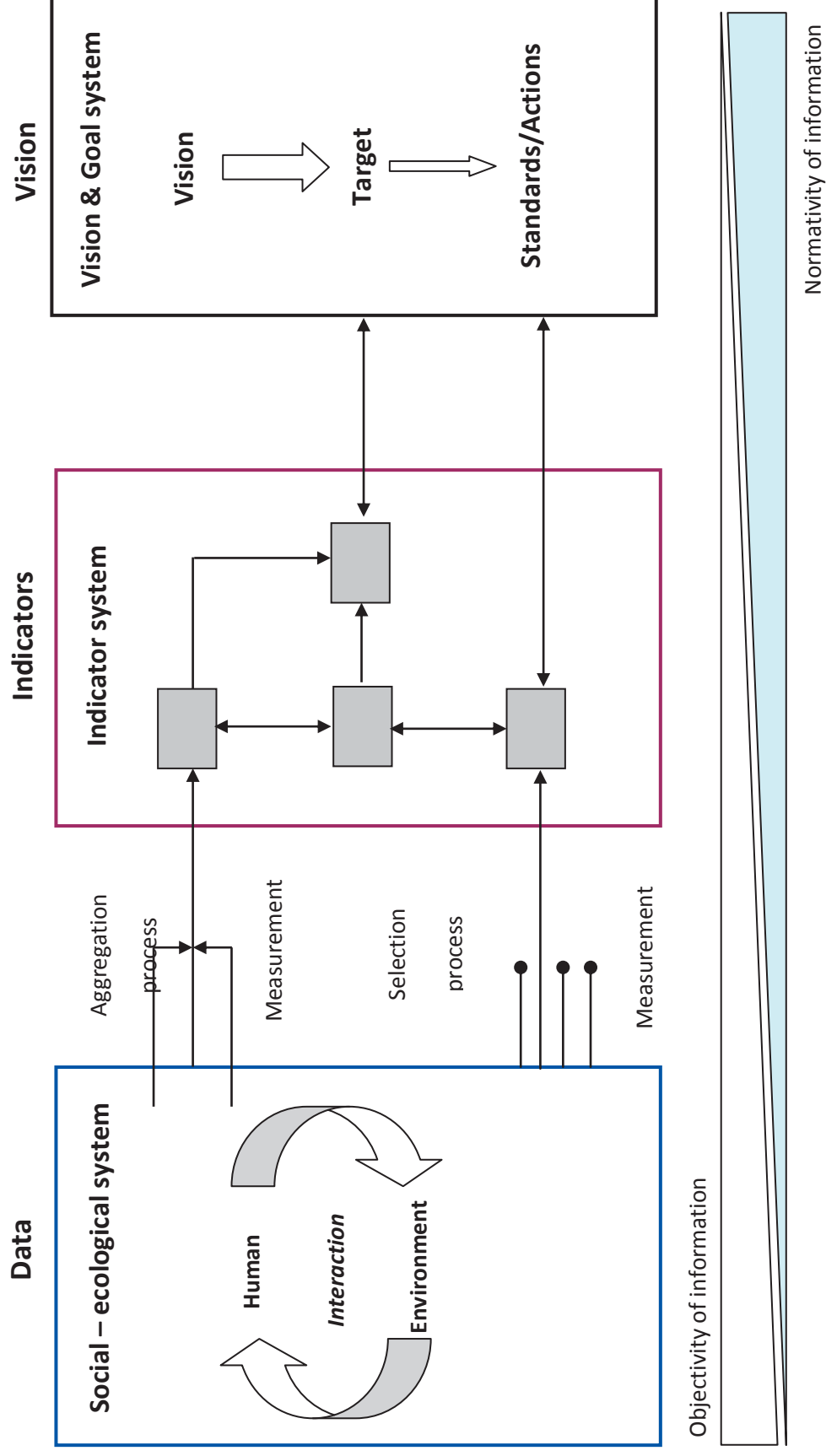
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยวิเคราะห์ความอ่อนแอ และประเมินความเสี่ยงจากสภาพความรุนแรงของฝน ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา

ตารางที่ 3.1 กรอบแนวคิดและรายละเอียดของดัชนี Community-based Vulnerability Index (CoVI) ที่พัฒนาสำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนแอและประเมินความเสี่ยงระดับชุมชนในจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา

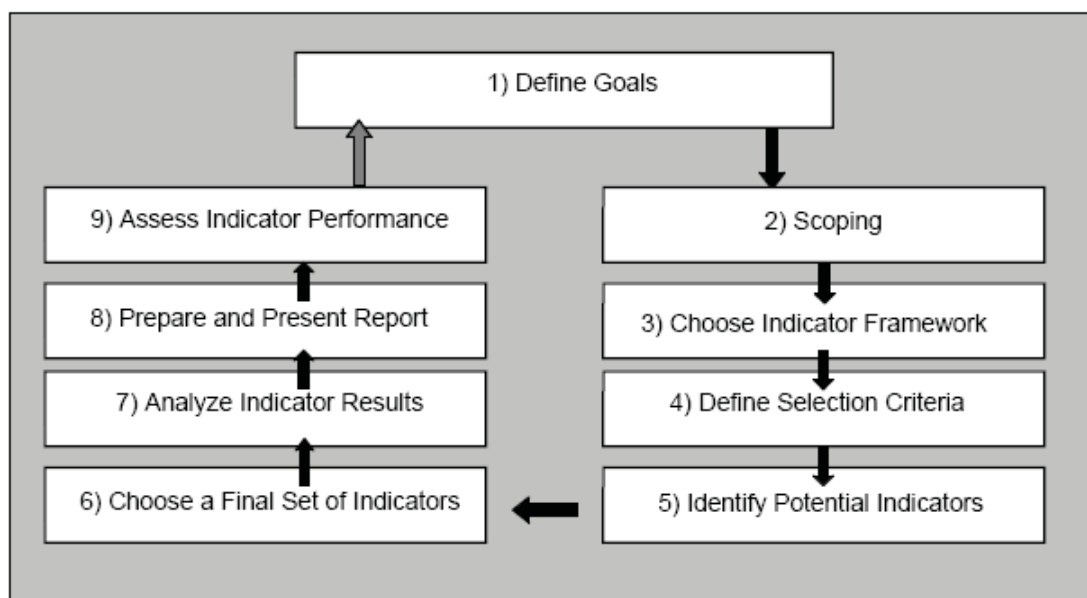
Criteria	Community-based Vulnerability Index (CoVI)
1. Approach	Vulnerability-led
2. Conceptual framework	Combination of Pressure and Release, Hazard-of -place and adaptive capacity and data availability
3. Purpose	- Provide holistic/comparative analysis of vulnerability/risk - Identify factor influencing vulnerability and vulnerability hotspots - Map community patterns of risk/vulnerability - Generate baseline and operationalize adaptation/risk framework - Develop policy-informing tool
4. Representative (Concept)	IPCC definition of vulnerability
5. Scale of analysis	Tambon/village
6. Data sources	Field survey and secondary database
7. Thematic dimension	Exposure, Sensitivity and Adaptive capacity
8. Sub-indices	3
9. Data standardization	Basic equation adapted from Human Development Index (where necessary all variables to either percentages, per capita or density function)
10. Data normalization	Creation of Z-score (mean = 0, standard deviation = 1) and Max-min normalization
11. Index component consolidation/selection	Principal Component Analysis (PCA)



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของดัชนี CoVI



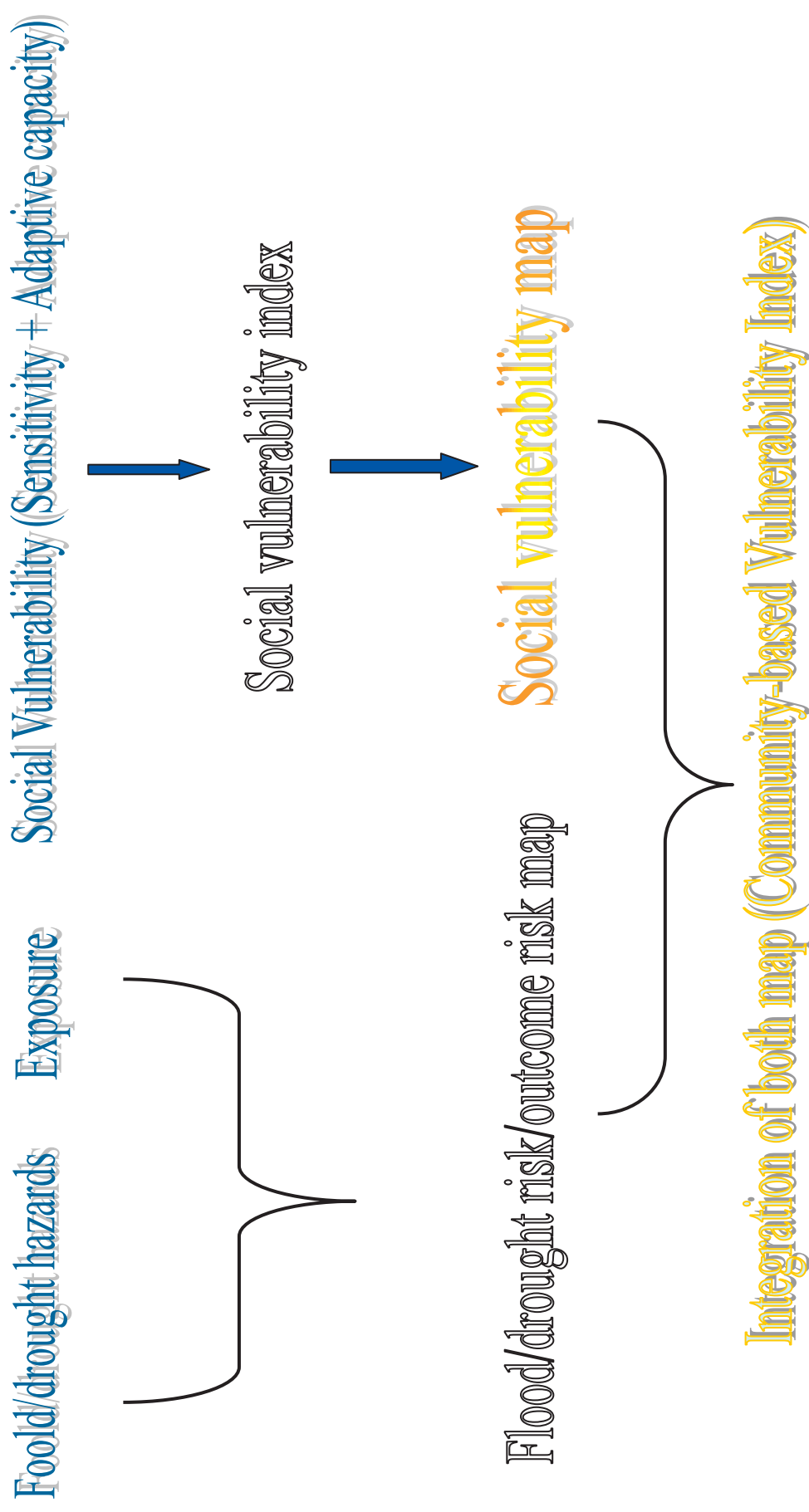
รูปที่ 3.4 แนวทางการพัฒนาดัชนีความสอดคล้องแบบผสม ภายใต้กระบวนการ Data-indicator-goal model
(ดัดแปลงจาก Cabri-Volga Project Deliverable D3; www.cabri-volga.org)



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการพัฒนาดัชนีความล่าช้า ภายใต้กระบวนการ Data-indicator-goal model (ดัดแปลงจาก Cabri-Volga Project Deliverable D3; www.cabri-volga.org)

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขและหลักเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการพัฒนาดัชนีความล่าช้า

Standard criteria for indicator development
1. Measurable
2. Relevant, represent an issue that is important to the relevant topic
3. Policy-relevant
4. Only measure important key-elements instead of trying to indicate all aspects
5. Analytically and statistically sound
6. Understandable
7. East to interpret
8. Sensitivity, be sensitive and specific to the underlying phenomenon
9. Validity/accuracy
10. Reproducible
11. Based on available data
12. Data comparability
13. Appropriate scope
14. Cost effective



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการจัดทำดัชนี Community-based Vulnerability Index สำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนแอและผลกระทบประเมินความเสี่ยงจากภาวะความรุนแรงของฝนในระดับตำบล/หมู่บ้าน ในจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดฉะเชิงเทรา

3.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิจากหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลนำใช้ในการคำนวณดัชนี CoVI

ทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลทางเศรษฐกิจ-สังคม สิ่งแวดล้อม ภัยอันตรายจากความแปรปรวน การเปลี่ยนแปลงและสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศในระดับตำบลและหมู่บ้าน เพื่อนำมาจัดเรียงรูปแบบและประมวลผลเบื้องต้นก่อนนำไปคำนวณดัชนี CoVI ด้วยเทคนิคทางสถิติ โดยมีบัญชีรายชื่อและรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัยทั้งในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทราแสดงในตารางที่ 3.3

ขั้นตอนสำคัญประกอบด้วยการสำรวจข้อมูลปฐมภูมิและการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา การสกัดและนำเข้าข้อมูล การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลด้วยเทคนิคทางสถิติเบื้องต้น การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การจัดเรียงข้อมูลตามรายหมู่บ้านของจังหวัดที่ทำการศึกษา และการประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหาย (Missing value) โดยข้อมูลหลักที่ทำการสำรวจและรวบรวมเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณดัชนี CoVI ประกอบด้วย

1. ข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน (กชช2ค) เป็นข้อมูลหมู่บ้านที่แสดงถึงสภาพทั่วไปของหมู่บ้าน/ชุมชนในด้านต่าง ๆ เช่น โครงสร้างพื้นฐาน เศรษฐกิจ สุขภาพและอนามัย ความรู้และการศึกษา ความเข้มแข็งของชุมชน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสภาพแรงงานและยาเสพติด ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการสำรวจและประเมินสภาพความเป็นอยู่ในแต่ละหมู่บ้านทั่วประเทศ เพื่อนำไปสู่การวางแผนแก้ไขปัญหของหมู่บ้าน/ชุมชน ให้ประชาชนมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น อีกทั้งช่วยสนับสนุนการกำหนดนโยบายและเป็นข้อมูลในการประเมินผลการพัฒนาโดยรวม ตลอดจนช่วยกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการพัฒนาของแต่ละจังหวัด อำเภอและตำบล ข้อมูล กชช2ค เป็นข้อมูลที่มีการสำรวจและจัดเก็บเป็นประจำทุก ๆ 2 ปี ภายใต้การดำเนินงานของกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 22 กันยายน 2530

ตัวอย่างปกหน้าของแบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน (กชช2ค ปี 2550) แสดงในรูปที่ 3.7 โดยตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ได้มีการปรับปรุง ข้อมูล กชช2ค ให้มีตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาประเทศ และนโยบายของรัฐบาลในทุกช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการระบุปัญหาในแต่ละด้าน และการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาและจัดสรรงบประมาณให้ตรงตามสภาพความเป็นจริง โดยพบว่าตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เป็นต้นมา ข้อมูล กชช2ค ได้นำมาเป็นเครื่องมือของท้องถิ่นมากขึ้นตามลำดับ ควบคู่ไปกับการสนับสนุนงานพัฒนาชนบทในระดับนโยบาย ข้อมูล กชช2ค นับเป็นข้อมูลกลางของประเทศที่ใช้เป็นเครื่องมือในการบริหาร การพัฒนาชนบท และเป็นข้อมูลชุดเดียวที่มีการจัดเก็บทุกหมู่บ้านทั่วประเทศ

ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) กชช2ค ประกอบด้วยข้อมูล 8 ด้าน ประกอบด้วยตัวชี้วัด 54 ตัวดังแสดงในตารางที่ 3.4 โดยมีการจัดระดับความรุนแรงของปัญหา และระดับ

การพัฒนาของหมู่บ้าน ซึ่งทำให้ทราบลำดับความสำคัญของปัญหาและพื้นที่เป้าหมายที่ควรได้รับการพัฒนาเป็นพิเศษ การบริหารการจัดเก็บข้อมูล กชช2ค ประกอบด้วย ขั้นตอนดังนี้

- การกำหนดกรอบนโยบาย
- ประสานการจัดทำแบบสอบถาม/เครื่องชี้วัด ประสานการดำเนินการจัดเก็บ บันทึก ประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล
- ผู้บริหารการจัดเก็บข้อมูล
- ผู้ให้ข้อมูลของหมู่บ้าน/ชุมชน
- ขอบเขตการจัดเก็บและคาบเวลา
- การบันทึกและเก็บรักษาแบบสอบถาม
- ผู้ติดตามผล/การจัดเก็บ/บันทึก

วิธีการเก็บข้อมูล กชช2ค เป็นการสำรวจด้วยแบบสอบถาม โดยมีการสัมภาษณ์กรรมการหมู่บ้าน/ชุมชน ผู้นำชุมชน และสมาชิกองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นประมาณ 7-10 คนต่อหนึ่งหมู่บ้าน และทำการจัดเก็บในรูปของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสะดวกต่อการใช้งานในด้านต่างๆ

สำหรับการศึกษานี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูล กชช2ค ปี 2552 จากสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดฉะเชิงเทราและจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นข้อมูลล่าสุดที่ได้มีการสำรวจและจัดเก็บ โดยใช้โปรแกรม กชช2ค เวอร์ชัน 5.3.4 เพื่ออ่านและดึงข้อมูลหรือตัวแปรในแต่ละหมู่บ้านของทั้งสองจังหวัด ซึ่งข้อมูลที่อ่านด้วยโปรแกรม กชช2ค เวอร์ชัน 5.3.4 ได้ทำการเปลี่ยนเป็นไฟล์ข้อมูลที่สามารถอ่านและประมวลผลได้ด้วยโปรแกรม Excel เพื่อให้เกิดความสะดวกในการนำไปจัดเรียงรูปแบบเพื่อตรวจสอบคุณภาพข้อมูล และการคำนวณดัชนี CoVI ในขั้นตอนต่อไป

2. ฐานข้อมูลสถิติท้องถิ่นของสำนักงานสถิติแห่งชาติ เป็นระบบที่จัดเก็บและบริการข้อมูลสถิติพื้นฐานระดับท้องถิ่น ที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการสนับสนุนสารสนเทศแก่ผู้ใช้บริการทุกภาคส่วน (รูปที่ 3.8) สำนักงานสถิติแห่งชาติได้ใช้ ACC Programme Classification ของ Administrative Committee on Coordination, United Nations ในเรื่องสถิติทั่วไป (General Statistics) มาใช้ในการจัดทำการจัดประเภทสาขาสถิติ โดยแบ่งข้อมูลสถิติเป็น 3 ด้าน 23 สาขา ดังนี้

- สถิติด้านสังคมและประชากรศาสตร์ ประกอบด้วย 8 สาขา
- สถิติด้านเศรษฐกิจ ประกอบด้วย 13 สาขา
- สถิติด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 สาขา

รายละเอียดของโครงสร้างฐานข้อมูลสถิติระดับท้องถิ่นดังกล่าวแสดงในตารางที่ 3.5

กระบวนการของศูนย์สถิติระดับท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางด้านเทคนิค ประกอบด้วย 4 กระบวนการหลัก คือ การรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล และการให้บริการข้อมูล โดยมีรายละเอียดของกระบวนการแสดงในรูปที่ 3.9

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้เป็นสำหรับการพัฒนาและคำนวณดัชนี CoVi

ประเภทข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ลักษณะ/สเกลของข้อมูล
1. ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ของจังหวัดนครราชสีมาและ จังหวัดฉะเชิงเทรา	สำนักงานจังหวัด หรือหน่วยงานอื่น ๆ ของจังหวัด	ข้อมูลเป็นลักษณะ layer ในด้านต่าง ๆ ในระดับหมู่บ้านและตำบล
2. ข้อมูล กทข. 2ค ปี 2552	สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอและจังหวัด	ข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน (ด้านโครงสร้างพื้นฐาน สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจ สุขภาพอนามัย ความรู้และการศึกษา การมีส่วนร่วมและความเข้มแข็งของชุมชนสภาพแรงงาน ยาเสพติด และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) ซึ่งมีการรวบรวมและจัดทำทุก ๆ 2 ปี
3. พื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ	สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด	ฐานข้อมูล GIS ในระดับหมู่บ้านและตำบลของแต่ละจังหวัด
4. ข้อมูลสถิติภัยแล้ง/น้ำท่วม และความเสียหาย	สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด	รายงานสถิติภัยแล้ง/น้ำท่วม และความเสียหายที่เกิดขึ้นในระดับหมู่บ้านและตำบล ซึ่งรวบรวมและจัดทำสรุปในแต่ละปี
5. ข้อมูลความเสียหายทางการเกษตร	สำนักงานเกษตรอำเภอและจังหวัด	ข้อมูลความเสียหายทางการเกษตรที่เกิดจากภัยพิบัติในระดับครัวเรือน หมู่บ้านและตำบล ซึ่งรวบรวมและจัดทำสรุปในแต่ละปี

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ลักษณะ/สเกลของข้อมูล
6. ข้อมูลฝนจากสถานีฝน	สถานีตรวจวัดอากาศ และสำนักงานชลประทานในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลรายวันของสถานีที่ตรวจวัดในแต่ละจังหวัดทั้งหมด ทั้งสถานีที่เพิ่งติดตั้งและตรวจวัด
7. ข้อมูลระดับน้ำ	สำนักงานชลประทานและสำนักงานทรัพยากรน้ำในพื้นที่ศึกษา	เป็นข้อมูลระดับน้ำในแม่น้ำและลำคลองที่สำคัญในจังหวัด
8. ข้อมูลชนิด ประเภทและคุณภาพของดิน	สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 2 (ชลบุรี) และ 11 (สุราษฎร์ธานี)	รายละเอียดลักษณะของคุณภาพดินในระดับตำบลและหมู่บ้าน
9. ตัวชี้วัดสำคัญจากผลสัมฤทธิ์สำรวจ	สำนักงานสถิติจังหวัด	ตัวชี้วัดสำคัญในแง่ของเศรษฐกิจและ สังคม
10. ข้อมูลด้านการท่องเที่ยว การศึกษา อุตสาหกรรม สุขภาพ รายได้ การเกษตร	สำนักงานสถิติจังหวัด	ข้อมูลที่รวบรวมและวิเคราะห์สรุปในระดับตำบล
11. ข้อมูลด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แบบสอบถาม

ข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน

กชช. 2ค ปี 2550

ชื่อบ้านชุมชน..... หมู่ที่.....

