

การประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งทะเลจากน้ำท่วมชายฝั่ง
กรณีศึกษา ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ



นายฮาฟีฟี สมะแอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VULNERABILITY ASSESSMENT OF COASTAL COMMUNITIES TO COASTAL FLOOD:
A CASE STUDY OF COASTAL AREA IN SAMUT PRAKAN PROVINCE

Mr. Haphifi Sama-ae



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Arts Program in Geography and Geoinformatics

Department of Geography

Faculty of Arts

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งทะเลจากน้ำ

ท่วมชายฝั่ง กรณีศึกษา ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ

โดย

นายฮาฟีฟี่ สะมะแอ

สาขาวิชา

ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

อาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะอักษรศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิ่งกาญจน์ เทพกาญจนา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลีดิรัตน์ บัณฑิตรุ่งกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณี ชีวินศิริวัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา นาคะภากร)

อาพีพี สมะแอะ : การประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งทะเลจากน้ำท่วมชายฝั่ง
 กรณีศึกษา ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ (VULNERABILITY ASSESSMENT OF
 COASTAL COMMUNITIES TO COASTAL FLOOD: A CASE STUDY OF COASTAL
 AREA IN SAMUT PRAKAN PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. พรรณี
 ชิวินศิริวัฒน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. เอกกมล วรณเมธี, 124 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งทะเลในจังหวัด
 สมุทรปราการจากภัยน้ำท่วมชายฝั่ง โดยพิจารณาองค์ประกอบ 3 ส่วนที่ส่งผลต่อความเปราะบางของ
 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ 1) การเปิดรับต่อภัยพิบัติของพื้นที่ซึ่งพิจารณาจากปัจจัยการเพิ่มขึ้นของ
 ระดับน้ำทะเล แผ่นดินทรุด การกัดเซาะชายฝั่ง และการเกิดคลื่นชายฝั่งทะเลจากพายุ 2) ความ
 อ่อนไหวของพื้นที่ต่อภัยซึ่งพิจารณาจาก ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นของประชากร
 และอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง และ 3) ความสามารถในการรับมือของชุมชนชายฝั่งทะเลต่อภัย
 พิบัติซึ่งพิจารณาจาก ระดับการศึกษาของประชากร รายได้ และความสามารถในการเข้าถึงบริการ
 สาธารณสุข งานวิจัยนี้ใช้วิธีการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process:
 AHP) ในการประเมินค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัยในการประเมินความเปราะบางของพื้นที่ศึกษา
 และใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงวิเคราะห์ดัชนี
 ความเปราะบางในสถานการณ์ พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีที่ไม่เกิดคลื่นพายุซัดชายฝั่ง จะไม่มีพื้นที่เปราะบางจากน้ำท่วม
 ชายฝั่งในพื้นที่ศึกษาใน พ.ศ. 2559 ในขณะที่สถานการณ์ของ พ.ศ. 2569 และ 2589 พบว่าตำบลที่มี
 ความเปราะบางมากที่สุดคือ ตำบลปากน้ำ ตำบลคลองด่าน ตำบลบางปูใหม่ และหากในสถานะที่เกิด
 คลื่นพายุ พบว่า ตำบลที่มีความเปราะบางที่สุดในพ.ศ. 2559 คือ ตำบลคลองด่าน ตำบลบาง
 เปรียง และตำบลปากน้ำ ตามลำดับ ต่อมา พ.ศ. 2569 ตำบลที่มีความเปราะบางมากที่สุดคือ ตำบล
 คลองด่าน ตำบลปากน้ำ และตำบลบางปูใหม่ ตามลำดับ และใน พ.ศ. 2589 ตำบลที่มีความเปราะบาง
 มากที่สุด คือ ตำบลปากน้ำ ตำบลคลองด่าน และตำบลบางปู ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าตำบล
 ปากน้ำมีความเปราะบางเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมาก และมีความสามารถใน
 กับการรับมือต่อภัยพิบัติต่ำกว่าพื้นที่อื่นๆ

ภาควิชา	ภูมิศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา	ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5780198822 : MAJOR GEOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

KEYWORDS: VULNERABILITY / COASTAL FLOOD / SAMUT PRAKAN / RASTER-BASED ANALYSIS / ANALYSIS HIERARCHY PROCESS

HAPHIFI SAMA-AE: VULNERABILITY ASSESSMENT OF COASTAL COMMUNITIES TO COASTAL FLOOD: A CASE STUDY OF COASTAL AREA IN SAMUT PRAKAN PROVINCE. ADVISOR: ASST. PROF. PANNEE CHEEWINSIRIWAT, Ph.D., CO-ADVISOR: EKKAMOL VANNAMETEE, Ph.D., 124 pp.

This research aims to evaluate the vulnerability of coastal communities to coastal flood in Samut Prakan province by examining three main components that effect vulnerability in the study area: 1) spatial exposure including sea level rise, land subsidence, and coastal erosion, 2) sensitivity to hazards including land use, population density, and dependency ratio, 3) coping capacity including education level, income, and accessibility to health. In addition, this research implemented the Analytic Hierarchy Process (AHP) to obtain weights of the factors for the vulnerability evaluation. Geographic Information System (GIS) is also applied to analyze the related geographic data as well as to produce the resultant vulnerability indices of 2016, 2026 and 2046 scenarios.

The results show that, in the normal scenario, there is no flood in 2016. While, in 2026 and 2046 scenarios, the most vulnerable sub-districts are Pak Nam, Klong Daan, and Bangpoo Mai respectively. However, in storm tide scenario, the most vulnerable sub-districts in 2016 are Klong Daan, Bang Priang and Pak Nam respectively. While, in 2026, the most vulnerable sub-districts are Klong Daan, Pak Nam, and Bangpoo Mai respectively. And then, in 2046, the most vulnerable sub-districts are Pak Nam, Klong Daan and Bangpoo Mai respectively. In addition, the results reveal that Pak Nam has become more vulnerable area because it has more sensitivity and less coping capacity than the others.

Department: Geography Student's Signature

Field of Study: Geography and Advisor's Signature

Geoinformatics Co-Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอเริ่มต้นด้วยพระนามของอัลลอฮ์ทรงกรุณาและทรงเมตตาเสมอ ที่ดลบันดาลและอำนวยพรให้การทำวิทยานิพนธ์ปราศจากอุปสรรคใดๆ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเมตตาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรธณี ชีวินศิริวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ มุมมอง คำแนะนำ และข้อคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจทานต้นฉบับเล่มวิทยานิพนธ์ให้อ่านเข้าใจง่ายมากขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการวิจัย Coastal Cities at Risk: Building Adaptive Capacity for Managing Climate Change in Coastal Mega cities (CCaR) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติรัตน์ ปั้นบำรุงกิจ ที่กรุณาให้ผู้วิจัยได้ลงทะเบียนเรียนเพิ่มเติมในรายวิชาภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจถึงภัยพิบัติทางธรรมชาติและการจัดการความเสี่ยงภัยพิบัติมากขึ้น อีกทั้งยังให้เกียรติเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดจนขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคะภากร ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยในการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ตลอดจนข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นในการปรับแก้วิทยานิพนธ์วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาภูมิศาสตร์ ที่คอยถามไถ่และให้กำลังใจเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญดังนี้ ผศ. ดร. วิจิตรบุษบา มารมย์ ผศ. ดร. วิราภรณ์ โพธิศิริ อาจารย์ Alexis Richard C. Claridades อาจารย์ Revi Hernina และอาจารย์ ดร. Zulfa Hanan Asha'ari ที่ให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถามและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณคุณยุวดี คาคการณ์ไกล ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษามหาวิทยาลัยรังสิต และเมืองมหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้ผู้วิจัยทำงานเพื่อให้ทุ่มเทเวลาในการทำวิทยานิพนธ์อย่างเต็มที่ และเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา ครอบครัวที่ปลูกฝังและให้ความสำคัญด้านการศึกษาทั้งการเรียนในวิชาการและวิชาศาสนา และเพื่อนฝูงทุกคนที่คอยให้กำลังใจเรื่องวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 เนื้อหาการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 นิยามคำศัพท์.....	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	5
2.1 ภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเลในชายฝั่งทะเลไทย	5
2.1.1 ปัจจัยการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (Plate motion).....	5
2.1.2 ปัจจัยระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น (Sea level rise).....	6
2.1.3 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology factors).....	6
2.1.4 การกัดเซาะชายฝั่ง (Coastal Erosion).....	7
2.2 แนวคิดการประเมินความเปราะบางของพื้นที่	8
2.2.1 แนวทางที่ยึดตามดัชนี	13
2.2.2 แนวทางที่ยึดตามตัวชี้วัด	14

2.2.2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	14
2.2.2.4 แนวทางที่ยึดตามแบบจำลองพลวัต	15
2.3 ความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งทะเลไทย	15
2.5 การคำนวณดัชนีของปัจจัย	20
2.6 การพยากรณ์การใช้ที่ดินในอนาคต	21
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา	22
3.1 ที่ตั้ง	22
3.2 ลักษณะทางกายภาพ	23
3.3 ลักษณะการใช้ที่ดิน	24
3.4 ลักษณะประชากร	26
3.5 ลักษณะทางเศรษฐกิจ	28
3.6 อุทกภัย	29
บทที่ 4 วิธีการศึกษา	31
4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ	33
4.1.1 การวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา	33
4.1.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเล	35
4.1.3 ดัชนีการเปิดรับ	40
4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	40
4.2.1 ปัจจัยการใช้ที่ดิน	41
4.2.1.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการใช้ที่ดิน	41
4.2.2 ปัจจัยด้านประชากร	44
4.2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล	44
4.2.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากร	44

4.2.3	ดัชนีความอ่อนไหว	45
4.2.3.1	ดัชนีการใช้ที่ดิน.....	45
4.2.3.2	ดัชนีความหนาแน่นประชากรและดัชนีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง.....	46
4.3	การวิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัว	46
4.3.1	ปัจจัยด้านการศึกษา	46
4.3.2	ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ.....	47
4.3.3	ปัจจัยด้านสาธารณสุข.....	48
4.3.4	ดัชนีความสามารถในการปรับตัว	48
4.4	การวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบาง.....	48
4.4.1	การหาค่าน้ำหนักปัจจัย.....	48
4.4.2	การวิเคราะห์ความเปราะบางด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	49
บทที่ 5	ผลการศึกษา	50
5.1	ผลการวิเคราะห์ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ.....	50
5.1.1	ผลการวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่ง.....	50
5.1.1.1	สภาวะที่มีคลื่นพายุ	51
5.1.1.2	สภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ.....	56
5.1.2	ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง	59
5.1.3	ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติ	61
5.1.3.1	สภาวะมีคลื่นพายุ.....	61
5.1.3.2	สภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ.....	64
5.2	ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความอ่อนไหว.....	65
5.2.1	ปัจจัยการใช้ที่ดิน	66
5.2.1.1	การวิเคราะห์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นที่ พ.ศ. 2549 - 2559.....	66

5.2.1.2 การพยากรณ์การใช้ที่ดินพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589.....	69
5.2.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากร	74
5.2.3 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง.....	78
5.2.3 ดัชนีความอ่อนไหว	80
5.2.3.1 ดัชนีการใช้ที่ดิน.....	80
5.2.3.2 ดัชนีความหนาแน่นประชากร.....	81
5.2.3.3 ดัชนีอัตราการพึ่งพิง	81
5.2.3.4 ดัชนีความอ่อนไหว	82
5.3.1 ผลการวิเคราะห์ด้านการศึกษา	86
5.3.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ.....	86
5.3.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านสาธารณสุข.....	88
5.3.4 ดัชนีความสามารถในการรับมือ	91
5.3.4.1 ดัชนีการศึกษา.....	91
5.3.4.2 ดัชนีเศรษฐกิจ	92
5.3.4.3 ดัชนีสาธารณสุข	93
5.3.4.4 ดัชนีความสามารถในการรับมือ	93
5.4 ดัชนีความเปราะบาง	97
5.4.1 การหาค่าน้ำหนักของปัจจัย	97
5.4.2 การวิเคราะห์ดัชนีด้วยการซ้อนทับในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	98
5.4.2.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในสถานะที่เกิดจากคลื่นพายุ.....	98
5.4.2.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในที่ไม่มีคลื่นพายุ	100
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	103
6.1 สรุปผลการศึกษา	103

6.1.1 ผลการศึกษาพื้นที่ที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ	103
6.1.1.1 ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมในสภาวะคลื่นพายุ	103
6.1.1.2 ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมในสภาวะปกติ	104
6.1.2 ผลการศึกษาความพร้อมในการรับมือของชุมชนชายฝั่งทะเล จังหวัด สมุทรปราการ	104
6.1.3 ผลการประเมินความเปราะบางของพื้นที่ จากภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล	105
6.1.3.1 ผลการประเมินความเปราะบางในสภาวะน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากคลื่น พายุ	106
6.1.3.2 ผลการประเมินความเปราะบางในสภาวะน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติ	107
6.2 อภิปรายผล	107
6.2.1 ดัชนีด้านการเปิดรับต่อภัยพิบัติ	107
6.2.2 ดัชนีความอ่อนไหว	108
6.2.3 ดัชนีความสามารถในการรับมือ	109
6.2.4 ดัชนีความเปราะบาง	109
6.3 ข้อเสนอแนะ	110
รายการอ้างอิง	112
ภาคผนวก ก	117
ภาคผนวก ข	118
ภาคผนวก ค	123
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	124

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แนวชายฝั่งที่ประสบปัญหาการกัดเซาะจำแนกรายจังหวัด	7
ตารางที่ 2	ปัจจัยต่างๆ ที่นำมาวิเคราะห์ประเมินความเปราะบาง	11
ตารางที่ 3	มาตราสำหรับการเปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือก	17
ตารางที่ 4	ค่าดัชนีการสู่มตามขนาดเมทริกซ์	19
ตารางที่ 5	เขตการปกครองของพื้นที่ศึกษา	22
ตารางที่ 6	การใช้ที่ดิน ของจังหวัดสมุทรปราการปี พ.ศ. 2558	24
ตารางที่ 7	ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเล	33
ตารางที่ 8	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเล	38
ตารางที่ 9	ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว	40
ตารางที่ 10	ข้อมูลที่น่าความสามารถในการปรับตัว	46
ตารางที่ 11	การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ พ.ศ.2559-2589	50
ตารางที่ 12	ผลลัพธ์ของสถานการณ์จำลองน้ำท่วมชายฝั่งทะเล	51
ตารางที่ 13	ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2559	51
ตารางที่ 14	ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2569	53
ตารางที่ 15	ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2589	54
ตารางที่ 16	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำท่วม พ.ศ. 2559 – 2589	56
ตารางที่ 17	ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569	57
ตารางที่ 18	ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2589	58
ตารางที่ 19	อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งรายตำบล	59
ตารางที่ 20	ระยะทางของแนวชายฝั่งตามอัตราการกัดเซาะและทับถม	60
ตารางที่ 21	ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติในสภาวะมีคลื่นพายุ พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589	62

ตารางที่ 22	ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589.....	64
ตารางที่ 23	พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) รายตำบลพ.ศ. 2549.....	66
ตารางที่ 24	พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) รายตำบลพ.ศ. 2559.....	67
ตารางที่ 25	ประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมืองระหว่างพ.ศ. 2549 - 2559	69
ตารางที่ 26	พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) พ.ศ. 2569.....	70
ตารางที่ 27	ประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมืองระหว่างพ.ศ. พ.ศ. 2559 - 2569.....	71
ตารางที่ 28	ผลการพยากรณ์พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) พ.ศ. 2589	73
ตารางที่ 29	ประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมืองระหว่างพ.ศ. ในช่วง พ.ศ. 2569 – 2589	74
ตารางที่ 30	จำนวนประชากรคาดการณ์ใน พ.ศ. 2559, 2569, และ 2589.....	75
ตารางที่ 31	จำนวนประชากรใน 1 เซลล์ของแต่ละตำบล พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589.....	76
ตารางที่ 32	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง.....	78
ตารางที่ 33	จำนวนประชากรวัยพึ่งพิงจากการคาดการณ์ (คน) ใน พ.ศ. 2559 2569 และ 2589.....	80
ตารางที่ 34	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยดัชนีของประเภทการใช้ที่ดิน	80
ตารางที่ 35	ค่าดัชนีความหนาแน่น พ.ศ. 2559 2569 และ 2589	81
ตารางที่ 36	ดัชนีอัตราการพึ่งพิง พ.ศ. 2559 2569 และ 2589	81
ตารางที่ 37	ดัชนีความอ่อนไหวของพื้นที่พ.ศ. 2559 2569 และ 2589	83
ตารางที่ 38	จำนวนประชากรที่มีการศึกษาในระดับอุดมศึกษา	86
ตารางที่ 39	ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคนพ.ศ. 2538 - 2557.....	87
ตารางที่ 40	รายได้ต่อหัวประชากรในพ.ศ. 2559 2569 และ 2589	88
ตารางที่ 41	ระยะทางจากแต่ละพื้นที่ไปสถานพยาบาลของแต่ละตำบล (กม.).....	89

ตารางที่ 42 การเปลี่ยนแปลงระยะทางไปยังสถานพยาบาลปัจจุบันและอนาคต (กม.).....	90
ตารางที่ 43 ค่าดัชนีการศึกษา พ.ศ. 2559 2569 และ 2589	91
ตารางที่ 44 ค่าดัชนีเศรษฐกิจ พ.ศ. 2559 พ.ศ.2569 และพ.ศ.2589	92
ตารางที่ 45 ค่าดัชนีสาธารณสุข พ.ศ. 2559 พ.ศ.2569 และพ.ศ.2589	93
ตารางที่ 46 ดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2559 2569 และ 2589.....	94
ตารางที่ 47 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยความเปราะบาง	97
ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในสภาวะที่เกิดจากคลื่นพายุ.....	98
ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในที่ไม่มีคลื่นพายุ.....	100



สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 พัฒนาการของแนวคิดหลักในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสิ่งแวดล้อม.....	8
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความแปรปรวน ความเสี่ยงของภัยพิบัติ และความสามารถในการปรับตัว.....	9
ภาพที่ 3 ผังการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ	15
ภาพที่ 4 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม และการประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง LTM.....	21
ภาพที่ 5 พื้นที่ศึกษา.....	23
ภาพที่ 6 ความสูงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา.....	23
ภาพที่ 7 การใช้ที่ดินจังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ. 2558	25
ภาพที่ 8 จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษาระหว่างพ.ศ. 2540 – 2558	26
ภาพที่ 9 อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีของประชากรในพื้นที่ศึกษาพ.ศ. 2540 – 2558	27
ภาพที่ 10 อัตราประชากรวัยฟุ้งฟิง พ.ศ. 2540 – 2558.....	27
ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดสมุทรปราการ	28
ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคน จังหวัดสมุทรปราการ	29
ภาพที่ 13 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในปี พ.ศ. 2545 และ 2556.....	30
ภาพที่ 14 แผนภาพผังการศึกษาวิจัย	32
ภาพที่ 15 แนวคิดการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเล	34
ภาพที่ 16 แผนที่แนวพังกและอัตราการทรุดตัวของแผ่นดิน (มิลลิเมตรต่อปี) ในพื้นที่ศึกษา	35
ภาพที่ 17 แนวการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทั้งหมด	36
ภาพที่ 18 การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของแนวชายฝั่ง ณ จุดใดๆ.....	37
ภาพที่ 19 ผังการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล	39
ภาพที่ 20 ตัวแปรต่างๆ ที่นำเข้ามาในแบบจำลอง LTM ;.....	42
ภาพที่ 21 แผนที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2559	52