ถนน..... ตำบล/แขวง.....

เทศบาล..... อำเภอ/กิ่งอำเภอ/เขต.....

จังหวัด.....

โดย

คณะทำงานบริหารการจัดเก็บข้อมูล กชช. 2ค ระดับตำบล/ในเขตเมือง

ได้ดำเนินการจัดเก็บข้อมูล กชช. 2ค

แล้วเสร็จเมื่อวัน.....เดือน.....พ.ศ.

คณะกรรมการอำนวยการกำหนดมาตรฐานภาพชีวิตของประชาชน (พชช.)

คณะกรรมการดำเนินการจัดการเก็บข้อมูลโดย

กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย

การบันทึกข้อมูล กชช. 2ค ปี 2550

ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ของ.....

ผู้บันทึกข้อมูล

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่...../...../.....

ขอรับทราบรายละเอียดเพิ่มเติมและขอรับบริการข้อมูลได้ที่

ส่วนท้องถิ่น : สำนักงานองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.)

สำนักงานเทศบาลทุกแห่ง กองสวัสดิการสังคม ศาลาว่าการเมืองพัทยา

สำนักงานเขต และสำนักพัฒนาสังคม อ.มิดเวย์ ศรี เวตดินแดง กทม.

ส่วนภูมิภาค : สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดทุกจังหวัด

ศูนย์ช่วยเหลือทางวิชาการพัฒนาชุมชนเขตที่ 1-12

ส่วนกลาง : ศูนย์สารสนเทศเพื่อการพัฒนาชุมชน

กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย

โทร. 0-2622-3161 โทรสาร 0-2223-7063 โทร.(มท.) 60761

www.cdd.go.th/online/ E-mail: admin@cdd.go.th

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างปกหน้าและหลังของแบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน (กชช.2ค ปี 2550)

ที่มา : กรมการพัฒนาชุมชน

ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบและโครงสร้างของข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน/ชุมชน (กชช2ค)

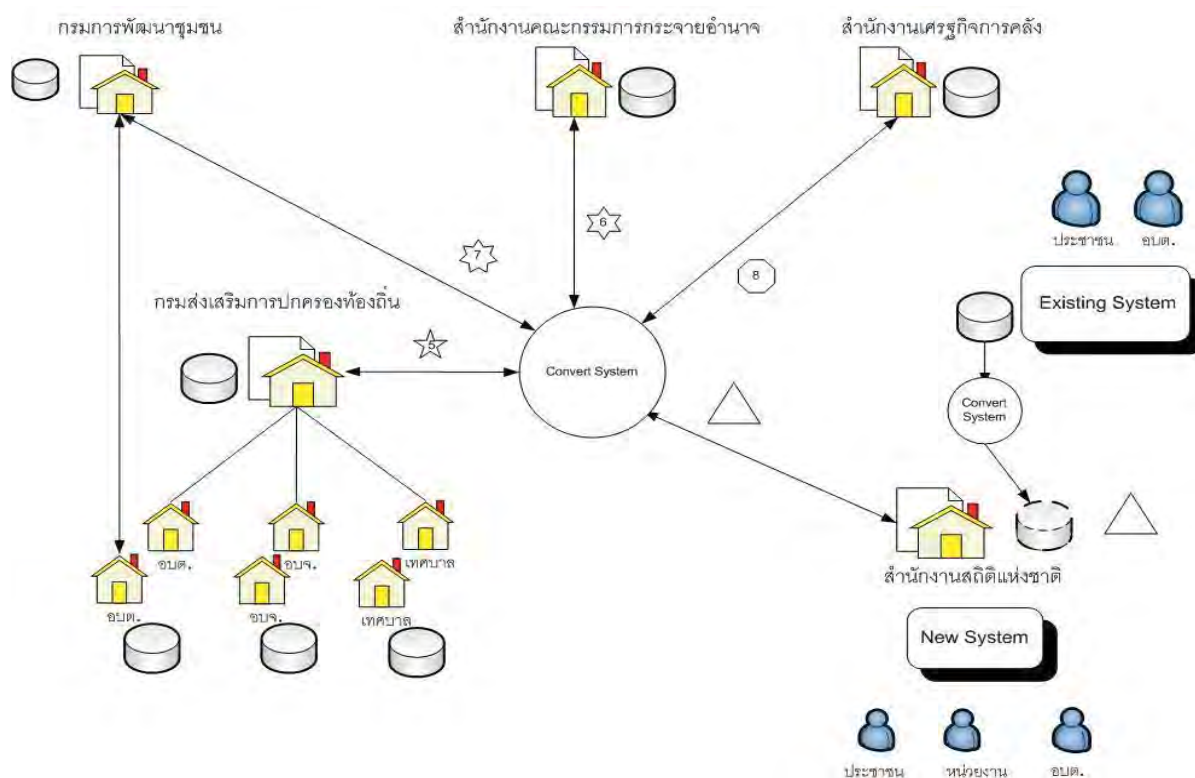
ตัวชี้วัดองค์ประกอบหลัก	ตัวชี้วัดองค์ประกอบย่อย
1. ด้านโครงสร้างพื้นฐาน	1. ข้อมูลทั่วไป 2. แหล่งน้ำ 3. บริการสาธารณะในหมู่บ้าน/ชุมชน 4. บริการสาธารณะในตำบล/แขวง 5. ไฟฟ้า 6. การคมนาคมและการสื่อสาร 7. ร้านค้า 8. เชื้อเพลิงในการหุงต้ม 9. การมีที่ดินทำกิน
2. สภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจ	10. การทำนา 11. การทำไร่ 12. การทำสวนผลไม้ 13. การทำสวนผัก 14. การทำสวนไม้ดอกไม้ประดับหรือเพาะพันธุ์ไม้เพื่อขาย 15. การทำสวนยาง 16. การปลูกไม้ยืนต้นอื่น ๆ 17. การทำกิจกรรมอื่น ๆ 18. การทำการเกษตรฤดูแล้ง 19. การเลี้ยงสัตว์ 20. การทำการประมง 21. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 22. สัตว์ใช้งานและเครื่องจักรในการเกษตร 23. การรับจ้าง 24. การประกอบอุตสาหกรรมในครัวเรือน 25. สถานประกอบการและอุตสาหกรรมภายในท้องถิ่น 26. การได้รับประโยชน์จากสถานที่ท่องเที่ยว

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ตัวชี้วัดองค์ประกอบหลัก	ตัวชี้วัดองค์ประกอบย่อย
3. สุขภาพอนามัย	27. เด็กเกิดมีชีพและเด็กอายุต่ำกว่า 1 ปีตาย 28. ร้านขายของชำที่ขายยาชุด 29. ผู้ป่วยหรือตายด้วยโรค 30. บริการและดูแลสุขภาพอนามัย 31. ความปลอดภัยในการทำงาน 32. สถิติคนพิการ 33. ลักษณะทางโครงสร้างของครอบครัว
4. ความรู้และการศึกษา	34. การได้รับการศึกษา 35. กิจกรรมด้านการฝึกอบรม เพิ่มความรู้จากหน่วยงานของรัฐ
5. การมีส่วนร่วมและความเข้มแข็งของชุมชน	36. การมีส่วนร่วมของชุมชน 37. ภูมิปัญญาท้องถิ่น 38. การกีฬา 39. การได้รับความคุ้มครองทางสังคม 40. เด็กกำพร้า ถูกทอดทิ้ง เหยื่อ 41. คนอายุ 15-60 ปี ไม่มีที่อยู่อาศัยถาวร 42. ความรุนแรงในการแก้ไขปัญหาคriminal 43. คนอายุมากกว่า 60 ปี ที่รับเลี้ยงครอบครัว
6. สภาพแรงงาน	44. การมีงานทำ 45. ทำงานนอกตำบล
7. ยาเสพติด	46. การใช้ยาเสพติด 47. เปรียบเทียบการใช้ยาเสพติดกับปีที่ผ่านมา 48. ผู้ใช้ยาเสพติด ก่อความเดือดร้อนหรือไม่ 49. การดำเนินกิจกรรมการป้องกันและแก้ไข

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ตัวชี้วัดองค์ประกอบหลัก	ตัวชี้วัดองค์ประกอบย่อย
8. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	50. คุณภาพของดินและการใช้ประโยชน์ 51. คุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน 52. การปลูกป่า หรือไม้ยืนต้น 53. การใช้ประโยชน์ที่ดิน 54. การจัดการสภาพสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 3.8 เครือข่ายและความเชื่อมโยงการให้บริการของฐานข้อมูลสถิติระดับท้องถิ่น
ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตารางที่ 3.5 การจัดประเภทสาขาสถิติของฐานข้อมูลสถิติท้องถิ่น

การจัดประเภทสาขาสถิติ	Classification of statistics
สถิติด้านสังคมและประชากรศาสตร์¹ 1. สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ ² 2. สถิติแรงงาน 3. สถิติการศึกษา การฝึกอบรม ศาสนา และวัฒนธรรม รวมถึงสถิติสื่อสารมวลชน 4. สถิติสุขภาพ 5. สถิตិสวัสดิการสังคม 6. สถิติเกี่ยวกับหญิงและชาย 7. สถิติรายได้และรายจ่ายของครัวเรือน 8. สถิติด้านสังคม ประชากรศาสตร์ และสถิติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	Social and demographic statistics 1. Demographic, population and housing statistics. 2. Labour statistics. 3. Education, training, religious and culture statistics including mass communication statistics. 4. Health statistics. 5. Social security statistics. 6. Gender statistics. 7. Statistics of household income and expenditure and their distribution. 8. Other social, demographic and related statistics.
สถิติด้านเศรษฐกิจ 1. สถิติบัญชีประชาชาติ 2. สถิติการเกษตร การป่าไม้ และการประมง	Economic statistics 1. National accounts. 2. Agricultural, forestry and fishery statistics.

¹ เปลี่ยนชื่อจาก “สถิติด้านสังคม” เป็น “สถิติด้านสังคม และประชากรศาสตร์”

² เปลี่ยนชื่อจาก “สถิติประชากรและเคหะ” เป็น “สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ”

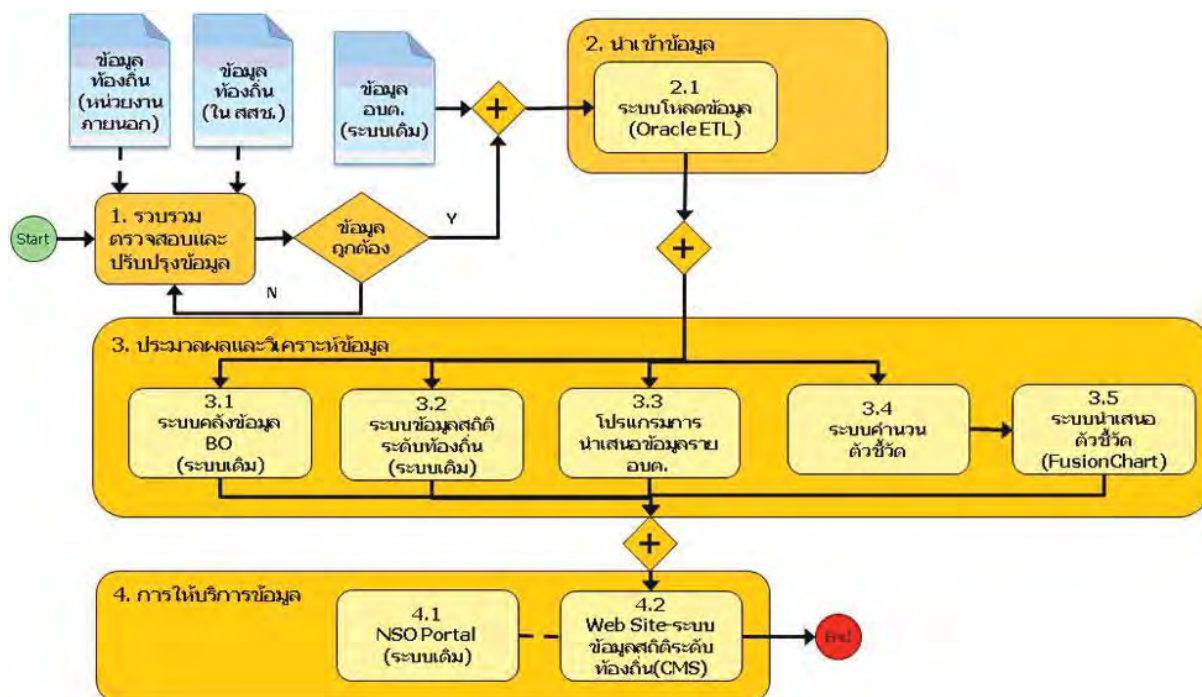
ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

การจัดประเภทสาขาสถิติ	Classification of statistics
3. สถิติอุตสาหกรรม ³	3. Industrial statistics.
4. สถิติพลังงาน	4. Energy statistics.
5. สถิติการค้าส่ง ค้าปลีก และการค้าระหว่างประเทศ	5. Distributive and international trade statistics.
6. สถิติการขนส่ง	6. Transport statistics.
7. สถิติการสื่อสาร รวมถึงสถิติเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ⁴	7. Communication statistics including information and communication technology (ICT) statistics.
8. สถิติการท่องเที่ยว	8. Tourism statistics.
9. สถิติเงินตรา การเงิน การประกันภัย และดุลการชำระเงิน ⁵	9. Money, finance, insurance and balance of payments statistics.
10. สถิติการคลัง	10. Fiscal statistics.
11. สถิติราคา	11. Price statistics.
12. สถิติวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิทธิบัตร	12. Statistics of science, technology and patents.
13. สถิติด้านเศรษฐกิจอื่นๆ	13. Other economic statistics.
สถิติด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	Natural resources and environment statistics
1. สถิติทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	1. Natural resources and environment statistics.
2. สถิติอุตุนิยมวิทยา	2. Meteorology statistics.

³ เปลี่ยนชื่อจาก “สถิติอุตสาหกรรมและเหมืองแร่” เป็น “สถิติอุตสาหกรรม”

⁴ เปลี่ยนชื่อจาก “สถิติการคมนาคม” เป็น “สถิติการสื่อสาร รวมถึงสถิติเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร”

⁵ เปลี่ยนชื่อจาก “สถิติการเงิน การธนาคาร การประกันภัยและดุลการชำระเงิน” เป็น “สถิติเงินตรา การเงิน การประกันภัยและดุลการชำระเงิน”



รูปที่ 3.9 กระบวนการของศูนย์สถิติระดับท้องถิ่นของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

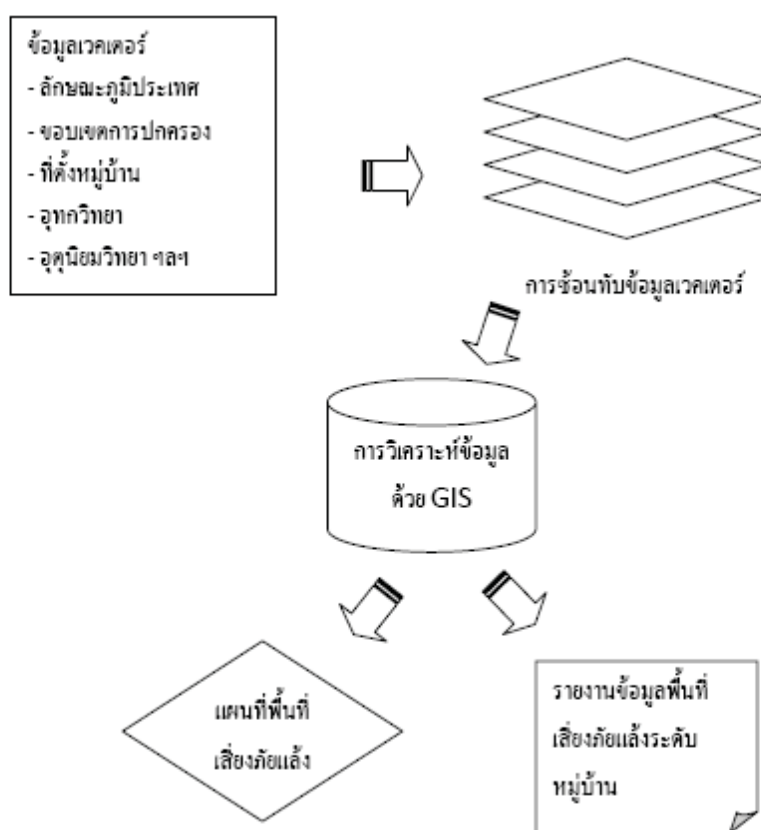
3.ฐานข้อมูลหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยแล้งของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยระดับหมู่บ้านของแต่ละจังหวัด โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) การซ้อนทับข้อมูล (Overlay) และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) โดยแบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งออกเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย และพื้นที่ภัยแล้งน้อยที่สุด ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 3.10 ทั้งนี้ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ประกอบด้วย

- ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย
- เขตชลประทานและแหล่งน้ำ
- พืชปกคลุมดิน
- สภาพการระบายน้ำของดิน
- การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ความหนาแน่นของลำน้ำในลุ่มน้ำย่อย
- สถิติพื้นที่เกิดภัยแล้งในอดีต

วิธีการวิเคราะห์ได้นำฐานข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 7 ตัวแปรที่อยู่ในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) นำมาซ้อนทับกัน โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) และการจัดลำดับค่าคะแนน (Rating) เพื่อใช้ในการกำหนดค่าความเสี่ยงในแต่ละระดับความเสี่ยง ดังนี้

- พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง มีค่าคะแนนมากกว่า 80 คะแนน
- พื้นที่ที่มีความเสี่ยงปานกลาง มีค่าคะแนน 56-80 คะแนน
- พื้นที่ที่มีความเสี่ยงน้อย มีค่าคะแนน 30-55 คะแนน
- พื้นที่ที่มีความเสี่ยงน้อยมาก มีค่าคะแนนน้อยกว่า 30 คะแนน

ได้ทำการรวบรวมฐานข้อมูลหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา จากสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด เพื่อนำมาวิเคราะห์ดัชนี CoVI



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

4. ฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่มของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นฐานข้อมูลที่ได้มีการรวบรวมข้อมูลหมู่บ้านที่ประสบปัญหาอุทกภัยในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ น้ำท่วมขัง น้ำไหลหลาก น้ำป่าไหลหลากและโคลนถล่ม โดยนำเทคนิค GIS/MIS มาใช้ในการจัดทำแผนที่เสี่ยง เพื่อให้เกิดสะดวกในการสรุปและแสดงผล พื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่ม ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ ความเสี่ยงต่ำ ความเสี่ยงปานกลาง และความเสี่ยงสูง สำหรับการศึกษานี้ ได้ทำการรวบรวมฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและโคลนถล่ม ระหว่างปีพ.ศ. 2550 - 2551 ในจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรวบรวมจากสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด เพื่อนำมาวิเคราะห์ดัชนี CoVI

5. ข้อมูลสถิติและความเสียหายจากภัยแล้งและอุทกภัยในระดับหมู่บ้านของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรวบรวมและคัดลอกจากฐานข้อมูลสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา

6. ข้อมูลอัตราการกัดเซาะชายฝั่งในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรวบรวมจากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณีและกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

7. ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยรวบรวมจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด

8. ข้อมูลความเสียหายทางการเกษตรที่เกิดจากภัยแล้งและอุทกภัย โดยรวบรวมจากสำนักเกษตรอำเภอ จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา

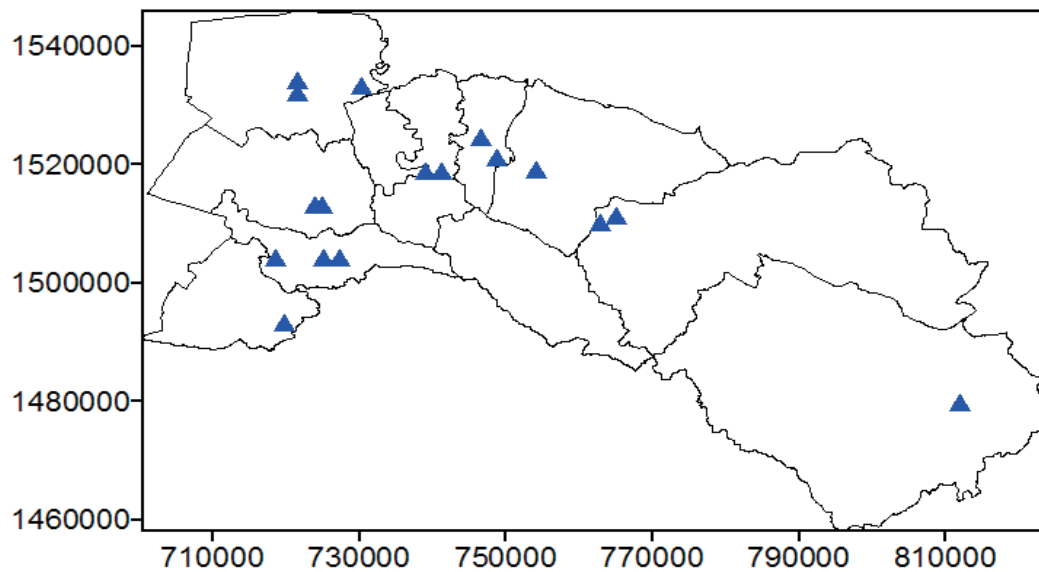
9. ข้อมูลฝนรายวันในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา ในระหว่างปี 2007 - 2009 จากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ซึ่งสถานีฝนรายวันของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา มีจำนวน 29 และ 17 สถานี ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และ 3.12 และ ตารางที่ 3.6 และ 3.7 ฐานข้อมูลฝนรายวันนี้ ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลและประมาณข้อมูลที่ขาดหายไป โดยใช้สมการ

$$SD_{jk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{(n-1)}}, \quad (1)$$

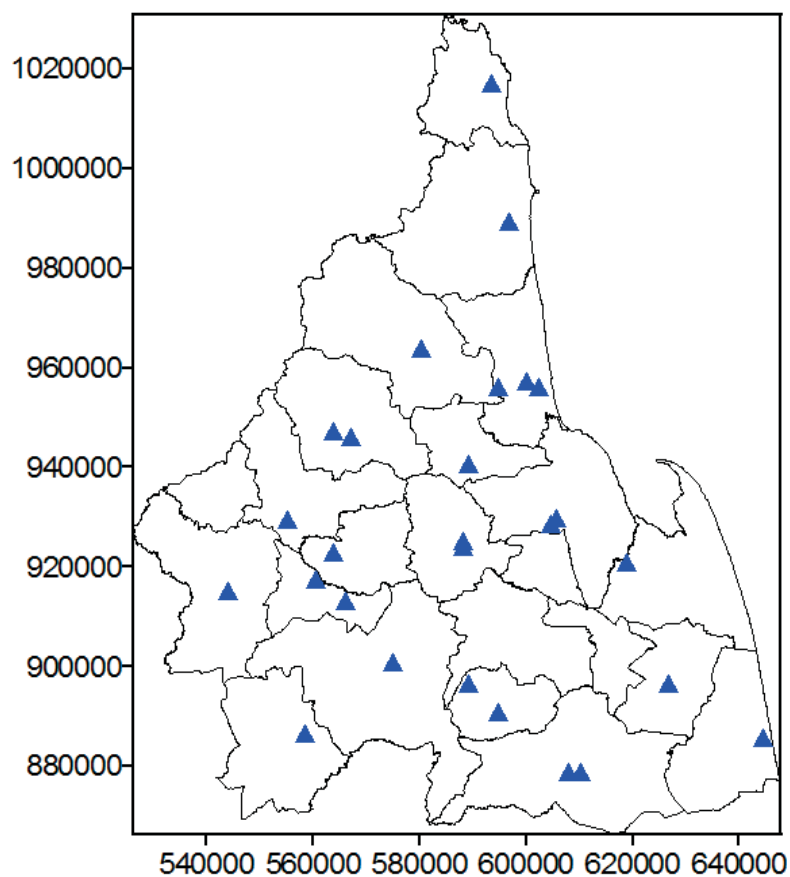
SD_{jk} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฝนรายวัน ของเดือน j ($j=1, \dots, 12$) และ ปี k ($k=2007, 2008$ และ 2009); X_{ij} = ปริมาณฝนวันที่ i ของเดือน j ; $\bar{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนของเดือน j

$$Mean_SD = average(SD_{jk}), \quad (2)$$

$Mean_SD$ = ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฝนรายวันในแต่ละเดือนระหว่าง ปี ค.ศ. 2007-2009 (Hahn et al., 2009)



รูปที่ 3.11 ที่ตั้งของสถานีผิวพื้นที่ตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานในจังหวัด
ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นข้อมูลฝนรายวันระหว่าง ปี ค.ศ. 2007-2009



รูปที่ 3.12 ที่ตั้งของสถานีผิวพื้นที่ตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ในจังหวัด
ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นข้อมูลฝนรายวันระหว่าง ปี ค.ศ. 2007-2009

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดฝนรายวัน ในระหว่างปี ค.ศ. 2007-2009 ของจังหวัด นครศรีธรรมราช

แหล่งข้อมูล	รหัสสถานี	ที่ตั้ง (อำเภอ)	พิกัด UTM (x)	พิกัด UTM (y)
กรมอุตุนิยมวิทยา	552001	ทุ่งสง	574909.5	900943.7
กรมอุตุนิยมวิทยา	552005	ท่าศาลา	600117.4	957382.8
กรมอุตุนิยมวิทยา	552008	ทุ่งใหญ่	544049.4	915274.6
กรมอุตุนิยมวิทยา	552009	ขนอม	593378.3	1017074.5
กรมอุตุนิยมวิทยา	552010	ชะอวด	608013.4	878898.1
กรมอุตุนิยมวิทยา	552011	เชียรใหญ่	626703.1	896638.0
กรมอุตุนิยมวิทยา	552012	ลานสกา	588083.0	924186.2
กรมอุตุนิยมวิทยา	552013	บางขัน	558403.5	886546.6
กรมอุตุนิยมวิทยา	552016	พิปูน	567127.8	946260.8
กรมอุตุนิยมวิทยา	552017	นาบอน	566078.1	913091.1
กรมอุตุนิยมวิทยา	552018	พรหมคีรี	589149.8	940773.1
กรมอุตุนิยมวิทยา	552022	ช้างกลาง	563860.9	923038.2
กรมอุตุนิยมวิทยา	552024	ท่าศาลา	594618.5	956264.3
กรมอุตุนิยมวิทยา	552201	เมือง	605687.6	929753.9
กรมอุตุนิยมวิทยา	552301	เมือง	618924.2	920942.6
กรมอุตุนิยมวิทยา	552401	ฉวาง	555043.8	929659.6
กรมอุตุนิยมวิทยา	552006	ลิซัล	596741.2	989439.9

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

แหล่งข้อมูล	รหัสสถานี	ที่ตั้ง (อำเภอ)	พิกัด UTM (x)	พิกัด UTM (y)
กรมอุตุนิยมวิทยา	552007	ร้อนพิบูลย์	589240.1	896547.5
กรมอุตุนิยมวิทยา	552025	จุฬารัตน์	594760.8	891030.7
กรมอุตุนิยมวิทยา	552003	หัวไทร	644369.6	885633.4
กรมชลประทาน	27042	ท่าศาลา	574909.5	900943.7
กรมชลประทาน	27013	เมือง	604589.3	928645.6
กรมชลประทาน	27062	ทุ่งสง	574909.5	900943.7
กรมชลประทาน	27082	ลานสกา	588080.8	925291.8
กรมชลประทาน	27122	ขนอม	593378.3	1017074.5
กรมชลประทาน	27142	จันดี	610218.0	878903.3
กรมชลประทาน	27401	ท่าศาลา	580300.0	963973.9
กรมชลประทาน	27442	นาบอน	560565.3	917505.5
กรมชลประทาน	27452	พิบูล	563824.7	947361.3

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดฝนรายวัน ในระหว่างปี ค.ศ. 2007-2009 ของจังหวัดฉะเชิงเทรา

แหล่งข้อมูล	รหัสสถานี	ที่ตั้ง (อำเภอ)	พิกัด UTM (x)	พิกัด UTM (y)
กรมอุตุนิยมวิทยา	423003	บางคล้า	741152.3	1518980.2
กรมอุตุนิยมวิทยา	423004	บางน้ำเปรี้ยว	721547.1	1534299.4
กรมอุตุนิยมวิทยา	423007	บางปะกง	719728.2	1493338.9
กรมอุตุนิยมวิทยา	423002	บ้านโพธิ์	727212.9	1504395.2
กรมอุตุนิยมวิทยา	423001	เมือง	723890.3	1513293.2
กรมอุตุนิยมวิทยา	423008	ราชสาส์น	748704.6	1521264.8
กรมอุตุนิยมวิทยา	423006	สนามชัยเขต	762880.4	1510334.7
กรมอุตุนิยมวิทยา	423005	พนมสารคาม	754135.5	1519103.5
กรมอุตุนิยมวิทยา	423010	ท่าตะเกียบ	811960.1	1479867.3
กรมชลประทาน	3052	บางคล้า	738988.6	1518960.3
กรมชลประทาน	3032	บางน้ำเปรี้ยว	721566.1	1532086.3
กรมชลประทาน	3080	บางน้ำเปรี้ยว	730206.2	1533268.5
กรมชลประทาน	3042	บ้านโพธิ์	725048.2	1504395.2
กรมชลประทาน	3312	บางปะกง	718553.9	1504395.2
กรมชลประทาน	3012	เมือง	724972.3	1513293.2
กรมชลประทาน	3172	ราชสาส์น	746509.5	1524564.4
กรมชลประทาน	3242	สนามชัยเขต	765034.0	1511463.3

$$SD_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_k - \bar{X}_k)^2}{(n-1)}}, \quad (3)$$

SD_k = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนวันฝนตกของปี k ($k=2007, 2008$ และ 2009); X_k = จำนวนวันฝนตกของปี k ; $\bar{X}_k$ = ค่าเฉลี่ยของจำนวนวันฝนตกของปี k

$$Mean_SD = average(SD_k), \quad (4)$$

$Mean_SD$ = ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนวันฝนตก ในระหว่าง ปี ค.ศ. 2007-2009
(Hahn et al., 2009)

3.4 การรวบรวมและการจัดทำรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน รวมทั้งพิกัดของแต่ละหมู่บ้านใน จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา

ในการสร้างระบบการอ้างอิงที่สะดวกต่อการวิเคราะห์และแปลผล การจัดทำแผนที่และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ของความล่อแหลมและความเสี่ยง และลักษณะของแต่ละองค์ประกอบของความล่อแหลม (การสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยง ความอ่อนไหวและความสามารถในการปรับตัว) ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมและจัดทำรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน รวมทั้งพิกัดของแต่ละหมู่บ้าน สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้จัดทำรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน และพิกัดหมู่บ้าน รวมทั้งสิ้น 23 อำเภอ 163 ตำบล และ 1531 หมู่บ้าน ส่วนจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้จัดทำรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน และพิกัดหมู่บ้าน รวมทั้งสิ้น 11 อำเภอ 93 ตำบล และ 876 หมู่บ้าน ตัวอย่างรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน แสดงในตารางที่ 3.8 และ 3.9

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน และพิกัดหมู่บ้านของจังหวัดนครศรีธรรมราช

AmpName	AmpID	TamName	TamID	VILL_Name	Vill_ID	Point_X	Point_Y
เมือง	8001	ท่าไร่	800106	บ้านบนไร่	80010601	610945.13	930258.00
				บ้านไร่บน	80010602	618361.50	931063/75
				บ้านบางหลวง	80010603	613394.63	932570.19
		ปากนคร	800107	บ้านปากนครบน	80010702	610563.38	930633.19
				บ้านตากแดด	80010704	610963.06	928788.81
				บ้านดินธง	80010705	60965.06	928788.81
พรหมคีรี	8002	พรหมโลก	800201	บ้านในทับ	80020103	589296.00	941042.63
				บ้านศาลาใหม่	80020104	591167.69	940860.69

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างรหัสอำเภอ/ตำบล/หมู่บ้าน และพิกัดหมู่บ้านของจังหวัดฉะเชิงเทรา

AmpName	AmpID	TamName	TamID	VILL_Name	Vill_ID	Point_X	Point_Y
เมือง	2401	ท่าไข่	240102	บ้านประตูน้ำท่าไข่	24010201	723857.81	1515534.75
				บ้านคลองเก่า	24010202	722051.56	1518142.75
				บ้านท่าไข่	24010204	721409.00	1519098.75
		บ้านใหม่	240103	บ้านสายชล	24010302	727842.06	1516114.25
				บ้านท่าประดู่	24010303	727498.63	1515777.00
				บ้านบางทอง	24010305	727936.56	1515791.00
บางคล้า	2402	บางสวน	240204	บ้านสองพี่น้อง	24020402	735593.88	1516731.75
				บ้านบางสวน	24020403	734578.19	1515940.75
				บ้านคลองบางคล้า	24020404	735587.31	1514201.75

3.5 การนำเข้า จัดเรียงและประมวลผลข้อมูลและตัวแปรระดับหมู่บ้าน/ตำบล สำหรับการคำนวณดัชนีด้วยสถิติในแต่ละองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลักของ COVI ในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา

หลังจากผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลแล้ว ข้อมูลที่รวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ ได้นำมาจัดเรียงรูปแบบพร้อมทั้งประมวลผลข้อมูลและตัวแปรระดับหมู่บ้านในแต่ละองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลัก เพื่อจัดเตรียมไว้สำหรับการคำนวณดัชนี CoVI ด้วยเทคนิคทางสถิติ ซึ่งการนำเข้าและประมวลผลข้อมูลและตัวแปรได้ใช้โปรแกรม Excel ซึ่งเป็นแผ่นกระดาษคำนวณที่ง่ายต่อการประมวลผลและนำไปใช้คำนวณในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้ ข้อมูลและตัวแปรของดัชนีในแต่ละองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลัก ได้นำไปคำนวณหาค่า Z score โดยทำการ standardize ข้อมูลที่มีหน่วยและสเกลที่แตกต่างกัน เพื่อให้อยู่ในสเกลเดียวกัน สามารถเปรียบเทียบกันได้ ตลอดจนเพื่อเป็นหลักประกันถึงผลการคำนวณ CoVI ด้วยเทคนิค Principal Component Analysis (PCA) ไม่ให้มีข้อผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อน ที่เกิดจากข้อมูลหรือตัวแปรที่มีค่าที่สูงหรือต่ำกว่าปกติของหมู่บ้านใดหมู่บ้านหนึ่ง หรือดัชนีใดดัชนีหนึ่ง ค่า Z score สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$Z_{it} = (X_{it} - \bar{X}_{it}) / SD_{it} \quad (5)$$

โดย Z_{it} = ค่า Z score ของดัชนี i , X_{it} = ข้อมูลหรือตัวแปรของดัชนี i , $\bar{X}_{it}$ = ค่าเฉลี่ยของดัชนี i , SD_{it} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของดัชนี i และ t = จังหวัด (จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา)

3.6 การคำนวณดัชนี CoVI

ได้นำเทคนิค Principal Component Analysis (PCA) ที่นำมาใช้ในการคำนวณดัชนี Social Vulnerability Index (SoVI) โดย Cutter et al. (2003, 2009) และ Hazard & Vulnerability Research Institute มาประยุกต์ในการคำนวณดัชนี CoVI

วิธี PCA เป็นสถิติพหุเชิงพหุ (Descriptive multivariate statistic) ที่มีต้นกำเนิดจากศาสตร์ทางสังคมหรือที่รู้จักกันในนาม Empirical Orthogonal Function (EOF) และ Singular Value Decomposition (SVD) ในศาสตร์ทางภูมิอากาศและมหาสมุทร (Hotelling, 1935; Hannachi et al., 2007) ซึ่งนับเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติที่มีประโยชน์หลายด้าน และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีตัวแปรต่างๆและมีมิติต่างๆ (Hannachi et al., 2007) เทคนิค PCA มีหลักการบนพื้นฐานการสกัดและแยกฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้อยู่ในรูปฟังก์ชันพื้นฐานของ Orthogonal (Eigenvalue/Eigenvector) ด้วยการแปลงเป็นข้อมูลเชิงเส้นตรง เพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรให้เหลือจำนวนน้อยลง แต่ยังสามารถอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ในฐานข้อมูลเดิมได้ (Preisendorfer, 1988; Hannachi et al., 2007) โดย PCA ของเมตริกซ์ (Matrix) ข้อมูล $F(t,x)$ สำหรับตัวแปร t ($t = t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$) ที่ตำแหน่ง x ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$) แสดงดังในสมการที่ 6

$$F(t, x) = \sum_{j=1}^p a_j(t)(u_j(x)), \quad (6)$$

โดยที่ p = จำนวนโหมดของ $u_j(x)$, $a_j(t)$ = Principal score ในโหมด j , $a_1 u_1$ = ผลรวมเชิงเส้นขององค์ประกอบที่ 1 หรือโหมดที่ 1 ของเมตริกซ์ F ที่มีความแปรปรวนสูงสุด, $a_2 u_2$ = ผลรวมเชิงเส้นขององค์ประกอบที่ 2 หรือโหมดที่ 2 ของเมตริกซ์ F ที่มีความแปรปรวนเป็นลำดับที่ 2 ทั้งนี้ แต่ละโหมดที่ถูกสกัดออกจากฐานข้อมูลเดิมมีความเป็นอิสระต่อกันหรือมีคุณสมบัติ Orthogonality ซึ่งผลรวมความแปรปรวนในแต่ละโหมดจะเท่ากับความแปรปรวนในฐานข้อมูลเดิม โดยปกติความแปรปรวนส่วนใหญ่ มักปรากฏอยู่ในโหมดแรก ๆ ของ PCA (Preisendorfer, 1988; Jolliffe, 2002; Hannachi et al., 2007) วิธี PCA ที่คำนวณจากเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ของฐานข้อมูลเดิม สามารถใช้จำแนกข้อมูลเดิมออกเป็นค่า Eigenvalue, Eigenvector และ Principal Score สมการสำหรับการวิเคราะห์ PCA แสดงได้ดังนี้

$$Z^*E = E^*L \text{ หรือ } (Z-L)^*E = 0 \quad (7)$$

$$A=Z*E \quad (8)$$

$$E*E^T=E^T*E=I \quad (9)$$

$$A^T*A=L \quad (10)$$

โดยที่ Z = เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมขนาด $n \times p$ โดย n =ตำแหน่งของข้อมูล และ p =ตัวแปร