ภาพที่ 22	แผนที่ท่วมชายฝั่งในสภาวะคลื่นพายุรายตำบล พ.ศ. 2569	53
ภาพที่ 23	ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2589.....	55
ภาพที่ 24	พื้นที่และความสูงของระดับน้ำท่วมในสภาวะปกติที่ไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569	57
ภาพที่ 25	แผนที่การวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติ พ.ศ. 2569.....	59
ภาพที่ 26	แผนที่พื้นที่ชายฝั่งในพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589	60
ภาพที่ 27	แผนที่การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในพื้นที่ศึกษาปี 2539 ถึง 2559.....	61
ภาพที่ 28	แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเล พ.ศ. 2559.....	62
ภาพที่ 29	แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเล พ.ศ. 2569.....	63
ภาพที่ 30	แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเล พ.ศ. 2589.....	63
ภาพที่ 31	แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติขณะสภาวะปกติ พ.ศ. 2569.....	65
ภาพที่ 32	แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติขณะสภาวะปกติ พ.ศ. 2589	65
ภาพที่ 33	แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ. 2549	67
ภาพที่ 34	แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ. 2559	68
ภาพที่ 35	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมือง ในช่วง พ.ศ.2549 - 2559 .	69
ภาพที่ 36	แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่พยากรณ์ใน พ.ศ. 2569	71
ภาพที่ 37	แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมืองในช่วง พ.ศ. 2559 - 2569.....	72
ภาพที่ 38	แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่พยากรณ์ใน พ.ศ. 2589	73
ภาพที่ 39	การใช้ที่ดินประเภทอื่นที่เปลี่ยนเป็นเมืองในช่วง พ.ศ. 2569 – 2589	74
ภาพที่ 40	แผนที่จำนวนประชากรต่อเซลล์ (900 ตร.ม.) พ.ศ. 2559	77
ภาพที่ 41	แผนที่จำนวนประชากรต่อเซลล์ (900 ตร.ม.) พ.ศ. 2569	77
ภาพที่ 42	แผนที่จำนวนประชากรต่อเซลล์ (900 ตร.ม.) พ.ศ. 2589	78
ภาพที่ 43	อัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงรายปีระหว่าง พ.ศ. 2540 - 2558	79
ภาพที่ 44	แผนที่ดัชนีความอ่อนไหว พ.ศ. 2559	84

ภาพที่ 45 แผนที่ตั้งดัชนีความอ่อนไหว พ.ศ. 2569	84
ภาพที่ 46 แผนที่ตั้งดัชนีความอ่อนไหว พ.ศ. 2589	85
ภาพที่ 47 ค่าเฉลี่ยดัชนีความอ่อนไหวของพื้นที่.....	85
ภาพที่ 48 ระยะทางไปยังสถานพยาบาล (กิโลเมตร)	90
ภาพที่ 49 ระยะทางไปยังสถานพยาบาล พ.ศ. 2559.....	91
ภาพที่ 50 แผนที่ตั้งดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2559	95
ภาพที่ 51 แผนที่ตั้งดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2569	95
ภาพที่ 52 แผนที่ตั้งดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2589	96
ภาพที่ 53 ค่าเฉลี่ยดัชนีความพร้อมในการรับมือ	96
ภาพที่ 54 แผนที่ตั้งดัชนีความเปราะบางในสถานะคลื่นพายุ พ.ศ. 2559	99
ภาพที่ 55 แผนที่ตั้งดัชนีความเปราะบางในสถานะคลื่นพายุ พ.ศ. 2569	99
ภาพที่ 56 แผนที่ตั้งดัชนีความเปราะบางในสถานะคลื่นพายุ พ.ศ. 2589	100
ภาพที่ 57 แผนที่ตั้งดัชนีความเปราะบางในสถานะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569	101
ภาพที่ 58 แผนที่ตั้งดัชนีความเปราะบางในสถานะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2589	102

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กรุงเทพมหานคร เป็นเมืองหลวงของประเทศไทย ตลอดระยะเวลา 235 ปีนับตั้งแต่การสถาปนากรุงรัตนโกสินทร์เป็นราชธานี ด้วยบทบาทที่สำคัญในการเป็นศูนย์กลางการปกครองของประเทศ เป็นที่ตั้งของศูนย์กลางราชการ การบริหาร การแพทย์ และการศึกษาระดับสูงของประเทศ ทำให้เมืองแห่งนี้มีการพัฒนาและเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบันกลายเป็นเอกนคร (Primate City) หรือเมืองที่มีจำนวนประชากรมากกว่าเมืองอันดับที่สองหลายเท่า (กาญจนา ตั้งชลทิพย์ 2550) เพียงแห่งเดียวในประวัติศาสตร์ไทย กล่าวคือใน พ.ศ. 2443 กรุงเทพมหานครมีประชากรมากกว่าเมืองเชียงใหม่กว่า 10 เท่า อีก 60 ปีต่อมา พ.ศ. 2503 มหานครแห่งนี้มีประชากรมากกว่าหาดใหญ่และสงขลา ซึ่งเป็นเมืองอันดับที่สอง ถึง 25 เท่า และใน พ.ศ. 2533 กรุงเทพมหานครมีประชากรมากกว่านครราชสีมามากถึง 28 เท่า (Roachanakanan 2015)

กระบวนการกลายเป็นเมือง (Urbanization) ที่เกิดขึ้นกับกรุงเทพมหานคร ทำให้พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างแผ่ขยายออกไปทุกทิศทางอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เขตเมืองขยาย (Conurbation) คือเมืองขนาดใหญ่เกิดจากการขยายตัวของเมืองสอง หรือหลายเมืองมาชนเป็นเมืองเดียวกัน และมีประชากรเกินหนึ่งล้านคน และกลายเป็นภูมิภาคมหานคร (Metropolitan region) ที่ครอบคลุมพื้นที่ 6 เขตการปกครอง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดปทุมธานี โดยในพ.ศ. 2553 กรุงเทพมหานครมีพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง 2,100 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 80 ของพื้นที่เมืองทั่วประเทศ ซึ่งหากพิจารณาในช่วง พ.ศ. 2543 - 2553 พบว่าการขยายตัวของเมืองกรุงเทพมหานครนั้นเกิดขึ้นในเขตการปกครองกรุงเทพมหานครเพียงร้อยละ 22 ของพื้นที่การขยายตัวทั้งหมด ในขณะที่สมุทรปราการมีพื้นที่การขยายตัวของเมืองร้อยละ 26 และจังหวัดนครปฐมร้อยละ 15 ของการขยายตัวทั้งหมด (WorldBank 2015)

การขยายตัวของเมืองกรุงเทพมหานครส่งผลต่อพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการในอัตราที่สูงกว่าจังหวัดปริมณฑลอื่นๆ จึงแสดงให้เห็นว่าจังหวัดแห่งนี้มีความสำคัญในการรองรับความเจริญของกรุงเทพมหานคร ตัวอย่างเช่น นิคมอุตสาหกรรมบางปู (Bangpoo Industrial Estate) นิคมอุตสาหกรรมแรกของประเทศไทย ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2520 ปัจจุบันมีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 350 โรงงาน อีกทั้งยังเป็นที่ตั้งของสนามบินสุวรรณภูมิ สนามบินหลักของประเทศ นอกจากนี้ในอนาคตจังหวัดสมุทรปราการได้มีการพัฒนาระบบขนส่งระบบรถไฟฟ้าสายสีเขียวเลยขยายฝั่งทะเลสิ้นสุดระยะการเดินทางที่เทศบาลตำบลบางปู อีกทั้งยังมีการวางผังนโยบายตามผังภาคกรุงเทพมหานคร

และปริมาณพล พ.ศ.2600 ให้จังหวัดแห่งนี้เป็นที่อุตสาหกรรมเบาที่สร้างมูลค่าสูง อาทิ คอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ อิเล็กทรอนิกส์ อาหารทะเลแปรรูป เป็นต้น (กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย 2551) การพัฒนาต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเป็นปัจจัยผลักดันที่สำคัญในการดึงดูดการพัฒนา มายังพื้นที่ดังกล่าว ทำให้มีลักษณะกระบวนการกลายเป็นเมืองสูง และมีกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ หลากหลาย (Emiliano Ramieri et al. 2011)

จังหวัดสมุทรปราการนั้นตั้งบริเวณชายฝั่งทะเลปากแม่น้ำเจ้าพระยา ที่มีความสูงภูมิประเทศ สูงเพียง 1-2 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง ทำให้ต้องเผชิญกับภัยธรรมชาติอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการกัดเซาะชายฝั่งที่มีการกัดเซาะเป็นระยะทาง 34 กิโลเมตร น้ำทะเลหนุนสูงเข้าท่วมใน พื้นที่ การรुक้าของน้ำเค็มจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน (กรมทรัพยากรทางทะเลและ ชายฝั่ง 2557) และปัญหาประการสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การทรุดตัวของแผ่นดิน ในพื้นที่ที่ทรุดตัว ลง 2-28 มิลลิเมตรต่อ (I. Trisirisatayawong and P. Cheewinsirawat 2013) การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศของโลกจะทำให้พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการประสบกับภัยเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก พื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดน้ำท่วมชายฝั่งอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของ ความถี่และความรุนแรงของผลกระทบจากปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาไม่ว่าจะเป็นคลื่นพายุซัด ชายฝั่ง หรือปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงมาจากแผ่นดินบริเวณที่สูงกว่า นอกจากนี้การทรุดตัวของแผ่นดิน การเคลื่อนไหวของเปลือกโลก ยังมีส่วนช่วยเพิ่มความรุนแรงของน้ำท่วมชายฝั่งด้วยเช่นกัน (EEA 2008)

พื้นที่ชุมชนชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษา ทำความเข้าใจ คาดการณ์ และประเมินความเปราะบางของพื้นที่ดังกล่าว โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ ขององค์ประกอบความเปราะบาง ได้แก่ การเปิดรับต่อภัยพิบัติ ความอ่อนไหวของพื้นที่ และ ความสามารถในการรับมือ ที่เปลี่ยนแปลงไปในเชิงพื้นที่และเวลา ศึกษาว่าปัจจุบันพื้นที่ศึกษามีดัชนี ความเปราะบางในระดับเท่าใด และดัชนีดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในอนาคต เพื่อให้ ตระหนักถึงสถานะและผลกระทบของภัยต่อพื้นที่ และอีกทั้งให้สามารถกำหนดนโยบายรองรับสิ่ง ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ทัน่วงที

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ
2. เพื่อศึกษาความพร้อมในการรับมือของชุมชนชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ
3. เพื่อประเมินความเปราะบางของพื้นที่และชุมชนจากภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล จังหวัด สมุทรปราการ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตเชิงพื้นที่ประกอบด้วย 10 ตำบลในจังหวัดสมุทรปราการทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลปากน้ำ ตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปูใหม่ ตำบลบางปู และตำบลคลองด่าน และพื้นที่ตำบลตอนในอีก 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลบางปลา ตำบลบางเพรียง ตำบลแพรกษา และตำบลแพรกษาใหม่

ขอบเขตเชิงเวลานั้นเริ่มศึกษาพ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นปีฐานการศึกษา (Baseline year) จากนั้นจึงการพยากรณ์อนาคตข้างหน้า 10 ปีและ 30 ปี กล่าวคือ พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ตามลำดับ

1.4 เนื้อหาการศึกษา

1. คาดการณ์พื้นที่ชายฝั่งที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในอนาคตจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้
 - ปัจจัยด้านน้ำขึ้นน้ำลงสูงสุด
 - การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล
 - การทรุดตัวของแผ่นดิน
 - การกัดเซาะชายฝั่ง
 - พายุไต้ฝุ่นและความสูงของคลื่นพายุ
 - สร้างแผนที่พื้นที่เสี่ยงจากปัจจัยที่พิจารณาในข้างต้น

2. การประเมินความเปราะบางของพื้นที่

2.1 รวบรวมข้อมูลปัจจัยความอ่อนไหวและความสามารถในการรับมือต่างๆ เช่น

- สาธารณสุข (ระยะทางจากโรงพยาบาลไปยังพื้นที่ต่างๆ)
- ประชากร (จำนวนประชากร, อายุ, การศึกษา)
- เศรษฐกิจ (รายได้ต่อหัวประชากร)

2.2 คำนวณดัชนีความเปราะบาง ด้วยวิธีลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic

Hierarchy Process: AHP)

3. จัดทำแผนที่และแสดงผลพื้นที่ความเปราะบางของพื้นที่ศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล และคลื่นพายุ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา
2. ทำให้ทราบความเปราะบางของพื้นที่และชุมชนจากภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล และคลื่นพายุ อำเภอมืองสมุทรปราการ

1.6 นิยามคำศัพท์

ความเปราะบาง (Vulnerability) หมายถึง ระดับที่ระบบอ่อนแอและไม่สามารถรับมือกับผลกระทบในทางลบของน้ำท่วมชายฝั่งทะเล

ภัยพิบัติ (Hazard) หมายถึง ภัยพิบัติตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ได้แก่ ภัยน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากคลื่นพายุ น้ำขึ้นน้ำลง และการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล

การเปิดรับต่อภัยพิบัติ (Exposure) คือ การเปิดรับต่อผลกระทบด้านลบของภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้ท่วมชายฝั่งเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจาก การเพิ่มขึ้นของน้ำทะเล คลื่นพายุซัดชายฝั่ง น้ำขึ้นน้ำลง และการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งนำมาคำนวณร่วมกับการทรุดตัวของแผ่นดินในพื้นที่

ความอ่อนไหว (Sensitivity) คือ ระดับของระบบที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่ง โดยในการศึกษานี้กำหนดให้ปัจจัยด้านการใช้ที่ดินเป็นความอ่อนไหวในระบบธรรมชาติ (Natural system) และปัจจัยทางด้านประชากรเป็นความอ่อนไหวในระบบมนุษย์ (Human System)

ความสามารถในการรับมือ (Coping Capacity) คือ ความสามารถของระบบในการปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งรวมไปถึงการลดความเสียหายของผลกระทบ หรือการปรับตัวให้เข้ากับผลกระทบ

ชุมชนชายฝั่งทะเล (Coastal Community) คือพื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานบริเวณชายฝั่งทะเล โดยในการศึกษานี้ชุมชนชายฝั่งทะเล คือ ตำบลที่ตั้งอยู่ริมชายฝั่งทะเล และลึกเข้าไปในแผ่นดินอีกหนึ่งตำบล ของจังหวัดสมุทรปราการ

คลื่นพายุ (Storm tide) คือ คลื่นที่ซัดชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ ขณะเกิดพายุในอ่าวไทย โดยในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลพายุได้ฝุ่นลินดา

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเลในชายฝั่งทะเลไทย

น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลสามารถเกิดขึ้นได้จากปัจจัยหลายสาเหตุ (R.T. Cooper et al. 2014) ได้แก่ ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น (sea level rise) การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก (plate motion) การทรุดตัวของพื้นดินอันเนื่องมาจากการลดลงของน้ำบาดาล (Land Subsidence) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำขึ้นน้ำลง (Tim L. Webster 2010) เป็นต้น

2.1.1 ปัจจัยการทรุดตัวของพื้นดิน (Land Subsidence)

แผ่นดินบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีการทรุดตัวอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลการติดตามระดับการทรุดตัวของแผ่นดินของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและกรมแผนที่ทหาร ดำเนินการมาตั้งแต่ พ.ศ. 2521 พบว่าบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ระหว่าง พ.ศ. 2521-2550 มีการทรุดตัวสะสมขนาด 108 เซนติเมตร ณ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง เขต บางกะปิ เนื่องจากในพื้นที่นี้มีการสูบน้ำบาดาลอย่างมาก ผลการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินทรุด จากข้อมูลสถานีสังเกตการณ์พบว่า การทรุดตัวของผิวดินส่วนใหญ่ใน พ.ศ. 2550 มีค่าประมาณ 0 – 2 เซนติเมตรต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นดินมีการคืนตัวหรือมีระดับที่สูงขึ้นเล็กน้อย หรือน้อยกว่า 1 เซนติเมตรต่อปี เนื่องจากแรงดันของชั้นน้ำใต้ดินมีระดับที่สูงขึ้น เมื่อพิจารณาการยุบอัดตัวในระดับความลึกต่างๆ พบว่า เริ่มมีการคืนตัวในชั้นดินระดับลึกตั้งแต่ 20 เมตรลงไปด้วยอัตราการคืนตัวปานกลาง 1-2 เซนติเมตรต่อปี (คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2552)

นอกจากนี้ Aobpaet (Aobpaet et al. 2013) ทำการศึกษาการทรุดตัวของแผ่นดินด้วยวิธีการอินเทอร์โฟแกรม (InSAR) ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล โดยใช้ข้อมูล InSAR ระหว่างเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 และทำการตรวจสอบความถูกต้อง (validate) ผลของ InSAR ด้วยการเปรียบเทียบอัตราการปรับระดับ (leveling rates) พบว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวมีอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินสัมพัทธ์สูงสุดประมาณ 30 มิลลิเมตรต่อปี

2.1.2 ปัจจัยการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (Plate motion)

จากการวิจัยการเคลื่อนตัวของแผ่นดินในประเทศไทย (C. Satirapod et al. 2012) ด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) เพื่อการติดตามและสร้างแบบจำลองการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก จากแผ่นดินไหวบริเวณเกาะ สุมาตราและทะเลอันดามัน พบว่าหลังจาก ค.ศ. 2010 ประเทศไทยได้มีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมประมาณ 10.5

- 74.7 เซนติเมตร ซึ่งนักวิจัยได้พบว่าการเคลื่อนที่แนวราบที่ใหญ่ที่สุดอยู่ทางภาคใต้ของประเทศ ในขณะที่ภาคกลางและเหนือมีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมในระดับปานกลางถึงน้อย

2.1.3 ปัจจัยระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น (Sea level rise)

การศึกษาการประเมินน้ำท่วมชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล โดยการสร้างแบบจำลองการคาดการณ์น้ำท่วม ขอบเขตและความลึกของน้ำท่วม นั้นถูกพัฒนาจากการรวมความสูงของคันกันน้ำและประตูระบายน้ำกับความสูงของแผ่นดิน ซึ่งได้มาจากการสำรวจด้วย ไลดาร์ (LiDAR) ซึ่งผลที่ได้คือ ข้อมูลภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ต่อมาจึงคำนวณภูมิประเทศในอนาคต โดยการรวมค่าความสูงในปัจจุบันกับผลของแผ่นดินทรุดตัวและการเคลื่อนที่ของเปลือกโลก สุดท้ายจึงสร้างแบบจำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยตอนบน

ผลของแบบจำลองซึ่งพยากรณ์ปรากฏการณ์อีก 50 ปีข้างหน้า คือบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งจะท่วมสูงกว่า 0.5 เมตร ในฤดูฝน นอกจากนี้ยังแสดงผลว่า พื้นที่เกือบทั้งหมดสามารถป้องกันได้โดยการสร้างคันกันน้ำสูงเพิ่มขึ้นอีก 0.75 เมตร (I. Trisirisatayawong and P. Cheewinsirawat 2013)

2.1.4 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology factors)

ห่ยมความกดอากาศต่ำและพายุหมุนเขตร้อนอาจส่งผลให้เกิดคลื่นพายุ จากระดับน้ำทะเลสูงผิดปกติและทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ซัดเข้าชายฝั่ง ในอดีตนั้นมีพายุไต้ฝุ่น ที่มีความรุนแรงที่ทำให้เกิดคลื่นพายุพัดเข้าชายฝั่งและเกิดความเสียหาย ถึง 6 ลูกด้วยกัน ได้แก่