E = เมตริกซ์ของ Eigenvector ขนาด $p \times p$

L = เมตริกซ์ที่แยงมุมของ Eigenvalue ขนาด $p \times p$ โดยตำแหน่ง Off-diagonal มีค่าเป็นศูนย์

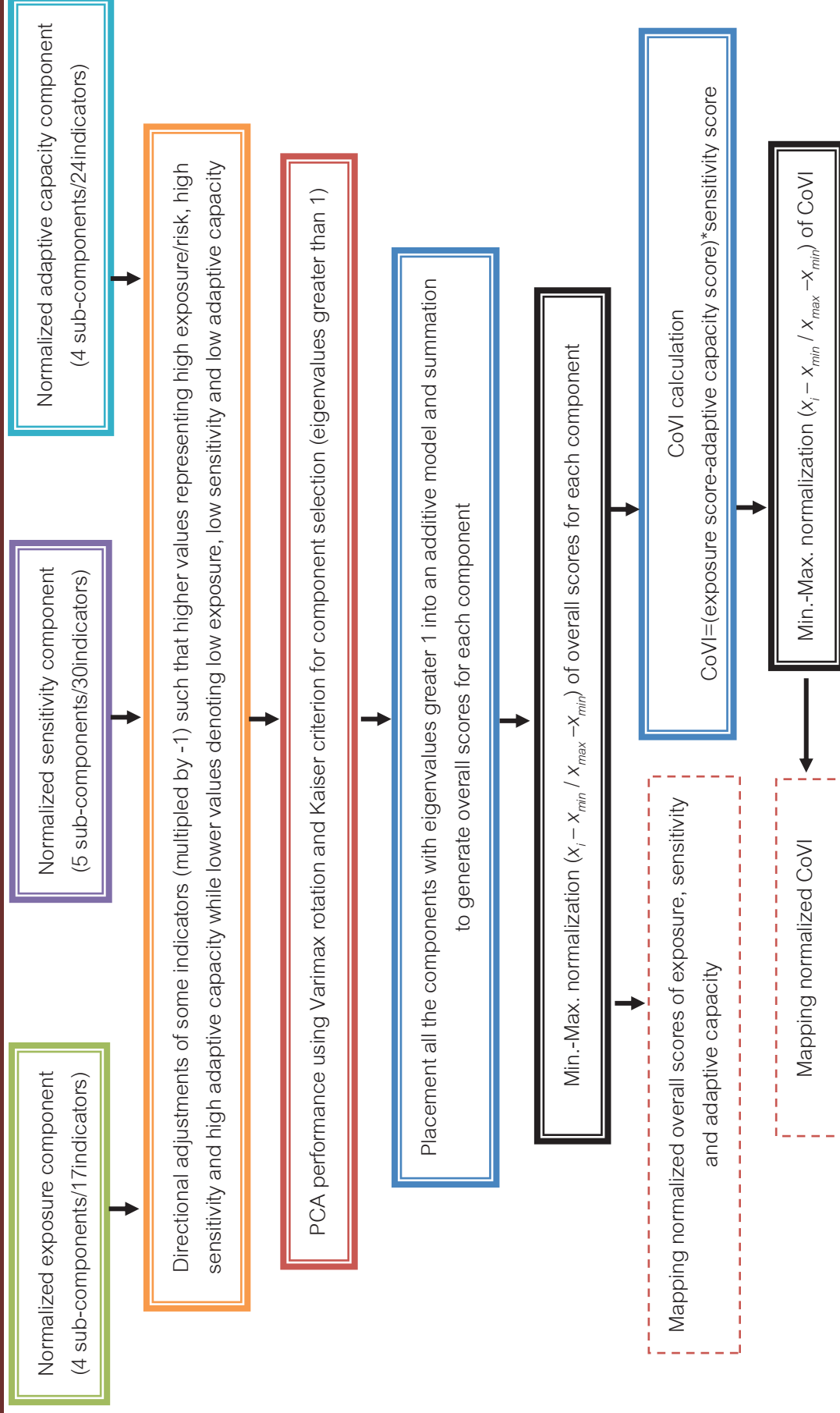
A = เมตริกซ์ของ Principal Score ขนาด $p \times p$

I = เมตริกซ์เอกลักษณ์ที่ตำแหน่ง Diagonal มีค่าเป็นหนึ่ง ในขณะที่ ตำแหน่ง Off-diagonal มีค่าเป็นศูนย์

เทคนิค PCA ได้มีการนำมาวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI (Exposure, Sensitivity และ Adaptive capacity) โดยเมตริกซ์ข้อมูลของแต่ละองค์ประกอบหลัก สรุปไว้ในตารางที่ 3.10 และขั้นตอนการวิเคราะห์ดัชนี CoVI แสดงในรูปที่ 3.13 ทั้งนี้ ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PCA ได้ทำการปรับทิศทางดัชนีบางดัชนี เพื่อให้ทุกดัชนีในแต่ละองค์ประกอบหลักมีทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ดัชนีที่มีค่าสูงและต่ำ แสดงถึงความเสี่ยง ความอ่อนไหวและความสามารถในการปรับตัวสูงและต่ำ ตามลำดับ (Cutter et al., 2003) นอกจากนี้ได้นำเทคนิค Varimax rotation และ Kaiser criterion มาประยุกต์ใช้เพื่อคัดเลือกจำนวนโหมดของ PCA (Hazard & Vulnerability Research Institute, 2010) โดยผลรวมของค่าคะแนนของ PCA ที่คัดเลือก ได้ทำการ normalize ด้วยวิธี Min.-Max. normalization ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ Human Development Index (HDI) ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ผลรวมของค่าคะแนนของ PCA ในแต่ละองค์ประกอบหลัก สามารถเปรียบเทียบกันได้ (รูปที่ 3.13)

ตารางที่ 3.10 เมตริกซ์ข้อมูล $F(t,x)$ ในสมการ 6 ของแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI ในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัด	Exposure	Sensitivity	Adaptive capacity
นครศรีธรรมราช	(17, 1531)	(30, 1531)	(24,1531)
ฉะเชิงเทรา	(17, 875)	(30, 875)	(24, 875)



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ดัชนี CoVI

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา

4.1.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช

จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับ 2 ของภาคใต้รองมาจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีเนื้อที่ประมาณ 10,169 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 14.9 % ของภาคใต้ ตั้งอยู่ฝั่งทะเลอ่าวไทย โดยมีชายฝั่งทะเลยาว 193 กิโลเมตร (สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2553) ลักษณะภูมิประเทศแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

- บริเวณเทือกเขาตอนกลาง ได้แก่ บริเวณเทือกเขานครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่ของอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอสิชล อำเภอขนอม อำเภอท่าศาลา อำเภอลานสกา อำเภอพรหมคีรี อำเภอรัตนพิบูลย์ และอำเภอชะอวด
- บริเวณที่ราบชายฝั่งอ่าวไทย เป็นที่ราบจากบริเวณเทือกเขาตอนกลางไปถึงชายฝั่งทะเล มีระยะทางประมาณ 95 กิโลเมตร มีแม่น้ำลำคลองจากบริเวณเทือกเขาตอนกลางไหลลงสู่อ่าวไทยหลายสาย อำเภอที่อยู่ในบริเวณที่ราบด้านนี้ คือ อำเภอขนอม อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร และอำเภอชะอวด
- บริเวณที่ราบด้านตะวันตก ได้แก่ บริเวณที่ราบระหว่างเทือกเขานครศรีธรรมราชและเทือกเขาภูเก็ต มีลักษณะเป็นเนินเขาอยู่เป็นแห่ง ๆ อำเภอที่อยู่ในบริเวณนี้ คือ อำเภอพิปูน อำเภอทุ่งใหญ่ อำเภอฉวาง อำเภอนาบอน และอำเภอทุ่งสง

จังหวัดนครศรีธรรมราช แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 21 อำเภอ 2 กิ่งอำเภอ 165 ตำบล 1,509 หมู่บ้าน (รูปที่ 4.1) โดยมีประชากรทั้งสิ้น 1,533,894 คน เป็นชาย 764,615 คน (49.8%) และเป็นหญิง 769,279 คน (50.2%) ของประชากรทั้งหมด อำเภอที่มีประชากรมากที่สุด คือ อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช รองลงมาคือ อำเภอทุ่งสง และอำเภอปากพนัง ตามลำดับ ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ย 154.3 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2553; สำนักงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2553)

จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทย และพัดพาเอาไอน้ำและความชื้นจากอ่าวไทย ทำให้มีฝนตกชุกในบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันออกของภาคใต้ (รูปที่ 4.2) ในขณะที่ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย ก็ได้พาเอาไอน้ำและความชื้นมาสู่ประเทศไทย แต่เนื่องจากเทือกเขาตะนาวศรีด้านตะวันตกปิดกั้นกระแสลมไว้ ทำให้บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกและจังหวัดนครศรีธรรมราช มีฝนน้อยกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตกซึ่งเป็นด้านรับลมตลอดทั้งปี จังหวัดนครศรีธรรมราชมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูง เนื่องจาก

ได้รับอิทธิพลจากมรสุมทั้งสองฤดู ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีสูงกว่า 75 % (รูปที่ 4.3) ในขณะที่ เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน มีฝนเฉลี่ยสูงกว่า 550 มิลลิเมตร (รูปที่ 4.2) พายุหมุนเขตร้อนที่ผ่านจังหวัด นครศรีธรรมราช ส่วนมากเป็นพายุดีเปรสชันที่มีกำลังอ่อน พายุนี้ส่วนมากจะเกิดในทะเลจีนใต้ โดยมีการเคลื่อนตัว เข้ามาในอ่าวไทยระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พายุดีเปรสชันหรือพายุโซนร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่จังหวัด นครศรีธรรมราชเกือบทุกครั้ง จะทำให้เกิดฝนตกหนัก ลมกระโชกแรงและเกิดสภาวะน้ำท่วมฉับพลัน พายุหมุนที่มีความรุนแรงและทำความเสียหายแก่จังหวัดนครศรีธรรมราชที่ผ่านมาได้แก่พายุโซนร้อน “ฮาเรียต” โดยเคลื่อนตัว ผ่านจังหวัดนครศรีธรรมราชเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2550 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

แหล่งน้ำตามธรรมชาติส่วนใหญ่ของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีต้นน้ำมาจากภูเขาต่าง ๆ แหล่งน้ำตามธรรมชาติที่สำคัญของจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ แม่น้ำปากพนัง แม่น้ำหลวง คลองเสาชิง คลองกลาย และ คลองท่าพน เป็นต้น ลักษณะดินของจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นดินโคละซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะปลูกไม่ยืนต้น เช่น ยางพารา โดยเฉพาะในเขตอำเภอฉวาง อำเภอทุ่งใหญ่ อำเภอทุ่งสง และอำเภอท่าศาลา รองลงมาเป็นดิน เหมาะแก่การทำนาทั่วไป การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ประมาณ 48.2% รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ ประมาณ 17.2 % ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม, 2550; สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2553; สำนักงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2553)

4.1.2 จังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดชายฝั่งทะเลตะวันออก คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง (รูปที่ 4.4) มีพื้นที่ประมาณ 5,351 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 13.8 ของพื้นที่ทั้งหมด ของภาคตะวันออก (สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2553) ลักษณะภูมิประเทศสามารถจำแนกได้ 3 เขตใหญ่ๆ คือ

- เขตที่ราบลุ่มแม่น้ำ เป็นบริเวณที่ทรัพยากรดินมีความอุดมสมบูรณ์ และมีทรัพยากรน้ำเพื่อการ ชลประทานอย่างเพียงพอ เขตพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 37.7 % ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งอยู่ในเขต พื้นที่อำเภอบางปะกง อำเภอบ้านโพธิ์ อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอบางคล้า อำเภอราช สาส์น อำเภอคลองเขื่อน อำเภอพนมสารคามและบางส่วนของอำเภอแปลงยาว ที่ราบลุ่มนี้นับได้ว่าเป็นเขต เศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งเป็นแหล่งผลิตข้าวเพื่อการค้าที่สำคัญของภาคตะวันออก

- เขตที่ดอนหรือที่ราบลูกฟูก อยู่ในบริเวณตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันตกและทางเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดปราจีนบุรี โดยครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดคือ ประมาณ 51.1 % ในเขตอำเภอสนามชัยเขต อำเภอ ท่าตะเกียบ อำเภอแปลงยาว และบางส่วนของอำเภอพนมสารคาม พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการทำไร่ ได้แก่ มัน ลำปะหูล์ อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสับปะรด

- เขตที่ราบสูงและเทือกเขาบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 11.2 % ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ของอำเภอสนมชัยเขต อำเภอพนมสารคาม อำเภอต๊ะเกียบ และบางส่วนของอำเภอแปลงยาว (สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2553; สำนักงานสถิติจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2553)

จังหวัดฉะเชิงเทรา แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 11 อำเภอ 93 ตำบล 892 หมู่บ้าน โดยอำเภอที่มีเนื้อที่มากที่สุด คือ อำเภอสนมชัยเขต คิดเป็น 31.1 % รองลงมา คือ อำเภอต๊ะเกียบ คิดเป็น 19.7 % ส่วนพื้นที่น้อยที่สุด คือ อำเภอคลองเขื่อน คิดเป็น 2.4 % (สำนักงานจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2553)

จังหวัดฉะเชิงเทรา มีลักษณะอากาศร้อนชื้นเขตร้อนชื้น โดยมีลมมรสุมพัดปกคลุมเกือบตลอดปี ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม โดยมีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าว ส่วนฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุม ประกอบกับมีร่องความกดอากาศต่ำ พาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงใต้ทำให้มีฝนตกชุก (กรมทรัพยากรน้ำ, 2551) เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน มีฝนเฉลี่ยสูงกว่า 200 มิลลิเมตร (รูปที่ 4.5) ซึ่งเป็นช่วงเดียวกันที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงสุดในรอบปี (รูปที่ 4.6) ในขณะที่ อัตราการระเหยของน้ำ มีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน) และค่อย ๆ ลดลงในช่วงฤดูฝน (รูปที่ 4.7)

จังหวัดฉะเชิงเทรา มีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญ คือ แม่น้ำบางปะกง มีความยาว 122 กิโลเมตร และตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกง มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อประชาชนสูงกว่าเกณฑ์กำหนด แหล่งน้ำตามธรรมชาติที่สำคัญของจังหวัดฉะเชิงเทรา นอกจากแม่น้ำบางปะกง ได้แก่ คลองท่าลาด คลองสายย่อย คลองระบม คลองแสนแสบ และคลองสียัด เป็นต้น (กรมทรัพยากรน้ำ, 2551) ลักษณะดินในจังหวัดฉะเชิงเทรา ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ซึ่งพบในบริเวณที่ราบลุ่ม การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 70.4 % รองลงมา เป็นพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 15.9 % และเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประมาณ 5 % ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2553)

4.2 สถานภาพการพัฒนาของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา จากผลการ

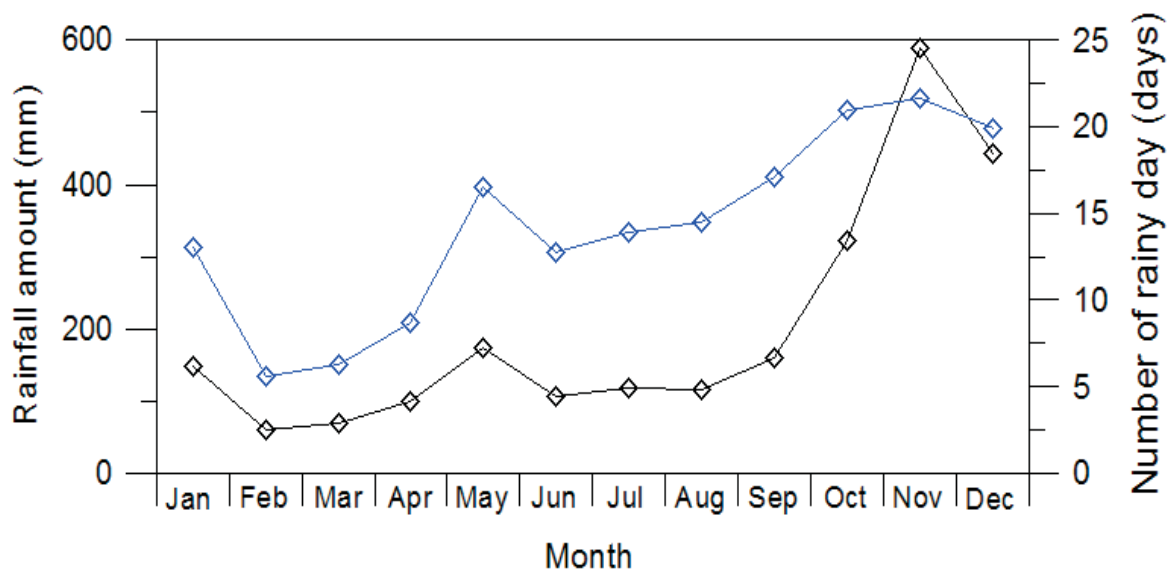
ประเมินด้วยดัชนีความก้าวหน้าของคน (Human Achievement Index; HAI)

โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (United Nations Development Programme) ประจำประเทศไทย ได้จัดทำรายงานการพัฒนาคนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2550 ภายใต้หัวข้อ เศรษฐกิจพอเพียงกับการพัฒนาคน โดยใช้ดัชนีความก้าวหน้าของคน เป็นเครื่องมือในการประเมินการพัฒนาในระดับจังหวัด ซึ่งพิจารณาจากมุมมองที่มีคนเป็นศูนย์กลาง (โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติประจำประเทศไทย, 2550) ดัชนี HAI เป็นดัชนีรวมที่สำนักงานโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติประจำประเทศไทย พัฒนาขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2546 เพื่อใช้ในการประเมินสถานการณ์การพัฒนาในระดับพื้นที่ โดยดัชนี HAI ประกอบด้วยดัชนีย่อย 8 ด้าน (สุขภาพ การศึกษา ชีวิตการงาน รายได้ ที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อม ชีวิตครอบครัวและชุมชน การคมนาคมและการสื่อสาร และการมีส่วนร่วม)