- พายุไต้ฝุ่น Harriet เกิดขึ้นในพ.ศ. 2505
- พายุไต้ฝุ่น GAY เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2532
- พายุไต้ฝุ่น BECKY เกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2533
- พายุไต้ฝุ่น FRED เกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2534
- พายุไต้ฝุ่น FOREST เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535
- พายุไต้ฝุ่น LINDA เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2540

พายุที่สร้างความเสียหายแก่พื้นที่ที่มีการบันทึกนั้นได้แก่ พายุไต้ฝุ่นเกย์พัดเข้าชายฝั่งที่จังหวัดชุมพร ทำลายพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 183,000 เฮกตาร์ มีผู้เสียชีวิต 400 คน และมีผลกระทบโดยตรงต่อประชาชน 154,000 คน และในพ.ศ. 2540 พายุไต้ฝุ่นลินดาพัดเข้าอ่าวไทยที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นผลให้ประชาชน 30 คนเสียชีวิต สูญหาย 30 คน และพื้นที่ทางการเกษตรมากกว่า 64 เฮกตาร์ ถูกทำลาย ดังนั้นระบบเตือนภัยจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับประชาชนที่

อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว ทว่าปัจจุบันยังไม่มีระบบเตือนภัยคลื่นพายุสำหรับผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย (Jitraporn Phaksopa and Pramot Sojisuporn 2006)

2.1.5 การกัดเซาะชายฝั่ง (Coastal Erosion)

การกัดเซาะชายฝั่งเป็นอีกปัญหาหนึ่งของพื้นที่ชายฝั่งทะเลไทย สาเหตุของการกัดเซาะชายฝั่งนั้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น คลื่นซัดชายฝั่งที่รุนแรง การเปลี่ยนแปลงกระแสน้ำ ปัจจุบันชายฝั่งทะเลไทยประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งยาว 832 กิโลเมตร โดยในจำนวนนี้มีพื้นที่ที่ประสบกับอัตราการกัดเซาะชายฝั่งที่รุนแรง (อัตราการกัดเซาะมากกว่า 5 เมตรต่อปี) กว่า 254 กิโลเมตร (ตารางที่ 1) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง 2557)

ตารางที่ 1 แนวชายฝั่งที่ประสบปัญหาการกัดเซาะจำแนกรายจังหวัด

ลำดับ	จังหวัด	กัดเซาะปานกลาง (กิโลเมตร)	กัดเซาะรุนแรง (กิโลเมตร)	รวม (กิโลเมตร)
1	นครศรีธรรมราช	53	74	127
2	ประจวบคีรีขันธ์	76	2	78
3	ปัตตานี	38	24	62
4	ระยอง	54	0	54
5	สงขลา	41	13	54
6	เพชรบุรี	39	10	49
7	ตราด	47	0	47
8	นราธิวาส	16	28	44
9	สุราษฎร์ธานี	30	8	38
10	จันทบุรี	23	12	35
11	สมุทรปราการ	3	31	34
12	สมุทรสาคร	20	14	34
13	ชุมพร	32	0	32
14	ชลบุรี	25	0	25
15	กระบี่	17	5	22
16	ระนอง	12	8	20
17	ตรัง	15	4	19
18	พังงา	17	0	17

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	จังหวัด	กีดเซาะปานกลาง (กิโลเมตร)	กีดเซาะรุนแรง (กิโลเมตร)	รวม (กิโลเมตร)
19	สตูล	10	7	17
20	ฉะเชิงเทรา	2	6	8
21	ภูเก็ต	5	2	7
22	กรุงเทพมหานคร	0	6	6
23	สมุทรสงคราม	3	0	3
รวม		578	254	832

2.2 แนวคิดการประเมินความเปราะบางของพื้นที่

แนวคิดการวิเคราะห์ความเปราะบางมีพัฒนาการเริ่มแรกโดยการพิจารณาที่ว่าความเปราะบางเป็นปัจจัยเสี่ยงภายในหรือปัจจัยที่มนุษย์คิดว่าจะก่อให้เกิดความเสียหายเท่านั้น ต่อมาแนวคิดความเปราะบางได้ขยายกว้างขึ้นโดยเป็นทั้งปัจจัยความอ่อนแอและความสามารถในการรับมือ และในที่สุดแนวคิดความเปราะบางได้รวมเอาปัจจัยด้านการเปิดรับเข้ามาด้วย ปัจจุบันการวิเคราะห์ความเปราะบางจึงต้องพิจารณาปัจจัยในหลากหลายมิติ ครอบคลุมทั้งด้านกายภาพ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และรัฐ (ภาพที่ 1)

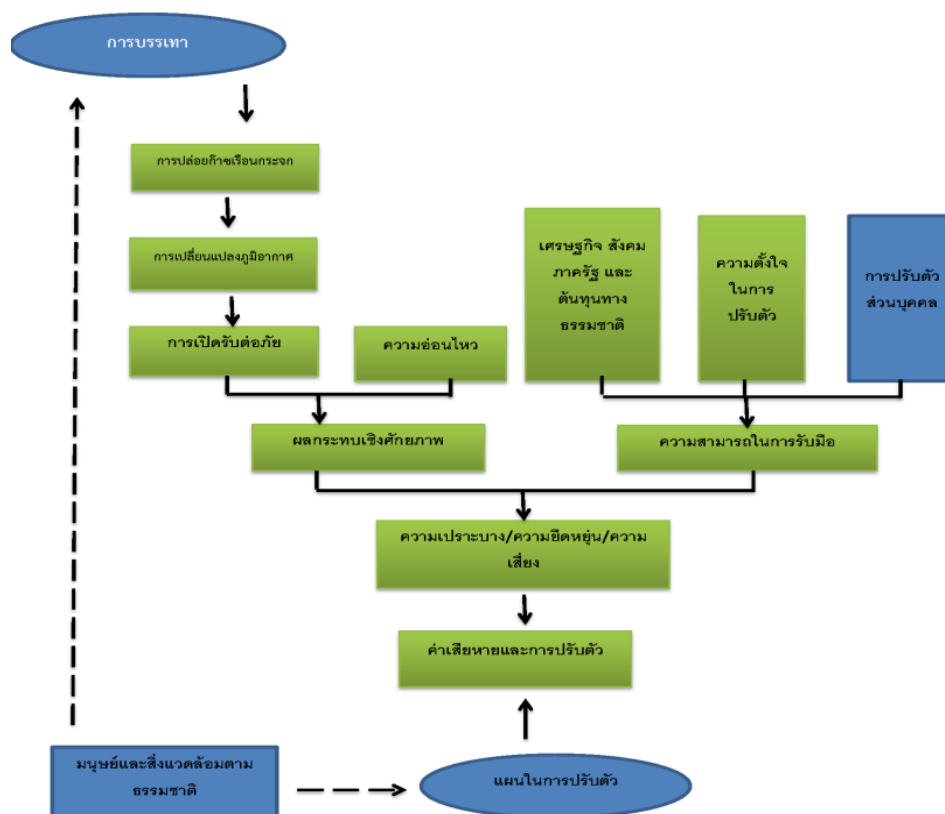


ภาพที่ 1 พัฒนาการของแนวคิดหลักในการวิเคราะห์ความเปราะบางทางสิ่งแวดล้อม

(ดัดแปลงจาก Joern Birkmann, 2005)

พัฒนาการของแนวคิดความเปราะบางทางสิ่งแวดล้อมนั้นมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกดังนี้ กรอบแนวคิดของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เริ่มต้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศมากขึ้นไป จนทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลก โดยพื้นที่หนึ่งๆ นั้นมีการเปิดรับต่อการเปลี่ยนแปลง และความอ่อนไหวต่อภัยธรรมชาติแตกต่างกัน โดยทั้งการเปิดรับและความอ่อนไหว เรียกรวมกันว่า ผลกระทบเชิงศักยภาพของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ส่วนความสามารถในการรับมือที่ขึ้นอยู่กับฐานะทางเศรษฐกิจ สังคม ต้นทุนทางธรรมชาติ ความตั้งใจในการปรับตัว และความสามารถของแต่ละบุคคล

เมื่อพิจารณาผลกระทบเชิงศักยภาพและความสามารถในการปรับตัวของพื้นที่ร่วมกันจะได้รับความเปราะบางของพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ที่มีความเปราะบางมากจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกมากกว่าพื้นที่ที่มีความเปราะบางน้อย วิธีลดความเปราะบางอีกประการหนึ่งคือการวางแผนและนโยบายต่างๆ เพื่อให้สามารถลดความเสียหายและปรับตัวได้ และการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Emiliano Ramieri et al. 2011) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความเปราะบาง ความเสี่ยงของภัยพิบัติ และความสามารถในการปรับตัว

(ดัดแปลงจาก (Emiliano Ramieri et al. 2011)

ทั้งนี้ Kaiser (Gunilla Kaiser) ยังได้จำแนกลักษณะความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่ง ดังนี้

ความเปราะบางด้านสังคม เช่น ประชากรศาสตร์ สุขภาพ การศึกษาและอาชีพ
นโยบาย วัฒนธรรม และฐานะของแต่ละบุคคล

ความเปราะบางด้านเศรษฐกิจ เช่น มูลค่าทุนที่สูญหายไป (capital value at loss)
การสูญเสียที่ดิน แรงงาน และกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

ความเปราะบางด้านนิเวศวิทยา เช่น มูลค่าทางนิเวศวิทยา (ecological values)
และ ความกดดันทางสิ่งแวดล้อม (environmental pressure)

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่า ความเปราะบางนั้นเป็นองค์ประกอบของการเปิดรับต่อภัยธรรมชาติ
ความอ่อนไหว และความสามารถในการรับมือ องค์ประกอบเหล่านี้มีคำนิยามดังนี้ (IPCC:2001)

- การเปิดรับ (Exposure) คือ ผลกระทบด้านลบของภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในพื้นที่

- ความอ่อนไหว (Sensitivity) คือ ระดับที่ระบบถูกรบกวนอย่างใดอย่างหนึ่งทั้งใน
ด้านลบและด้านบวกโดยสิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความแปรปรวนของ
อากาศในด้านความถี่ในการเกิดและความรุนแรง

- ความสามารถในการปรับตัว (Adaptive Capacity) คือ ความสามารถของระบบ
ในการปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งรวมถึงการลดความเสียหายของผลกระทบ หรือ
การปรับตัวให้เข้ากับผลกระทบ

ปัจจัยเหล่านี้สามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปแบบฟังก์ชันของความเปราะบางดังต่อไปนี้
(Oz Sahin 2013)

$$V = f(E, S, AC)$$

สมการที่ 1

โดยที่

V = ความเปราะบาง (Vulnerability)

E = การเปิดรับ (Exposure)

S = ความอ่อนไหว (Sensitivity)

AC = ความสามารถในการปรับตัว (Adaptive Capacity)

จากสมการที่ 1 นั้นไม่ได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความเปราะบางในเชิงพื้นที่และเวลา
(Spatio-temporal) ซึ่งเป็นการตั้งสมมติฐานให้ความเปราะบางนั้นเป็นกระบวนการสถิต (Static
process) แต่ในความเป็นจริงแล้ว ความเปราะบางเป็นกระบวนการพลวัต (Dynamic process)
ดังนั้นเมื่อนำเอาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลามาวิเคราะห์ความเปราะบางแล้วนั้นจะได้สมการ
ที่ 2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัย/แบบจำลอง	Hazard map	HaZus	DC A	DR I	CATSI M	ND VI	SVI-Africa	DD I	PVI	CIMD EN	So VI-USA	SF VI	RI
การเตรียมพร้อม													
สาธารณสุข				X									X
การสูญเสียทางเศรษฐกิจ		X	X		X								X
ความเสียหายของสิ่งปลูกสร้าง		X	X		X			X		X			
ความอ่อนแอต่อสังคม				X					X	X	X	X	X
ความสามารถในการรับมือ													
การรับมือและการฟื้นฟู					X								X
ระดับทางเศรษฐกิจสังคม				X		X	X	X	X	X	X	X	X
ระดับขนาดพื้นที่													
ประเทศหรือนานาชาติ			X	X	X	X	X	X	X				
ภาคหรือจังหวัด		X	X							X	X	X	X
ท้องถิ่นหรือเทศบาล		X	X							X			
ครัวเรือน										X			
ประเภทของภัยพิบัติ													
แผ่นดินไหว	X	X		X	X					X			
ภูเขาไฟระเบิด	X									X			
ภัยแล้ง													
น้ำท่วม	X	X	X	X	X							X	X
พายุ	X	X	X	X	X								
ไม่กำหนดชัดเจน						X	X	X	X		X		

*คำอธิบายคำย่อ

CATSIM; Catastrophe simulation

NDVI; Natural Disaster Vulnerability Indicator

CIMDEN; Household Sector Approach

RI; Resilience Indicator

CDA; Damage and Casualties Assessment

PVI; Prevalent Vulnerability Index

DRI; Disaster Risk Index

SFVI; Social flood Vulnerability Index

2.2.2 วิธีการประเมินความเปราะบาง

การประเมินความเปราะบางนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน โดยหน่วยงานสิ่งแวดล้อมแห่งสหภาพยุโรป (Emiliano Ramieri et al. 2011) ได้แบ่งวิธีการประเมินความเปราะบางออกเป็น 4 แนวทางดังนี้

2.2.2.1 แนวทางที่ยึดตามดัชนี

เป็นการคำนวณความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งทะเลในหนึ่งมิติ และโดยทั่วไปแล้วดัชนีความเสี่ยงจะไม่มีหน่วย กล่าวคือ ดัชนีเหล่านี้จะคำนวณความเปราะบางในเชิงปริมาณหรือถึงปริมาณจากการรวมตัวแปรที่แตกต่างกันเข้าด้วยกันดังสมการที่ 5

$$CVI = \frac{(C_C + C_{CF} + S_{CE})}{3}$$

สมการที่ 5

โดยที่

CVI คือ ดัชนีย่อยของความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่ง (Coastal Vulnerability sub-index)

C_C คือ ดัชนีย่อยของลักษณะชายฝั่งทะเล (Coastal Characterization)

C_F คือ ดัชนีย่อยของปัจจัยที่ผลักดันทำให้เกิดภัย (Coastal forcing sub-index)

S_E คือ ดัชนีย่อยเศรษฐกิจและสังคม (Socio-Economic sub-index)

2.2.2.2 แนวทางที่ยึดตามตัวชี้วัด

เป็นการคำนวณความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งเป็นชุดองค์ประกอบของตัวแปรที่เป็นอิสระ ได้แก่ ตัวการที่ทำให้เกิดความเปราะบาง ความเสี่ยง ผลกระทบ ฯลฯ ซึ่งตัวชี้วัดเหล่านี้จะนำมารวมกันในขั้นตอนสุดท้ายดังสมการที่ 6

$$CVI = SI + P_{RICE} + CUI + UI_{RICE} + AE_{RICE} \quad \text{สมการที่ 6}$$

โดยที่

SI คือ ตัวชี้วัดด้านความอ่อนไหว (Sensitivity Indicator)

P_{RICE} คือ ดัชนีประชากรที่อาศัยอยู่ในรัศมีของจากการกัดเซาะชายฝั่งและน้ำท่วม (Population in Radius of influence of coastal erosion and flooding Indicator)

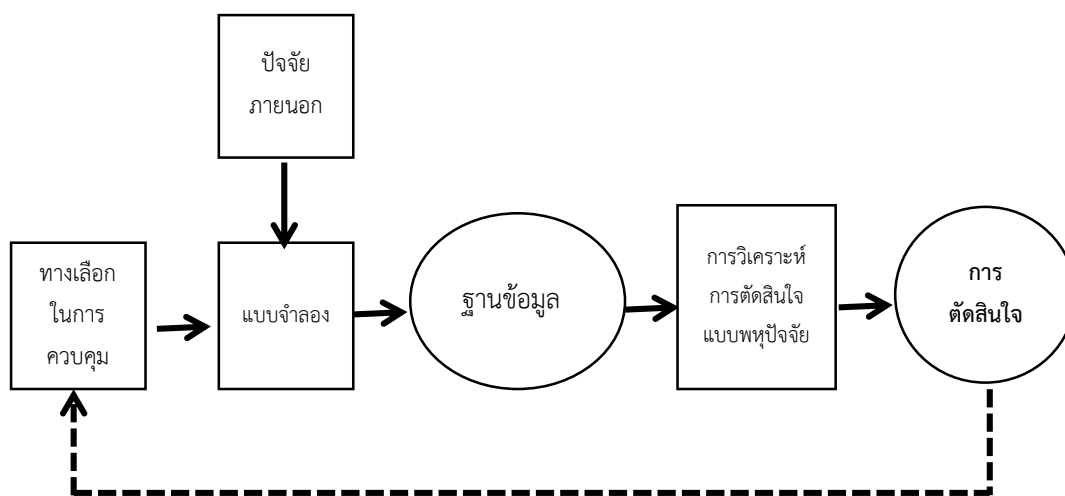
CUI คือ ดัชนีการกลายเป็นเมืองของพื้นที่ชายฝั่งทะเล (Coastal Urbanization Indicator)

UI_{RICE} คือ ดัชนีพื้นที่เขตเมืองและอุตสาหกรรมที่อยู่ในรัศมีของจากการกัดเซาะชายฝั่งและน้ำท่วม (Urban and Industrial area within RICE)

AE_{RICE} คือ พื้นที่ที่มีคุณค่าทางนิเวศวิทยาที่อยู่ในรัศมีของจากการกัดเซาะชายฝั่งและน้ำท่วม (Area of high ecology value within RICE)

2.2.2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

แบบจำลองความเปราะบางที่ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และวิธีการทางระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความเปราะบางของพื้นที่ ซึ่งจะช่วยในการประเมินและจัดการผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่างๆ โดยใช้การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุปัจจัยในการวิเคราะห์ (MCDA) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผังการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

(ดัดแปลงจาก (Emiliano Ramieri et al. 2011)

2.2.2.4 แนวทางที่ยึดตามแบบจำลองพลวัต

แบบจำลองกลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Sector model และ Integrated assessment model โดยแบบจำลอง Sector model ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ความเปราะบางของชายฝั่งทะเลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับชายฝั่ง เช่น การกัดเซาะชายฝั่ง การรुक้าของน้ำเค็ม แต่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการประเมินความเปราะบางชายฝั่งอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกโดยตรง ส่วนแบบจำลอง Integrated assessment model ใช้ในการประเมินความเปราะบางชายฝั่งอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก

แบบจำลองในกลุ่มนี้ ได้แก่ แบบจำลองการประเมินความเสี่ยงของการเกิดการกัดเซาะชายฝั่ง (Risk Assessment of Coastal Erosion: RACE) แบบจำลองการประเมินความสัมพันธ์ของความเปราะบางแบบพลวัต (The Dynamic Interactive Vulnerability Assessment Model :DIVA) โปรแกรมแบบจำลอง SimCLIM แบบจำลองผลกระทบในระดับภูมิภาค (Regional Impact Simulator: RagIS) และแบบจำลอง Delft3D

2.3 ความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งทะเลไทย

สุกัลยา หมวดทอง (สุกัลยา หมวดทอง 2558) ได้นำแนวคิดความเปราะบางมาศึกษาพื้นที่ชายฝั่งทะเล งานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมสำหรับการประเมินชุมชนเมือง อีกทั้งยังได้ศึกษาแผนชุมชนกับการลดความเปราะบางในพื้นที่ศึกษาอีกด้วย งานวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการคัดกรองดัชนีชี้วัดความเปราะบาง ซึ่งรวบรวมได้ทั้งหมด 35 ตัวชี้วัด จากนั้นจึงให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกตัวชี้วัด จนสุดท้ายเหลือตัวชี้วัดในการศึกษาทั้งสิ้น 18 ตัวชี้วัดจากองค์ประกอบทั้ง 3 ของ