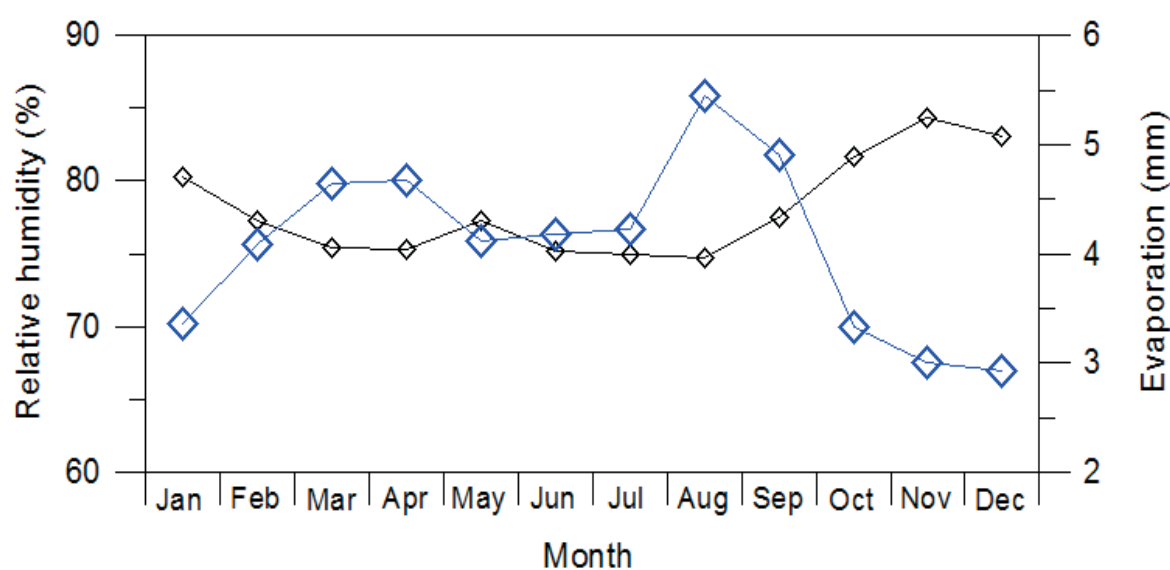


- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช | 13. อำเภอร่อนพิบูลย์ |
| 2. อำเภอพรหมคีรี | 14. อำเภอลิขิต |
| 3. อำเภอลานสกา | 15. อำเภอขนอม |
| 4. อำเภอฉวาง | 16. อำเภอหัวไทร |
| 5. อำเภอพิปูน | 17. อำเภอบางขัน |
| 6. อำเภอเชียรใหญ่ | 18. อำเภอถ้ำพรรณรา |
| 7. อำเภอชะอวด | 19. อำเภอจุฬาภรณ์ |
| 8. อำเภอท่าศาลา | 20. อำเภอพระพรหม |
| 9. อำเภอทุ่งสง | 21. อำเภอนบพิตำ |
| 10. อำเภอนาบอน | 22. อำเภอช้างกลาง |
| 11. อำเภอทุ่งใหญ่ | 23. อำเภอเฉลิมพระเกียรติ |
| 12. อำเภอปากพนัง | |

รูปที่ 4.1 หน่วยการปกครองของจังหวัดนครศรีธรรมราช



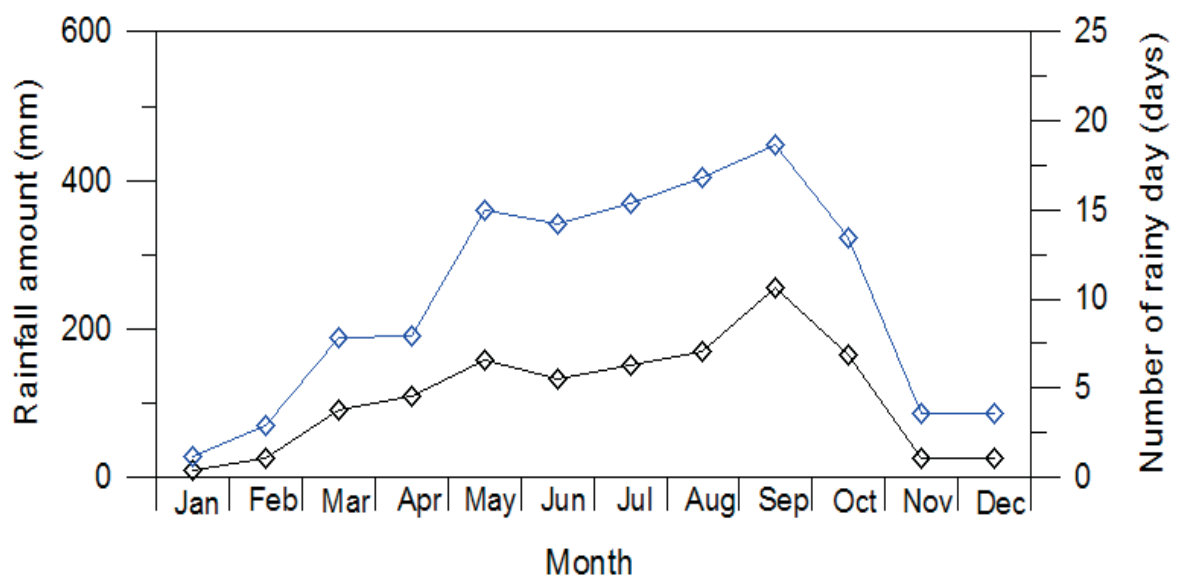
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของปริมาณฝนสะสมและจำนวนวันฝนตกรายเดือนของจังหวัดนครศรีธรรมราช เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงินแสดงปริมาณฝนสะสมและจำนวนวันฝนตกตามลำดับ



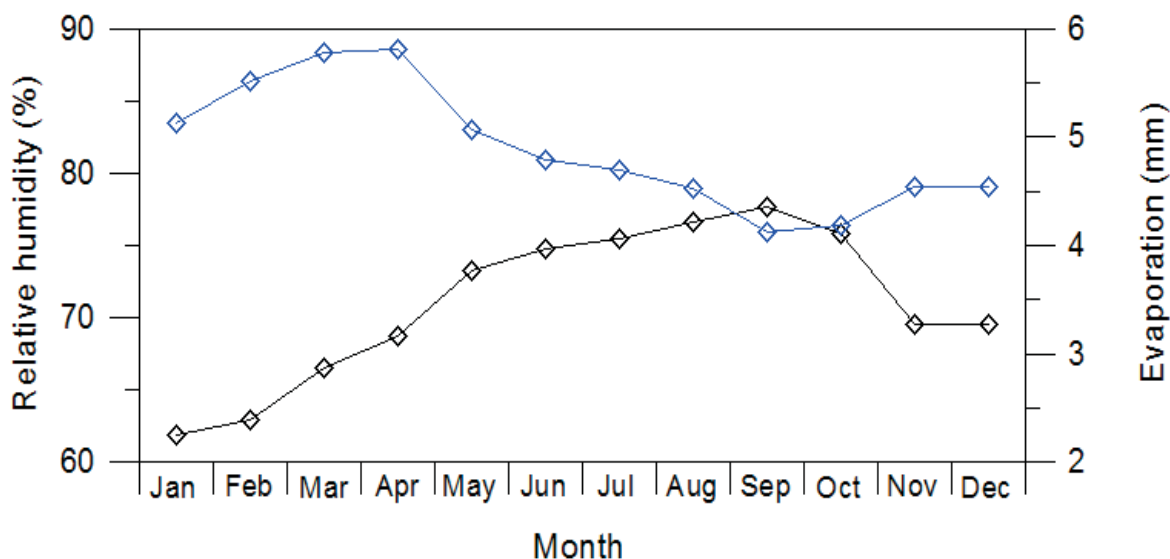
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระเหยของน้ำของจังหวัดนครศรีธรรมราช เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงิน แสดงความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระเหยของน้ำตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดฉะเชิงเทรา

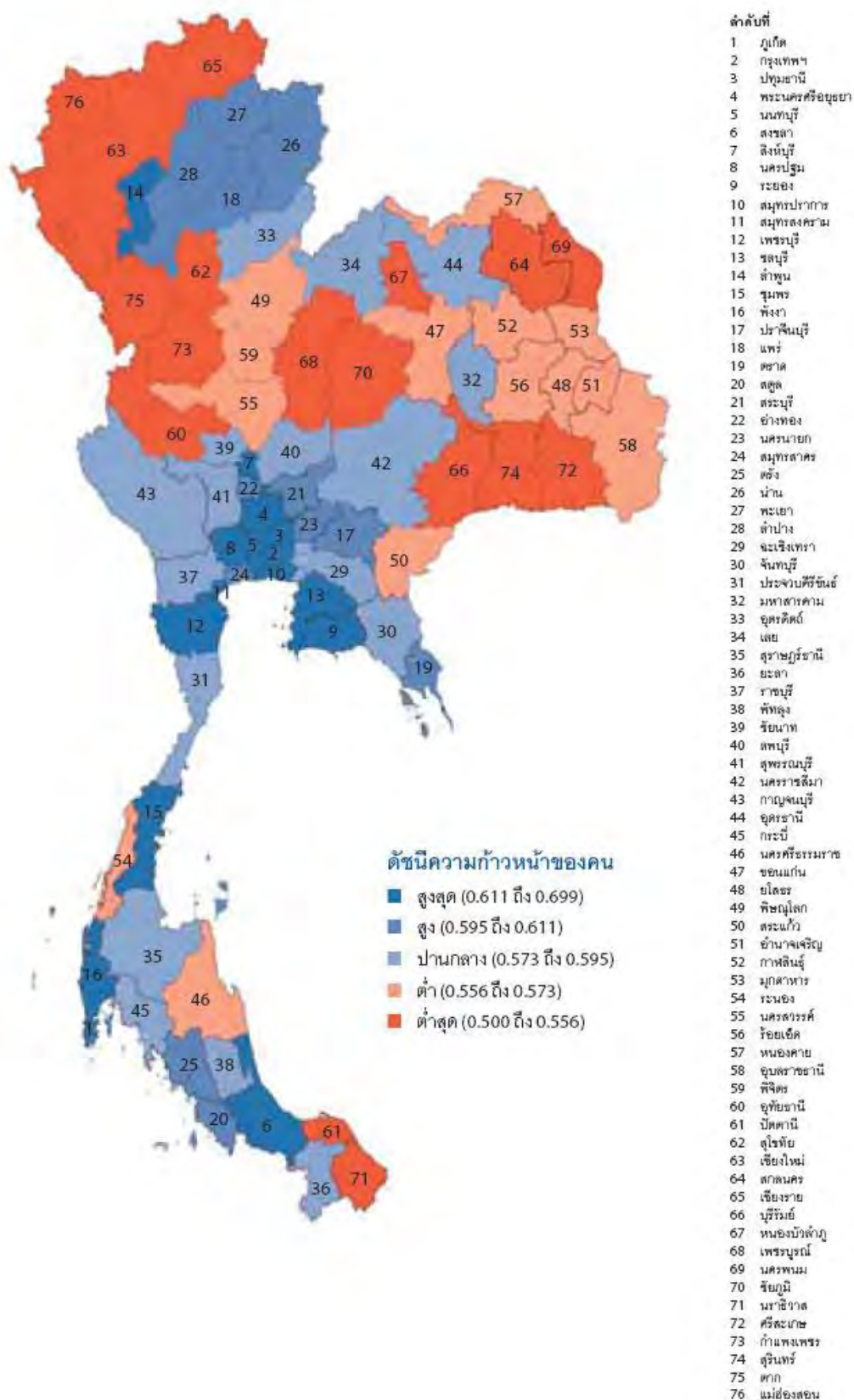


รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของปริมาณฝนสะสมและจำนวนวันฝนตกรายเดือนของ
จังหวัดฉะเชิงเทรา เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงิน แสดงปริมาณฝนสะสมและจำนวนวันฝนตก ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยระยะยาว (Climatological means) ของความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระเหยของน้ำของจังหวัดเชียงใหม่ เส้นสีดำและเส้นสีน้ำเงินแสดงค่าเฉลี่ยระยะยาวของความชื้นสัมพัทธ์และอัตราการระเหยของน้ำตามลำดับ

จากตัวชี้วัด 40 ตัว เมื่อนำดัชนีทั้ง 8 ด้านมาประกอบกันจะได้ดัชนี HAI ซึ่งเป็นดัชนีรวมที่แสดงภาพรวมของการพัฒนาในระดับจังหวัดและสามารถเปรียบเทียบระหว่างจังหวัดต่าง ๆ ได้ (โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ ประจำปีประเทศไทย, 2550) จากดัชนี HAI ที่พิจารณาในภาพรวมทั้ง 8 มิติที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา พบว่า จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดที่มีความก้าวหน้าด้านการพัฒนา ในลำดับที่ 46 ของประเทศ ซึ่งนับเป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนาอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยของประเทศ ในขณะที่ จังหวัดเชียงใหม่ มีความก้าวหน้าด้านการพัฒนาที่สูงกว่า โดยอยู่ในลำดับที่ 29 ของประเทศ (รูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.1) ทั้งนี้ ดัชนี HAI ได้สะท้อนความแตกต่างของการพัฒนา ระหว่างสองจังหวัด ทั้งนี้เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่ใกล้กับกรุงเทพฯและบริเวณทลซึ่งเป็นพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจ ประชาชนส่วนใหญ่มีชีวิตความเป็นอยู่ดีกว่าประชาชนในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งเป็นจังหวัดที่ห่างไกลจากเมืองหลวง เมื่อพิจารณาจากดัชนีย่อยของทั้งสองจังหวัดแล้ว พบว่า จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความก้าวหน้าในการพัฒนาด้านการศึกษาและสุขภาพ แต่ล้าหลังในด้านชีวิตการทำงาน การมีส่วนร่วมและการคมนาคมและการสื่อสาร ส่วนจังหวัดเชียงใหม่ มีความก้าวหน้าในการพัฒนาด้านสุขภาพและรายได้ แต่ล้าหลังในด้านชีวิตการทำงานและที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อม



รูปที่ 4.7 ดัชนีความก้าวหน้าของคนระดับจังหวัดของประเทศไทย
ที่มา: โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติประจำประเทศไทย

ตารางที่ 4.1 ลำดับของดัชนี HAI และดัชนีย่อยทั้ง 8 ด้านของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา

ดัชนี/ดัชนีย่อย	จังหวัดนครศรีธรรมราช	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ดัชนี HAI	46	29
ดัชนีสุขภาพ	20	19
ดัชนีด้านการศึกษา	18	40
ดัชนีชีวิตการงาน	72	68
ดัชนีรายได้	41	14
ดัชนีที่อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อม	32	63
ดัชนีชีวิตครอบครัวและชุมชน	39	33
ดัชนีการคมนาคมและการสื่อสาร	59	36
ดัชนีการมีส่วนร่วม	61	38

4.3 โครงสร้างและองค์ประกอบของดัชนี CoVI

โครงสร้างและองค์ประกอบของดัชนี CoVI ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ตามนิยามความล่อแหลมของ IPCC ที่มีการพัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วยจำนวนตัวแปรที่บ่งชี้ถึงมิติทางด้านชีวภาพและมิติทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในแง่มุมต่างๆ และเป็นดัชนีที่แสดงถึงความล่อแหลมรวมในระดับชุมชน อาจกล่าวได้ว่า ดัชนี CoVI มีความสมบูรณ์และครอบคลุมทุกด้านของความล่อแหลม ทั้งนี้ได้คัดเลือกดัชนีโดยพิจารณาบนพื้นฐานความสอดคล้องในแง่กลของข้อมูล ควบคู่กับข้อมูลระดับตำบลและหมู่บ้านที่สามารถรวบรวมเพื่อนำมาใช้เป็นตัวแทนของตัวแปรนั้น ๆ เป็นประการสำคัญ โครงสร้างของดัชนี CoVI ที่ได้ถูกจัดทำขึ้นแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งองค์ประกอบหลัก exposure ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบรอง (sub-component) และ 17 ดัชนี (indicator) ส่วนองค์ประกอบ sensitivity ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบรอง และ 30 ดัชนี สำหรับองค์ประกอบ adaptive capacity ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบรอง และ 24 ดัชนี โดยตัวแปรและดัชนีที่ใช้คำนวณดัชนี CoVI รวมทั้งสิ้น 71 ดัชนี รายละเอียดของโครงสร้าง องค์ประกอบและตัวแปรของดัชนี CoVI รวมทั้งแหล่งและชนิดของข้อมูล แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 1 และ 2 ส่วนลักษณะที่แสดงถึงความล่อแหลม/ความอ่อนไหว/ความสามารถในการปรับตัวของแต่ละดัชนี ในแต่ละองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI แสดงในภาคผนวกที่ 3 สำหรับการวิเคราะห์ในเบื้องต้น ได้ทดสอบ Multicollinearity ระหว่างตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบหลักตามวิธีการของ Cutter et al. (2003) ที่ใช้ทดสอบเพื่อคัดเลือกข้อมูลสำมะโนประชากรของประเทศสหรัฐอเมริกาในการวิเคราะห์ดัชนีความล่อแหลมทางสังคม

การทดสอบ Multicollinearity กับข้อมูลของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดฉะเชิงเทรา มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความซ้ำซ้อนของตัวแปร ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติในการลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงในกรณีที่มีอนุกรมบางตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ผลการวิเคราะห์ Multicollinearity ซึ่งแสดงในภาคผนวกที่ 4 และ 5 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าอยู่ในช่วง -0.5 ถึง 0.5 และ -0.4 ถึง 0.5 (จำนวนตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับจำนวนหมู่บ้านของสองจังหวัด คือ 1,531 และ 875 หมู่บ้านตามลำดับ โดยความสัมพันธ์ระดับสูงระหว่างตัวแปร ไม่พบในแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI ของทั้งสองจังหวัด (ภาคผนวกที่ 4 และ 5) รูปที่ 4.8 และ 4.9 แสดงการกระจายตัวของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุกองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI ในรูปของฮิสโทแกรมสำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดฉะเชิงเทราตามลำดับ

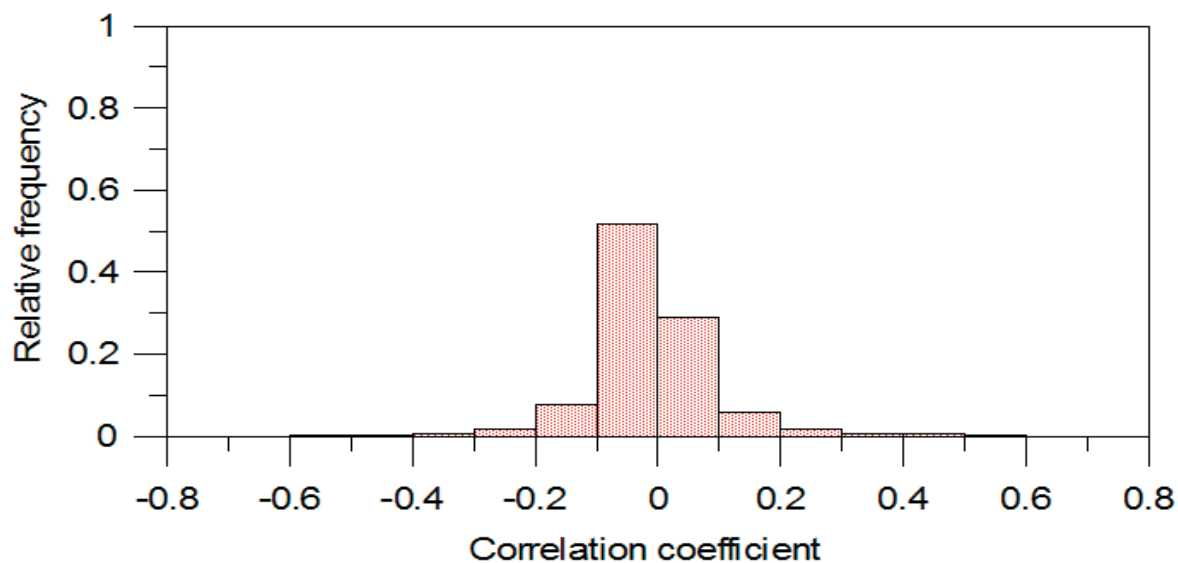
ผลการวิเคราะห์ฮิสโทแกรม พบว่าความถี่สูงสุดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI อยู่ในช่วง -0.1 ถึง 0.1 จากการวิเคราะห์ Multicollinearity และลักษณะการกระจายตัวของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แสดงถึงตัวแปรแต่ละตัวแปรที่ได้คัดเลือกสำหรับการคำนวณดัชนี CoVI มีลักษณะที่ค่อนข้างเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่ซ้ำซ้อนของตัวแปรที่ถูกคัดเลือก ทั้งนี้ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงก่อนที่จะวิเคราะห์ด้วย PCA