ความเปราะบาง กล่าวคือ การเปิดรับ ความอ่อนไหว และความสามารถในการรับมือ จากนั้นสุดท้าย จึงนำตัวชี้วัดทั้ง 18 ตัวชี้วัดมาวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางของพื้นที่ โดยการสำรวจแบบสอบถาม ในผู้คนชุมชนที่ศึกษา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าชุมชนในเทศบาลนครภูเก็ตมีความเปราะบางอยู่ใน ระดับต่ำถึงปานกลาง โดยมีค่าดัชนีความเปราะบางต่ำที่สุด -0.125 และมากที่สุด 0.045 ซึ่งตำบลที่มีความเปราะบางมากที่สุด คือ ชุมชนชุมชนน้ำรัศ ส่วนชุมชนที่มีความเปราะบางน้อยที่สุดคือชุมชนหลัง ศาลากลาง

กัทลี คุรุกุล และกาญจนา นาคะภากร (กัทลี คุรุกุล and กาญจนา นาคะภากร 2557) ได้ ประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาความเปราะบางของชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสาคร โดย ศึกษาปัจจัยด้านการเปิดรับต่อสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ดังนี้ ความสูงของคลื่น ระดับน้ำขึ้นน้ำลง อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคต และปัจจัยความอ่อนไหวประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ดังนี้ ความลาดชันของพื้นที่ อัตราการกัดเซาะชายฝั่ง ความหนาแน่นของประชากร ความหนาแน่นของหลังคาเรือน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และมาตรการป้องกันแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง โดยใช้วิธีการดัชนีความเปราะบางชายฝั่ง (coastal vulnerability index, CVI) ดังสมการที่ 7

$$CVI = \frac{CEI + CSI}{N}$$

สมการที่ 7

โดยที่

CVI คือ ดัชนีความเปราะบางชายฝั่ง (coastal vulnerability index)

CEI คือ การเปิดรับต่อสภาพภูมิอากาศ (climate exposure index)

CSI คือ ดัชนีความอ่อนไหว (coastal sensitivity index)

N คือ จำนวนปัจจัย

ผลการศึกษาพบว่าแนวชายฝั่งของพื้นที่ศึกษามี ความเปราะบาง 4 ระดับ กล่าวคือ มีความเปราะบางต่ำมากถึงความเปราะบางสูง พื้นที่ที่มีความเปราะบางต่ำมาก มีขนาดพื้นที่ 4.42 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีความเปราะบางสูง มีขนาดพื้นที่ 0.56 ตารางกิโลเมตร

นอกจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลสมุทรสงครามแล้ว ยังมีการนำเอาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมา ศึกษาพื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการของไทย โดย Duriyapong and Nakhapakorn (2011) (Farida Duriyapong and Kanchana Nakhapakorn 2011) โดยใช้ดัชนีความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งทะเล (CVI) ซึ่งประกอบด้วยดัชนีย่อย 2 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีความเปราะบางทางด้านกายภาพ (Physical process vulnerability index :PVI) ประกอบด้วยตัวแปรด้าน ความชันของพื้นที่ อัตราการกัดเซาะชายฝั่ง ความสูงระดับทะเลปานกลาง และความสูงคลื่นปานกลาง และดัชนีความเปราะบางทางด้านเศรษฐกิจสังคม (Socio-economic vulnerability index :SVI) ประกอบด้วยตัว

แปรด้านการใช้ที่ดิน ความหนาแน่นประชากร มรดกทางศิลปวัฒนธรรม และการคมนาคม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic hierarchy process: AHP) ซึ่งให้ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ จากนั้นจึงนำมารวมผลเป็นดัชนีความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่ง

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่มีความเปราะบางมากที่สุดครอบคลุมพื้นที่ 1.3 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.45 ของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ที่มีความเปราะบางปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 28 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 9.5 ของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ที่มีความเปราะบน้อยครอบคลุมพื้นที่ 180 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 60.56 ของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ที่มีความเปราะบางต่ำ ครอบคลุมพื้นที่ 88 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 29.52 ของพื้นที่ศึกษา

2.4 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP)

งานวิจัยนี้จะประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยความเปราะบางแยกเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Duriyapong and Nakhapakorn ที่กล่าวมาข้างต้น โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นหนึ่งในวิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ พิจารณา (Multi-criteria decision analysis: MCDA) ซึ่งพัฒนาโดย Saaty ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ระดับ ได้แก่ วัตถุประสงค์ หลักเกณฑ์ และทางเลือก โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ 4 ขั้นตอนหลัก (Alessio Ishizaka and Philippe Nemery 2013)ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาความสำคัญของวิธีนี้คือการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบ (Pairwise comparison) โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้ค่าคะแนน การถ่วงค่าน้ำหนักเป็นสิ่งจำเป็นในแต่ละหลักเกณฑ์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ระดับได้แก่ ค่าถ่วงน้ำหนักรวม (Global alternative criteria) เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของตัวเกณฑ์หลัก ค่าถ่วงน้ำหนักหน่วยย่อย (Local alternative criteria) เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรย่อยที่อยู่ในกลุ่มเกณฑ์หลักโดยมีค่าคะแนนนั้นมีแบบต่างๆ แล้วแต่ลักษณะของการเปรียบเทียบดังนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 มาตราสำหรับการเปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือก

(ดัดแปลงจาก Ishizaka and Nemery:2013)

	สำคัญเท่ากัน	สำคัญน้อยกว่า	สำคัญปานกลาง	สำคัญมากกว่าปานกลาง	สำคัญมาก	สำคัญมากกว่าสำคัญมาก	สำคัญมากๆ	สำคัญกว่าสำคัญมากๆ	สำคัญที่สุด
--	--------------	---------------	--------------	---------------------	----------	----------------------	-----------	--------------------	-------------

linear	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Power	1	4	9	16	25	36	49	64	81
Geometric	1	2	4	8	16	32	64	128	256
Logarithmic	1	1.58	2	2.32	2.58	2.81	3	3.17	3.32
Square root	1	1.41	1.73	2	2.23	2.45	2.65	2.83	3
Asymptotical	1	0.12	0.24	0.36	0.46	0.55	0.63	0.70	0.76
Inverse linear	1	1.13	1.29	1.5	1.8	2.25	3	4.5	9
Balance	1	1.22	1.5	1.68	2.33	3	4	5.67	9

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ ค่าความสำคัญนั้นสามารถคำนวณได้หลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้ โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ Eigenvalue method จากนั้นรวมค่าความสำคัญทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบดัชนีความ การตรวจสอบความสอดคล้อง (Consistency) เนื่องจากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ค่าคะแนนต่างๆ อาจเกิดข้อผิดพลาด (Error) ดังนั้นการตรวจสอบความสอดคล้องจึงมีความจำเป็น ซึ่งเมตริกที่นำมาเปรียบเทียบกับคู่องค์ประกอบ a_{ij} จะมีความสอดคล้องก็ต่อเมื่อเป็นไปตามกฎ Transitivity และ Reciprocity ซึ่งเป็นกฎพื้นฐานของไอเกนเวคเตอร์

กฎ Transitivity (สมการที่ 8)

$$a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj} \quad \text{สมการที่ 8}$$

กฎ Reciprocity (สมการที่ 9)

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{สมการที่ 9}$$

โดยที่

a_{ij} คือ ค่าความสำคัญของปัจจัย i เมื่อเทียบกับปัจจัย j

เมื่อเราทราบถึงค่าความสำคัญ (p_i) ของเมตริกซ์

$$\begin{bmatrix} p_1/p_1 & \cdots & p_1/p_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_n/p_1 & \cdots & p_n/p_n \end{bmatrix}$$

เมื่อนำกฎ Reciprocity มาแทนที่ด้วยค่าความสำคัญดังสมการที่ 10

$$a_{ij} = \frac{p_i}{p_j} \quad \text{สมการที่ 10}$$

กล่าวคือ ค่าความสำคัญของแถวที่ i หารด้วย ค่าความสำคัญของหลักที่ j นั้นเอง

- ค่าดัชนีความสอดคล้องและอัตราส่วนความสอดคล้อง

การให้ค่าน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญที่อาจผิดพลาดได้ จะคำนวณดัชนีความสอดคล้อง เพื่อหาอัตราส่วนความสอดคล้อง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนความสอดคล้องน้อยกว่าร้อยละ 10 เป็นที่ยอมรับว่าข้อมูลจะมีความสอดคล้อง

การคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องจะมีความสัมพันธ์กับหลักการค่าไอเกน (Eigenvalue Method) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ 11

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad \text{สมการที่ 11}$$

โดยที่

CI คือ ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

λ_{\max} คือ ค่าไอเกนที่มากที่สุด

n คือ ขนาดของเมทริกซ์

เมื่อได้ค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วจึงสามารถคำนวณหาอัตราส่วนความสอดคล้องได้ดังสมการที่ 12 ดังนี้

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{สมการที่ 12}$$

โดย **CR** คือ อัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency ratio)

CI คือ ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

RI คือ ดัชนีค่าสุ่ม (Random Index) ได้คำนวณค่าดัชนีการสุ่มตามขนาดเมทริกซ์ดังนี้ (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีการสุ่มตามขนาดเมทริกซ์

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณผลรวมของค่าความสำคัญ เมื่อได้ค่าขั้นตอนสุดท้ายคือการรวมค่าความสำคัญทั้งหมด ซึ่งเป็นผลรวมของค่าการถ่วงน้ำหนักคูณกับค่าความสำคัญของแต่ละตัวแปร สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 13 ดังนี้

$$P_i = \sum_j w_j \cdot p_{ij} \quad \text{สมการที่ 13}$$

โดยที่

P_i คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญที่ i

p_{ij} คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของหน่วยย่อย

w_j คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของเกณฑ์ j

2.5 การคำนวณดัชนีของปัจจัย

งานวิจัยนี้ได้นำตัวแปรต่างๆ ที่มีหน่วยต่างกันนำมาคำนวณ ตัวอย่างเช่น ความลึกน้ำท่วมมีหน่วยเป็นเมตร ความหนาแน่นประชากรมีหน่วยเป็นคนที่พิทเซล ระยะเวลาไปยังโรงพยาบาลมีหน่วยเป็นเมตร เป็นต้น ดังนั้นการจึงจำเป็นต้องทำให้ตัวแปรเหล่านี้ให้เป็นหน่วยเดียวกันเสียก่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำให้ตัวแปรซึ่งมีหน่วยต่างกัดังกล่าวเป็นตัวแปรแทน (Proxy variable) ด้วยวิธีการนอร์มอลไลซ์ทำได้โดยใช้สมการดังนี้ (Gayoung Yoo , 2014)

$$X_I = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad \text{สมการที่ 14}$$

โดย

X_I = ค่าดัชนี

x คือ ค่าแต่ละเซลล์ของปัจจัยต่างๆ

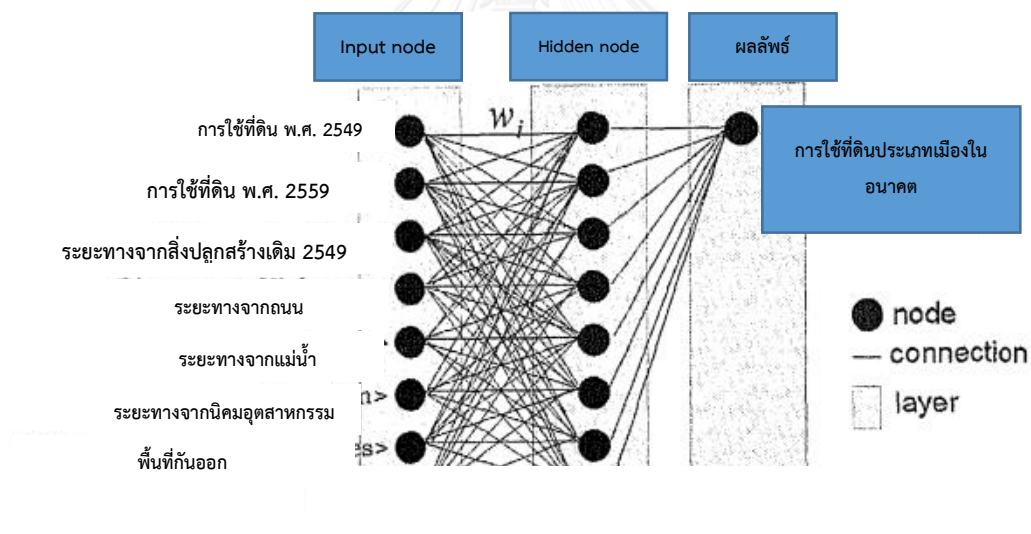
x_{\min} คือ ค่าที่น้อยที่สุดของปัจจัยต่างๆ

x_{\max} คือ ค่าที่มากที่สุดของปัจจัยต่างๆ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการนอร์มอลไลซ์ คือค่าดัชนีที่มีพิสัยของข้อมูล 0 - 1 ทั้งนี้พื้นที่ที่มีดัชนีเท่ากับ 0 หมายถึง พื้นที่ที่มีความสำคัญของดัชนีนั้นน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น เป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบาง การเปิดรับต่อภัย ความอ่อนไหว หรือความสามารถในการรับมือที่น้อยที่สุด ส่วนพื้นที่ที่มีดัชนีเท่ากับ 1 เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญของดัชนีของปัจจัยนั้นมากที่สุด ตัวอย่างเช่น มีความเปราะบาง การเปิดรับต่อภัย ความอ่อนไหว หรือความสามารถในการรับมือมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา

2.6 การพยากรณ์การใช้ที่ดินในอนาคต

การพยากรณ์การใช้ที่ดินในอนาคตในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองแบบจำลอง Land transformation model พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย Purdue เพื่อใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยแบบจำลอง LTM นั้นได้รวมระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ โครงข่ายประสาทเทียม หรือ artificial neural network (Joern Birkmann) สถิติทางพื้นที่ และข้อมูลการรับรู้ระยะไกลเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต ในการทำงานของ ANN นั้นตัวแปรต่างๆ จะถูกนำเข้ากระบวนการโครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยสี่ส่วนที่สำคัญได้แก่ input node hidden node output node และเส้นค่าน้ำหนักระหว่าง node (connection weight) กระบวนการเรียนรู้ของ ANN จะเปรียบเทียบค่า fitted กับค่า observed โดยการใช้ mean squared error (MSE) ประมาณค่า ซึ่งการกระทำแต่ละรอบจะเรียกว่า รอบ (cycle) โดยทั่วไปแล้ว ANN จะทำการ training มากถึง 250,000 รอบ แต่ในแบบจำลอง LTM กำหนดให้ ANN ทำการ training ถึง 10,000 รอบ เท่านั้น โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมและการประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง LTM ที่นำมาวิเคราะห์ในการศึกษานี้เป็นไปตามภาพที่ 4 (Pijanowski et al 2006)



ภาพที่ 4 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม และการประยุกต์ใช้ในแบบจำลอง LTM (ดัดแปลงจาก Pijanowski et al, 2006)

บทที่ 3

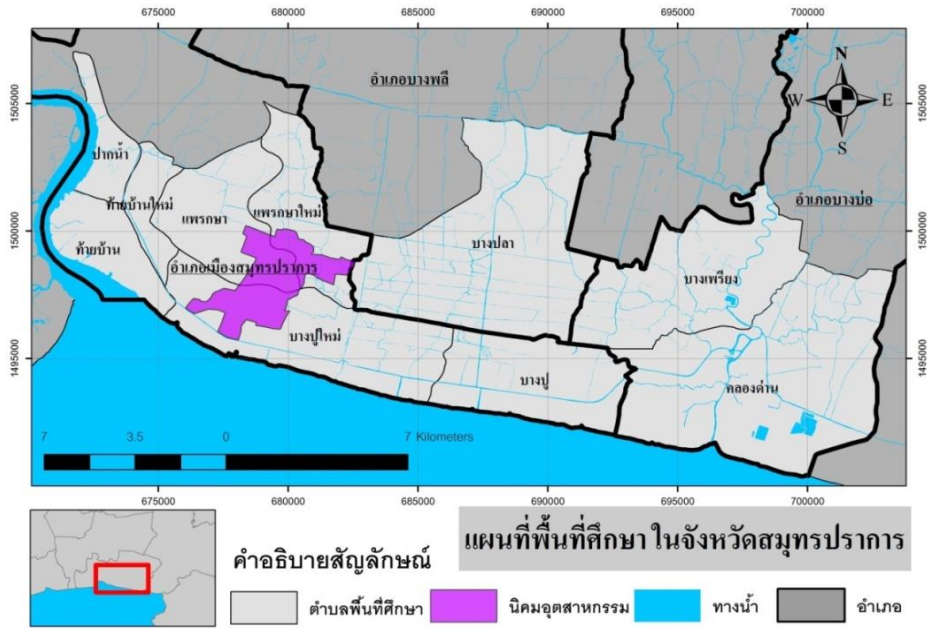
พื้นที่ศึกษา

3.1 ที่ตั้ง

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 10 ตำบลในจังหวัดสมุทรปราการทางฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 4) ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 247.58 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล 5 ตำบลได้แก่ ตำบลปากน้ำ ตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปูใหม่ ตำบลบางปู และตำบลคลองด่าน รวมความยาวชายฝั่งทะเลทั้งสิ้น 67.66 กิโลเมตร

ตารางที่ 5 เขตการปกครองของพื้นที่ศึกษา

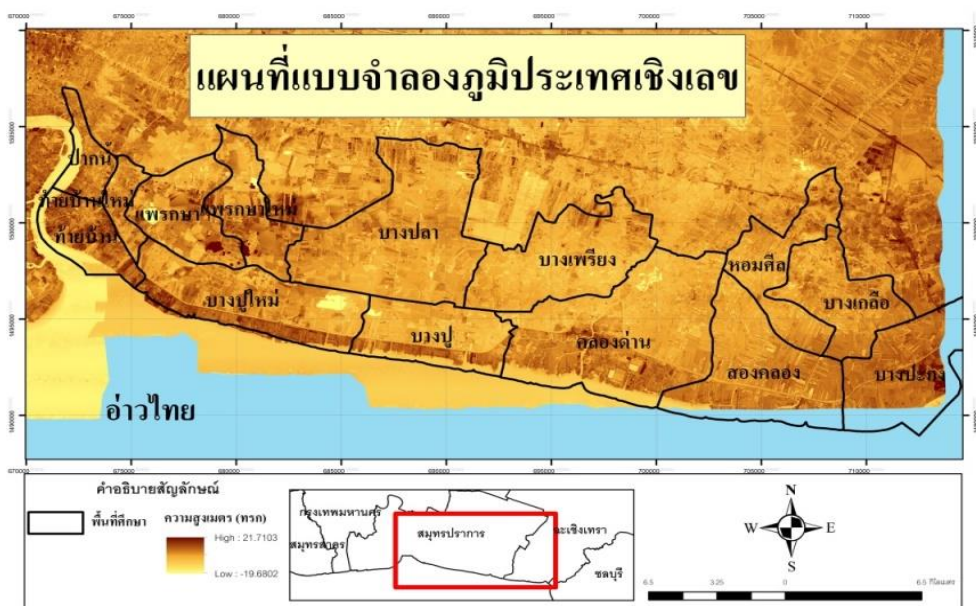
ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	สถานะ/หน่วยทางการปกครอง	พื้นที่ตำบล (ตร.กม.)
1	ปากน้ำ	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	เทศบาลนครสมุทรปราการ	6.470
2	บ้านท้ายใหม่	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลบางปู	6.018
3	ท้ายบ้าน	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลบางปู	10.853
4	บางปูใหม่	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลบางปู	33.421
5	บางปู	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลบางปู	19.612
6	แพรกษา	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลแพรกษา	19.35
7	แพรกษาใหม่	เมืองสมุทรปราการ	สมุทรปราการ	องค์การบริหารส่วนตำบล	16.525
8	บางปลา	บางพลี	