สถิติเบื้องต้นของแต่ละดัชนีในองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI ซึ่งแสดงในรูปของค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ยในแต่ละจังหวัด สรุปไว้ในภาคผนวกที่ 6 และ 7 โดยข้อมูลและตัวแปรของดัชนีในแต่ละองค์ประกอบรองและองค์ประกอบหลัก ได้นำมาคำนวณและทำการ normalize ให้มีหน่วยอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ คะแนน รวมทั้งฟังก์ชันของความหนาแน่นตามเทคนิคของ Cutter (1996) และ Cutter et al. (2003) เพื่อปรับให้ตัวแปรที่มีหน่วยและสเกลที่แตกต่างกัน เป็นหน่วยและสเกลที่ง่ายต่อการคำนวณในขั้นตอนต่อไป รวมทั้งสามารถเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่างหมู่บ้าน ตำบลและอำเภอได้

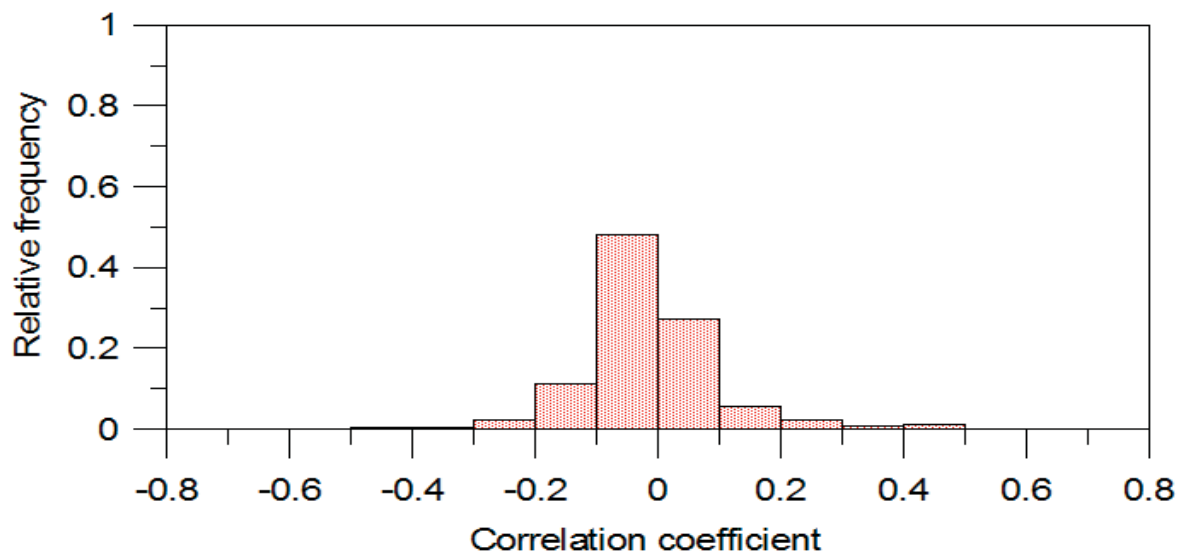
4.4 ลักษณะเชิงพื้นที่ของตัวแปรบางตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI

4.4.1 องค์ประกอบหลัก Exposure

จากฐานข้อมูลเสี่ยงภัยแล้งระดับหมู่บ้านของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พบว่า พื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดนครศรีธรรมราช ไม่มีความเสี่ยง หรือมีความเสี่ยงน้อยมากต่อภัยแล้ง (รูปที่ 4.10) ส่วนชุมชนของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีระดับความเสี่ยงต่อภัยแล้งอยู่ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ระดับความเสี่ยงน้อยมากจนถึงระดับความเสี่ยงสูงมาก ซึ่งพื้นที่เสี่ยงปาน



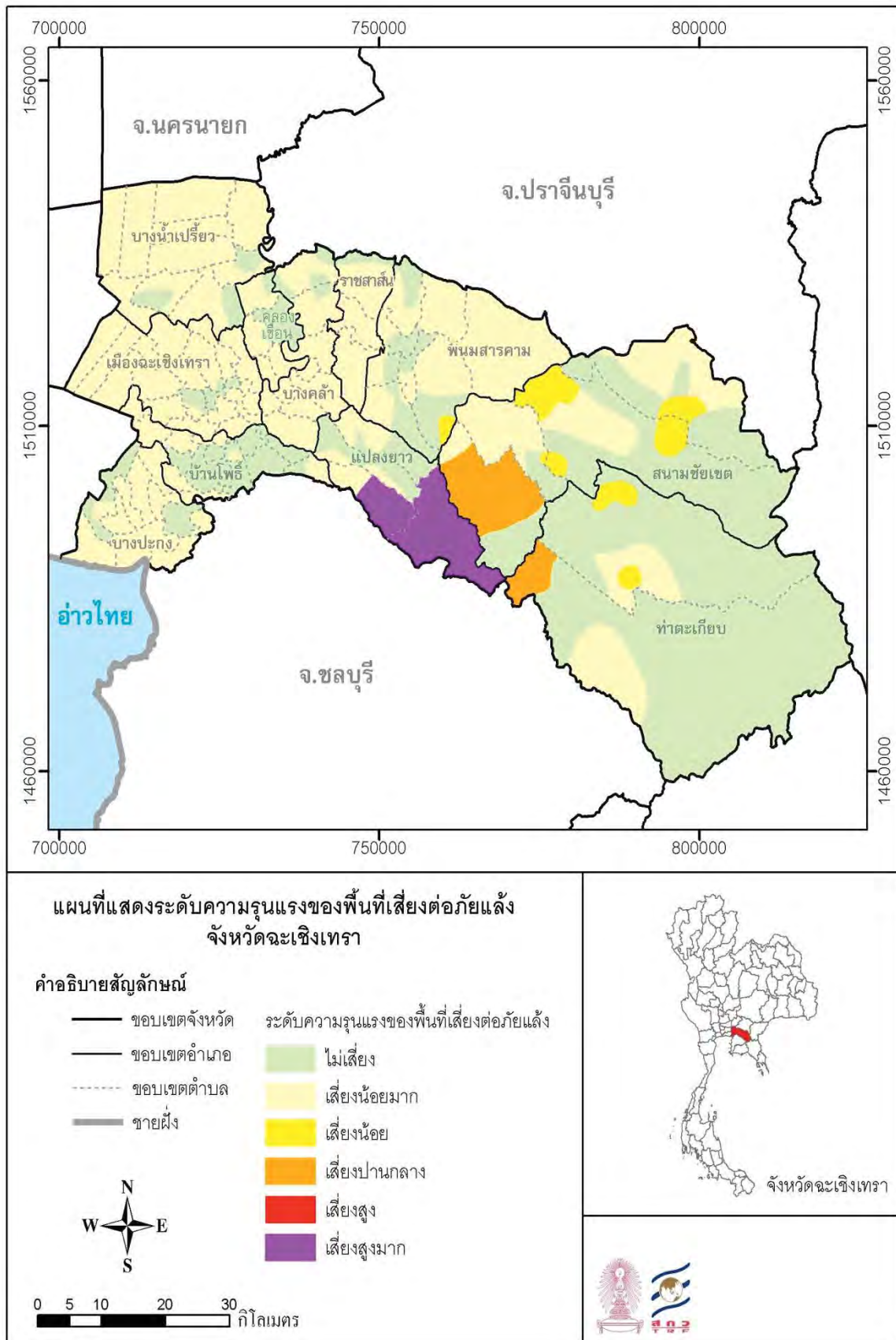
รูปที่ 4.8 Histogram ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในทุกองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช



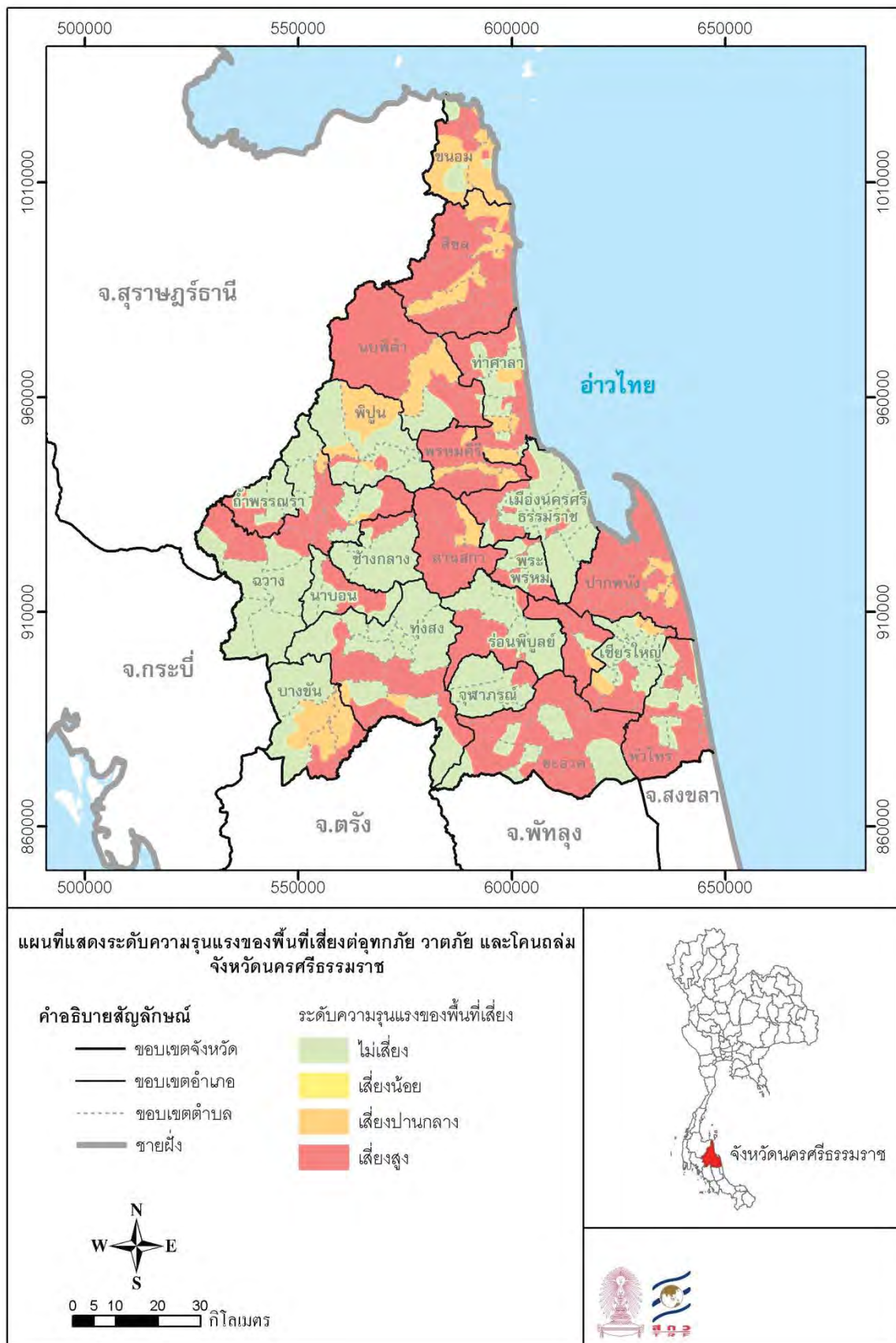
รูปที่ 4.9 Histogram ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในทุกองค์ประกอบหลักของดัชนี CoVI สำหรับจังหวัดฉะเชิงเทรา



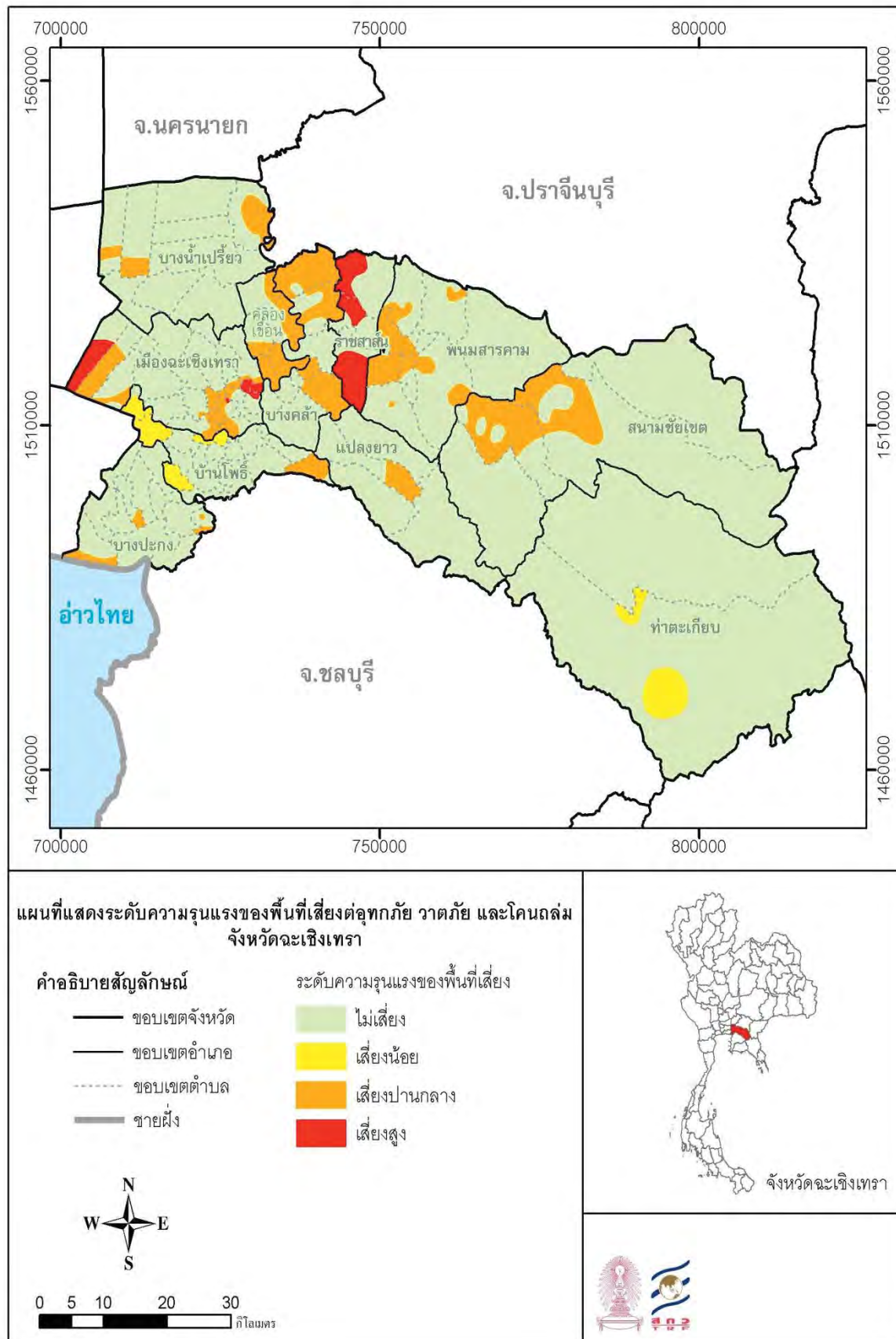
รูปที่ 4.10 ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้ง จังหวัดนครศรีธรรมราช



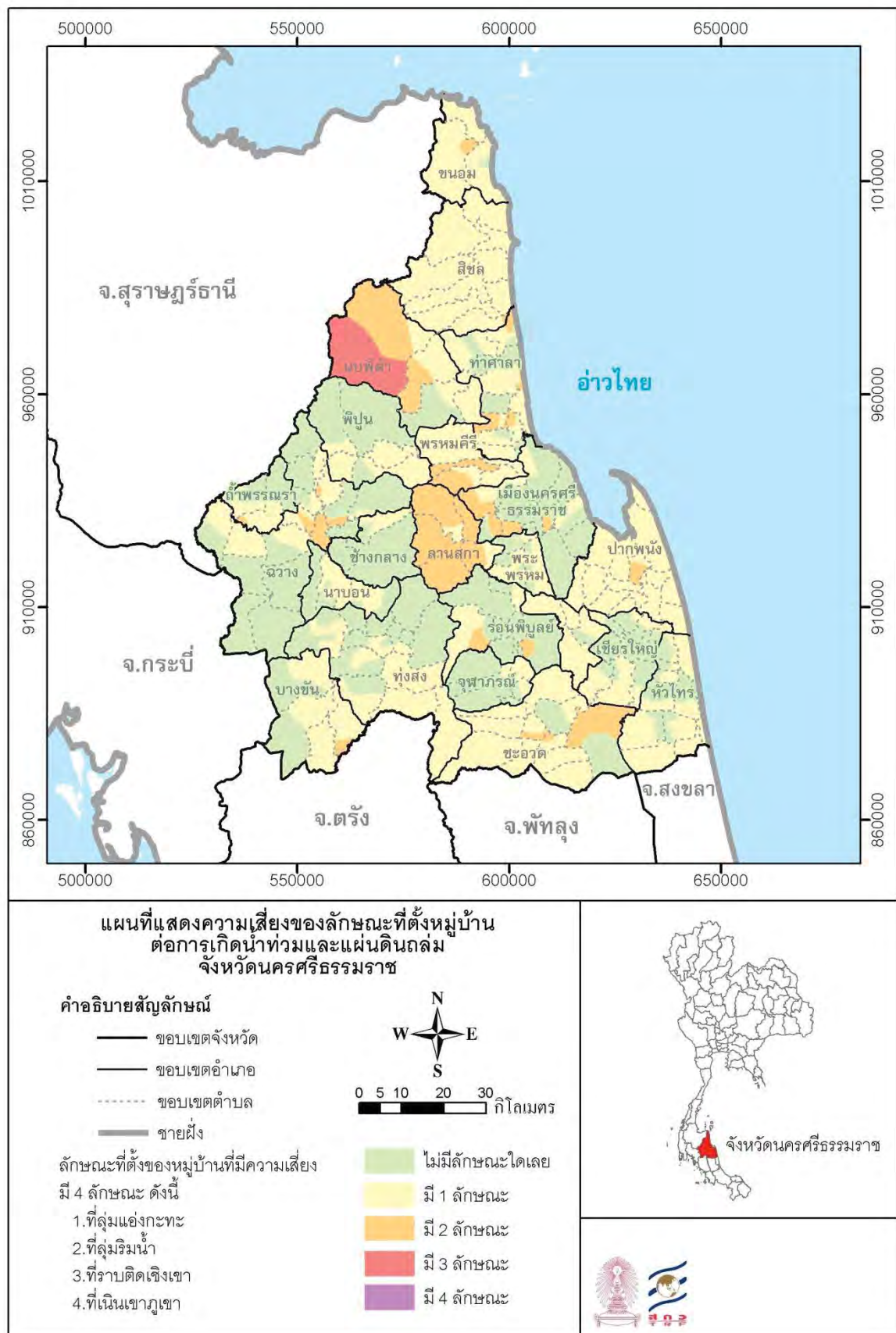
รูปที่ 4.11 ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้ง จังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 4.12 ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย/วาตภัย/โคลนถล่ม จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.13 ระดับความรุนแรงของพื้นที่อุทกภัย/วาตภัย/โคลนถล่ม จังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 4.14 ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.15 ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่ม จังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 4.16 ความหนาแน่นของประชากร จังหวัดนครศรีธรรมราช



กลางและเสี่ยงสูงมาก อยู่ในอำเภอสนามชัยเขตและอำเภอแปลงยาว (รูปที่ 4.11) ตัวแปรจากฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยง อุทกภัยและโคลนถล่มของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ได้แบ่งขึ้นถึงหลายพื้นที่ของจังหวัดนครสวรรค์ เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงจากอุทกภัยและโคลนถล่ม ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวได้แก่อำเภอสิชล อำเภอหนองบัว อำเภอพรหมคีรี อำเภอลานสกา อำเภอปากพนัง อำเภอชะอวด และอำเภอหัวไทร (รูปที่ 4.12)

สำหรับจังหวัดฉะเชิงเทรา พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่มีความเสี่ยงจากอุทกภัยและโคลนถล่ม อย่างไรก็ตาม พบพื้นที่บางชุมชนในเขตอำเภอเมืองและอำเภอรสาธิน มีความเสี่ยงสูงจากอุทกภัยและโคลนถล่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.13

ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านในหลายพื้นที่ของจังหวัดนครสวรรค์ เป็นที่ลุ่มแอ่งกระทะ ที่ลุ่มริมน้ำ ที่ราบเชิงเขาและที่เนินภูเขา ซึ่งเป็นปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความเสี่ยงจากอุทกภัยและโคลนถล่ม (รูปที่ 4.14) เมื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงจากอุทกภัยและโคลนถล่มในบริบทของลักษณะทางกายภาพของชุมชนแล้ว พบว่าอำเภอลานสกา และอำเภอนบพิตำมีที่ตั้งของชุมชนอยู่ในที่ลุ่มแอ่งกระทะ ที่ลุ่มริมน้ำ ที่ราบเชิงเขาและที่เนินภูเขา อย่างน้อยสองหรือสามลักษณะรวมกัน (รูปที่ 4.12 และ 4.14) นอกจากนี้พบว่าความสอดคล้องทางกายภาพ และที่ตั้งของหมู่บ้านกับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากอุทกภัยและโคลนถล่มปรากฏค่อนข้างชัดเจนในจังหวัดฉะเชิงเทรา (รูปที่ 4.13 และ 4.15) โดยชุมชนที่มีความเสี่ยงจากอุทกภัยและโคลนถล่มอยู่ในระดับปานกลางและสูง จะมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ลุ่มแอ่งกระทะ ที่ลุ่มริมน้ำ ที่ราบเชิงเขาและที่เนินภูเขา อย่างใดอย่างหนึ่ง (รูปที่ 4.15)

ความหนาแน่นของประชากรต่อหน่วยพื้นที่ เป็นตัวแปรหนึ่งขององค์ประกอบหลัก Exposure จะมีลักษณะเชิงพื้นที่ที่สอดคล้องกับบริบทและรูปแบบการพัฒนาของจังหวัด ตลอดจนการแบ่งขึ้นถึงการขยายตัวของชุมชนเมือง ซึ่งแบ่งโซนชุมชนหนาแน่นในเขตเมืองและชุมชนชนบท (รูปที่ 4.16 และ 4.17) ความหนาแน่นของประชากรมากกว่า 1 คนต่อไร่ ในจังหวัดนครสวรรค์ จะอยู่ในเขตอำเภอขนาดใหญ่ที่ติดกับฝั่งอ่าวไทย เช่น อำเภอเมือง อำเภอท่าศาลา อำเภอปากพนังและอำเภอเชียรใหญ่ เป็นต้น รวมทั้งอำเภอที่เป็นชุมทางการเดินทางลงสู่จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง เช่น อำเภอทุ่งสง (รูปที่ 4.16) ส่วนพื้นที่ฝั่งตะวันตก เช่น อำเภอนบพิตำ อำเภอถ้ำพรหม อำเภอบางขัน และอำเภอฉวาง จะเป็นพื้นที่แบบเกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ โดยความหนาแน่นของประชากรมีค่าน้อยกว่า 0.2 คนต่อไร่ (รูปที่ 4.16) สำหรับของจังหวัดฉะเชิงเทรา พื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นอยู่ในเขตอำเภอเมือง อำเภอบ้านโพธิ์ และอำเภอบางปะกงซึ่งเป็นเขตอุตสาหกรรมหลักของจังหวัด โดยชุมชนเมืองที่มีประชากรหนาแน่นมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นในเขตอำเภอบางคล้า อำเภอคลองเขื่อน และอำเภอแปลงยาว (รูปที่ 4.17) ในขณะที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอนมสรวง อำเภอรสาธิน อำเภอสนามชัยเขตและอำเภอท่าตะเกียบ มีลักษณะเป็นชุมชนเกษตรกรรม มีความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่า 0.2 คนต่อไร่ (รูปที่ 4.17)

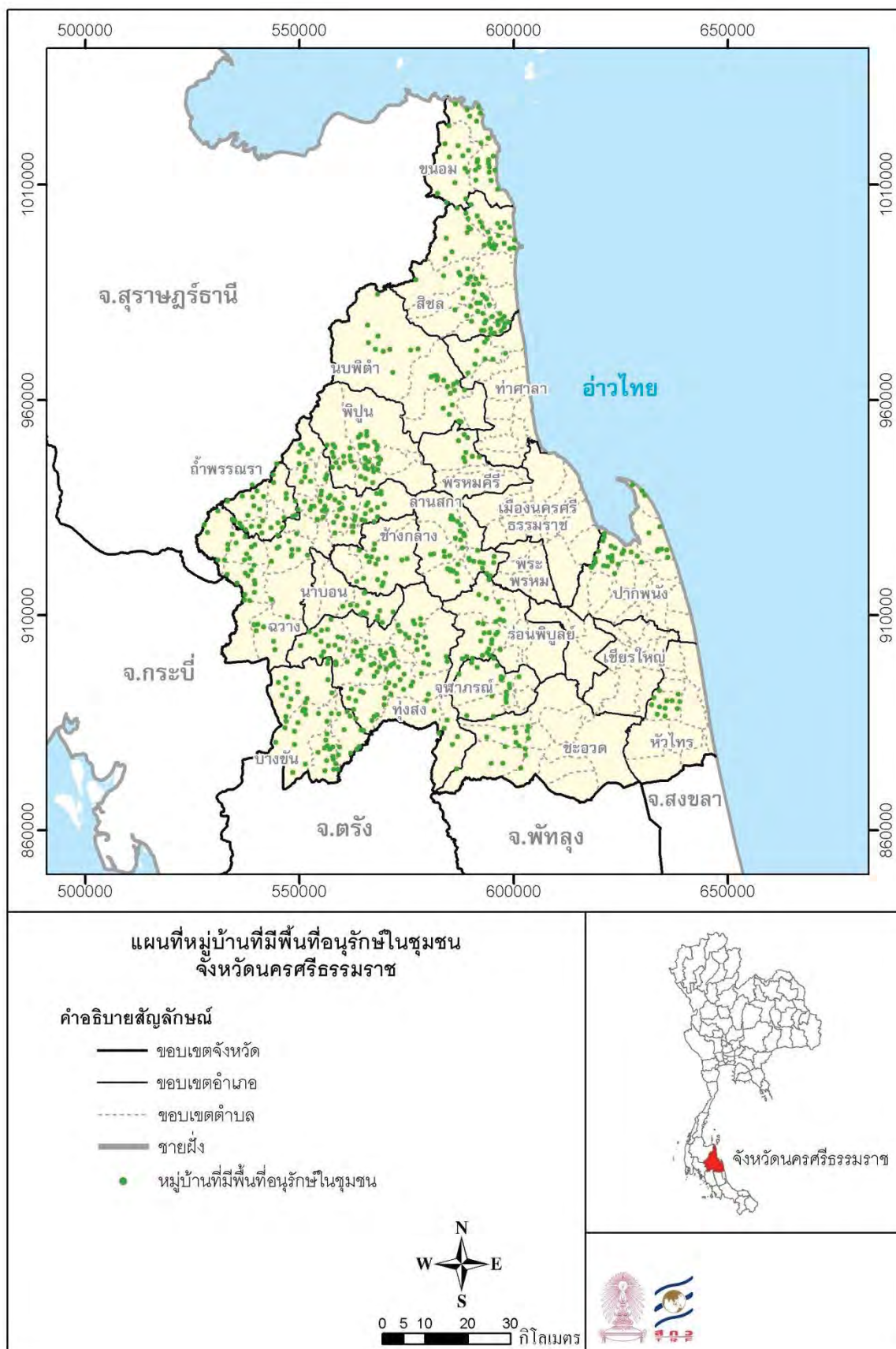
4.4.2 องค์ประกอบหลัก Sensitivity

ลักษณะนิเวศวิทยาสำคัญประการหนึ่งของชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช คือการมีพื้นที่อนุรักษ์ในชุมชนเป็นบริเวณกว้างในหลายๆอำเภอ เช่น อำเภอฉวาง อำเภอทุ่งสง อำเภอพิบูล อำเภอถ้ำพรรณา อำเภอสิชล และอำเภอขนอม เป็นต้น (รูปที่ 4.18) ในขณะที่จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าพื้นที่อนุรักษ์ในชุมชนมีจำนวนน้อย โดยชุมชนที่มีพื้นที่อนุรักษ์ทั้งหมดตั้งอยู่ในเขตอำเภอสนามชัยและอำเภอท่าตะเกียบ ซึ่งเป็นเขตรอยต่อกับพื้นที่ป่าในเขตจังหวัดชลบุรีและฉะเชิงเทรา (รูปที่ 4.19) เมื่อพิจารณาถึงความอ่อนไหวในสภาวะของประชาชนซึ่งแสดงจากดัชนีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก พบว่าชุมชนส่วนใหญ่ในจังหวัดนครศรีธรรมราชไม่มีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก แต่ในชุมชนที่พบผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกพบว่าดัชนีมีค่าตั้งแต่ 1-5 ราย ถึง มากกว่า 10 ราย (รูปที่ 4.20) โดยอำเภอที่ตั้งอยู่ฝั่งอ่าวไทยและอำเภอที่ติดกับจังหวัดกระบี่ และจังหวัดตรังเป็นพื้นที่ที่พบจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกสูงกว่าพื้นที่อื่น (มากกว่า 6 ราย) ส่วนจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในจังหวัดฉะเชิงเทราพบ 6-10 ราย และ มากกว่า 10 รายในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอบางปะกง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอคลองเขื่อน และอำเภอบางคล้า (รูปที่ 4.21)

ความอ่อนไหวด้านเกษตรกรรมของชุมชนในสองจังหวัดซึ่งแสดงด้วยดัชนีสัดส่วนของครัวเรือนที่ทำนาข้าว พบว่าชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีสัดส่วนครัวเรือนทำนาข้าวมากกว่า 75% ในอำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ และอำเภอหัวไทร (รูปที่ 4.22) ในขณะที่ชุมชนในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีดัชนีสูงกว่า โดยครัวเรือนที่ทำนาข้าวอยู่ในอำเภอบางน้ำเปรี้ยว อำเภอสนามชัยเขต อำเภอเมืองบางส่วนของ อำเภอราชสาส์น อำเภอพนมสารคามและอำเภอแปลงยาว (รูปที่ 4.23) ในทางตรงกันข้าม เมื่อพิจารณาถึงดัชนีสัดส่วนครัวเรือนที่ปลูกต้นไม้ยืนต้น พบว่าชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่ครัวเรือนมีการปลูกต้นไม้กระจายอยู่ในหลายพื้นที่ และมีสัดส่วนสูงกว่าชุมชนในจังหวัดฉะเชิงเทรา (รูปที่ 4.24 และ 4.25)

4.4.3 องค์ประกอบหลัก Adaptive capacity

สัดส่วนคนยากจน เป็นดัชนีที่บ่งชี้ภาวะความยากจน (poverty incidence) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553) ซึ่งนิยมใช้แสดงความสามารถในการดำรงรับและการปรับตัวของประชาชนต่อภัยคุกคามด้านต่าง ๆ (Cutter, 1996; ESPON Hazard project, 2005; Cardona, 2005,2007) โดยคนจน หมายถึง คนที่มีรายได้หรือค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเส้นความยากจน (povetry line) ซึ่งเป็นเกณฑ์ชี้วัดที่คำนวณจากมาตรฐานความต้องการการบริโภคอาหารและสินค้าที่จำเป็นขั้นต่ำที่เพียงพอต่อความต้องการดำรงชีวิตของแต่ละบุคคล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553) เส้นความยากจนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550 มีค่า 1,443 บาท/คน/เดือน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2551) เมื่อพิจารณาสัดส่วนคนยากจนของจังหวัดนครศรีธรรมราช ในปี พ.ศ. 2550 แล้ว พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงที่กว้าง คือ 0.2 ถึง 44.8% ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.4% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนคนยากจนของประเทศ (8.5%) (สำนักงานสถิติ



รูปที่ 4.18 แผนที่แสดงหมู่บ้านที่มีพื้นที่อนุรักษ์ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

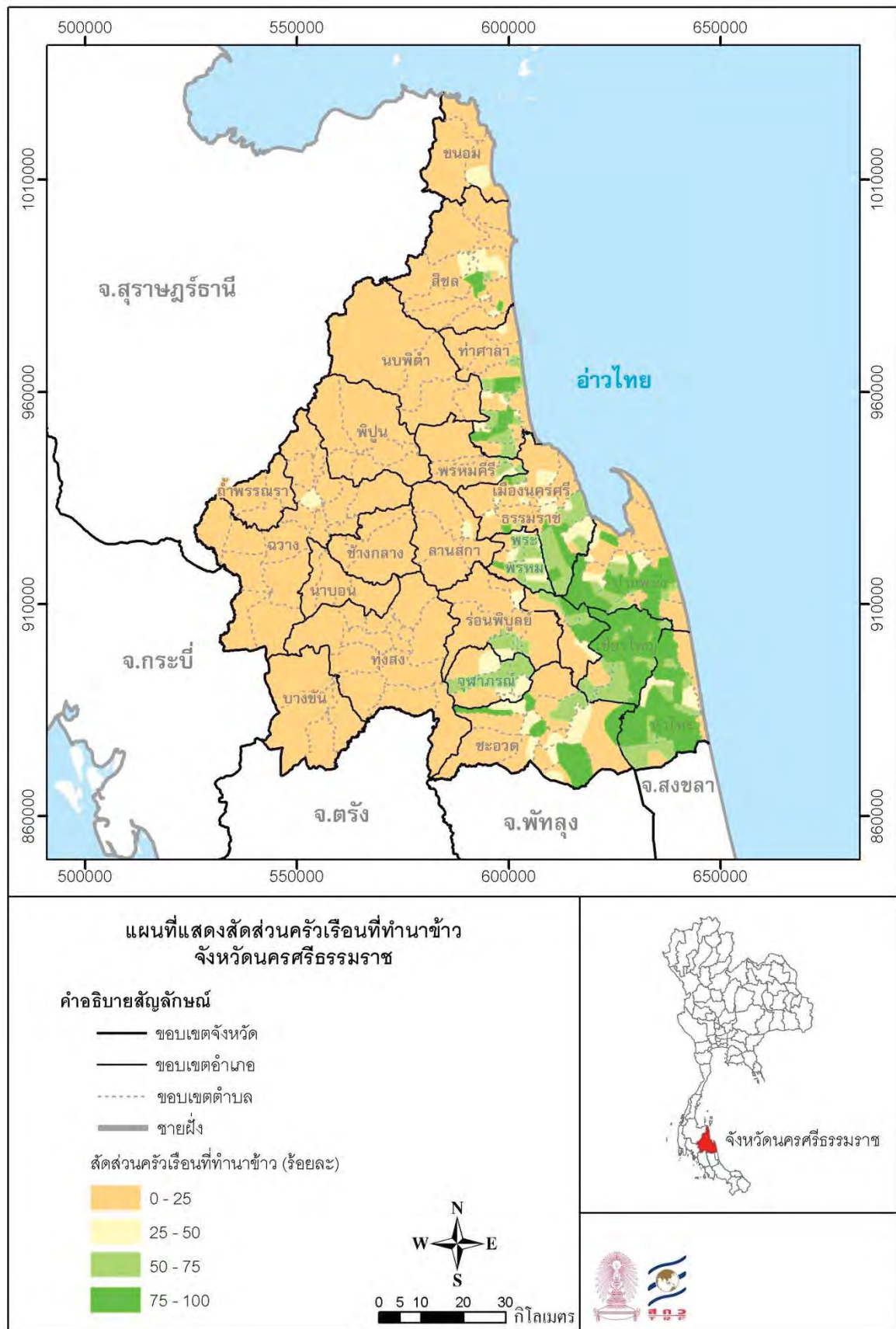




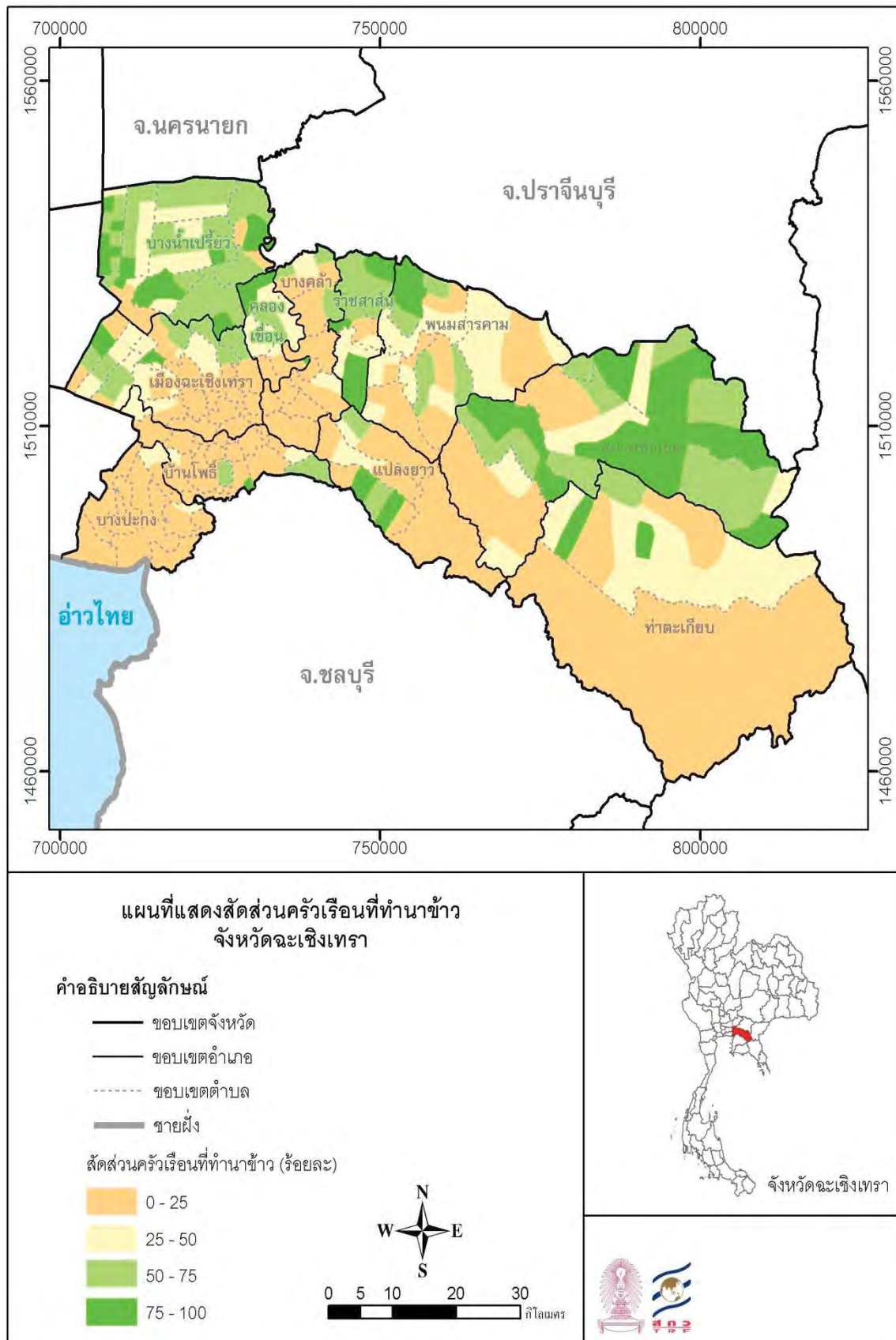
รูปที่ 4.20 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.21 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก ในจังหวัดฉะเชิงเทรา



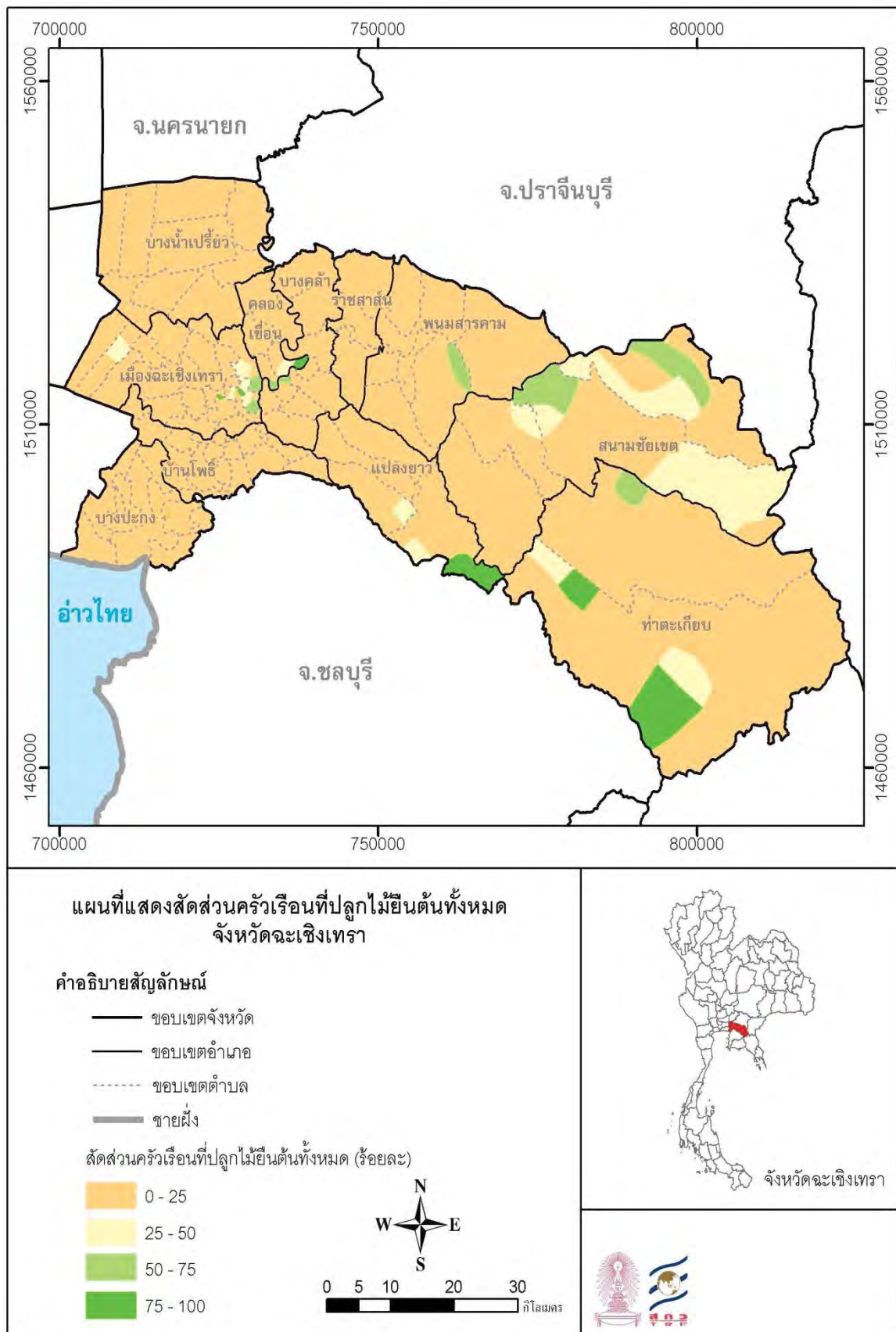
รูปที่ 4.22 สัดส่วนครัวเรือนที่ทำนาข้าว ในจังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.23 สัดส่วนครัวเรือนที่ทำนาข้าว ในจังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 4.24 สัดส่วนครัวเรือนที่ปลูกไม้ยืนต้น ในจังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.25 สัดส่วนคร่าวเรือนที่ปลูกไม่ยืนต้น ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

แห่งชาติ, 2551) โดยสัดส่วนคนยากจนที่สูงกว่า 20% ปรากฏในบางตำบลของอำเภอพิบูลย์ อำเภอนาบอน อำเภอจุฬาราม อำเภอชะอวด อำเภอปากพนัง อำเภอหัวไทรและอำเภอท่าศาลา (รูปที่ 4.26) สำหรับสัดส่วนคนยากจนเฉลี่ยของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าเท่ากับ 5.7% ซึ่งต่ำกว่าสัดส่วนคนยากจนของประเทศ จากรูปที่ 4.27 พบว่าอำเภอสนามชัยเขต มีสัดส่วนคนยากจน สูงที่สุดของจังหวัดฉะเชิงเทรา

ดัชนีความไม่เท่าเทียมกันหรือความเหลื่อมล้ำของรายได้หรือรายจ่ายของประชากรทั้งหมด สามารถแสดงในรูปสัมประสิทธิ์ของความไม่เสมอภาคหรือดัชนีจีนิ (Gini index) นับว่าเป็นอีกหนึ่งดัชนีที่บ่งชี้ถึงศักยภาพการปรับตัวของชุมชน (Brooks et al., 2005; Cardona, 2005; ESPON Hazard project, 2005; Gall, 2007) ดัชนีจีนิแสดงถึงโอกาสตามความสามารถเท่าเทียมกันหรือเสมอภาคกันอย่างเป็นรูปธรรมของทุกคน ซึ่งดัชนีจีนิมีค่าระหว่าง 0 และ 1 โดยค่ายิ่งมากขึ้นแสดงว่าการกระจายรายได้หรือค่าใช้จ่าย มีความไม่เท่าเทียมกันหรือมีความเหลื่อมล้ำกันมากขึ้น ค่า 0 แสดงถึงการกระจายรายได้หรือการใช้จ่ายมีความเท่าเทียมกันอย่างสมบูรณ์ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2551)

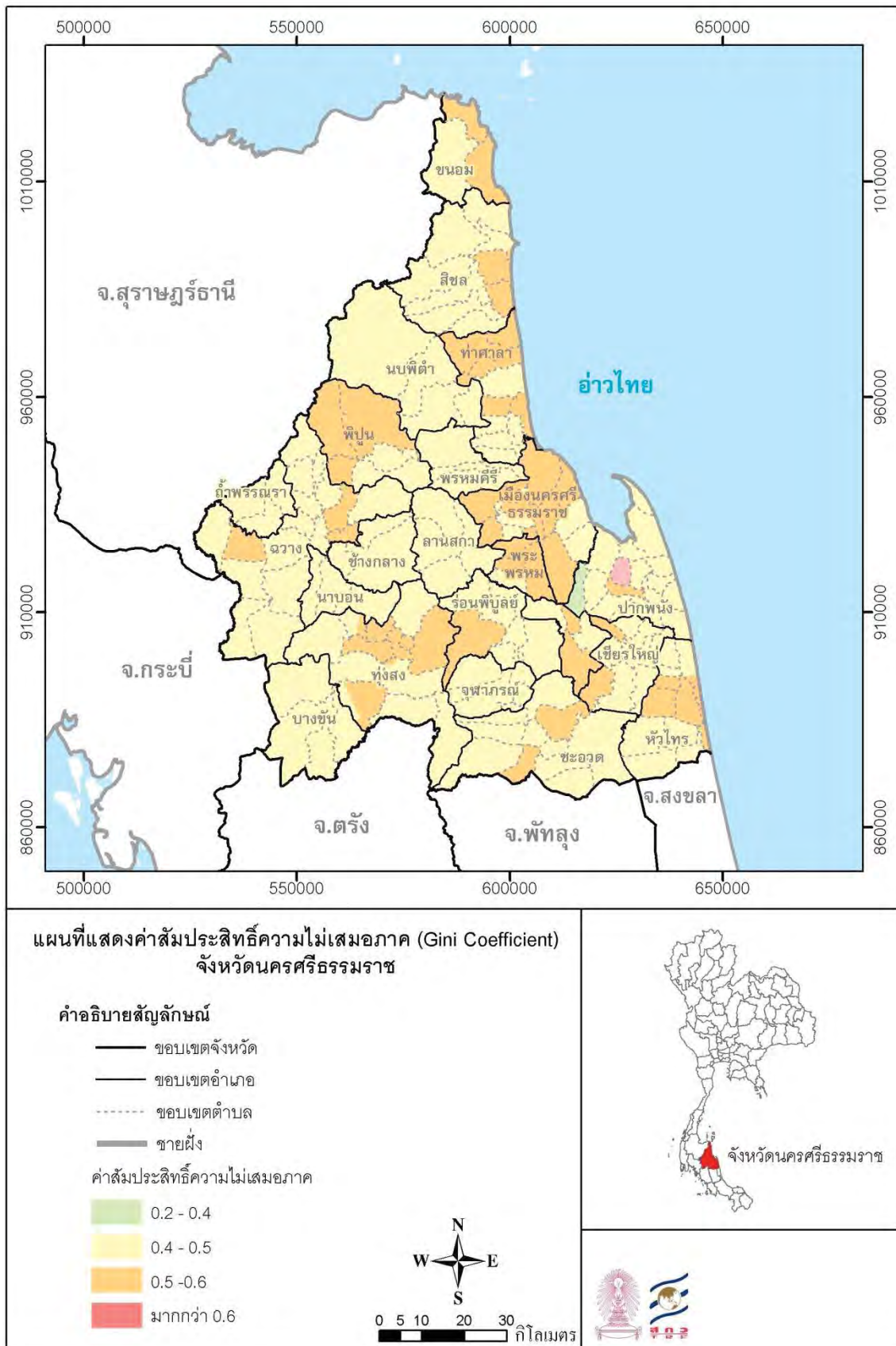
จากการศึกษาพบว่าดัชนีจีนิของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าอยู่ในช่วง 0.39 - 0.66 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48) ซึ่งลักษณะเชิงพื้นที่ของดัชนีจีนิในภาพรวมของจังหวัด แสดงถึงความเหลื่อมล้ำของรายได้หรือรายจ่ายของประชากรไม่สูงมากนัก (รูปที่ 4.28) เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีทั้งประเทศที่มีค่าเท่ากับ 0.4 ส่วนดัชนีจีนิของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่า 0.25 - 0.55 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าจังหวัดนครศรีธรรมราชและของประเทศ ทั้งนี้ ตำบลที่มีความเหลื่อมล้ำของรายได้หรือรายจ่ายของประชากรสูง อยู่ในอำเภอนมสรวง อำเภอบางน้ำเปรี้ยว และอำเภอบางปะกง ตามลำดับ (รูปที่ 4.29)

อัตราการพึ่งพา (dependency ratio) เป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการปรับตัวเชิงโครงสร้างทางสังคมและประชากร โดยอัตราการพึ่งพา หมายถึง สัดส่วนของประชากรที่มีอายุน้อยกว่า 15 ปีหรือมากกว่า 65 ปีต่อประชากรในวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 19 ปี ถึง 60 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรที่ต้องพึ่งพาการบริการทางด้านสังคมทั้งหมดสำหรับการดำรงชีวิต (Cardona, 2005; Hahn et al., 2009) อัตราการพึ่งพาของจังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าระหว่าง 0.6 - 0.7 แต่บางตำบลในอำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่และอำเภอหัวไทร มีค่าระหว่าง 0.7 - 0.8 ในขณะที่ อัตราการพึ่งพาของหลายตำบลในอำเภอทุ่งสงและอำเภอขนอม มีค่าน้อยกว่า 0.6 (รูปที่ 4.30) ส่วนอัตราการพึ่งพาของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 0.6-0.7 และ น้อยกว่า 0.6 ตามลำดับ ยกเว้นอัตราการพึ่งพาของบางตำบลในอำเภอท่าตะเกียบ ที่มีค่าสูงกว่า 0.8 (รูปที่ 4.31)

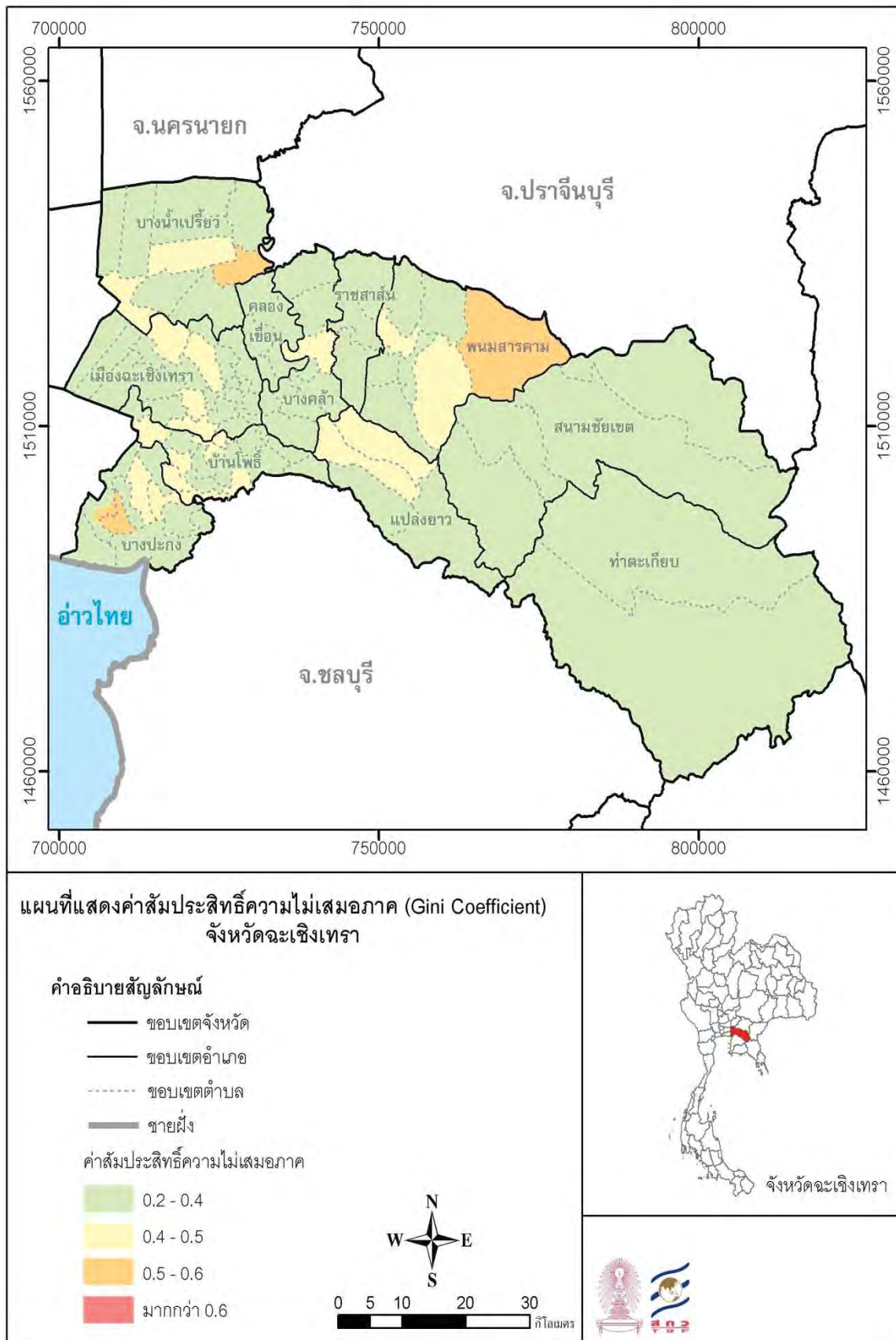




รูปที่ 4.27 สัดส่วนคนยากจนของประชากรในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา



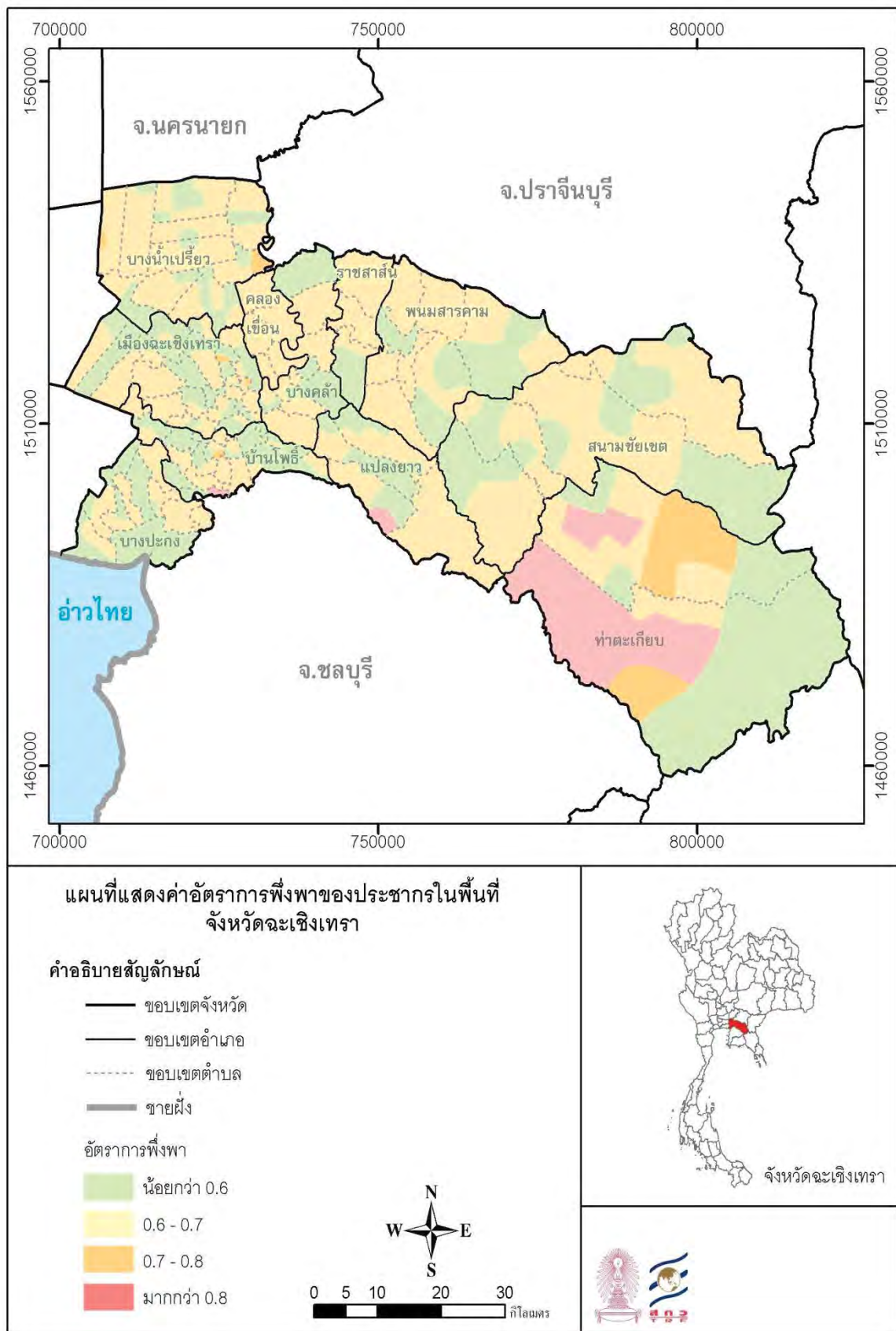
รูปที่ 4.28 ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เสมอภาค ในจังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.29 ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เสมอภาค ในจังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 4.30 ค่าอัตราการพึ่งพาของประชากรในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.31 ค่าอัตราการพังทลายของประชากรในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา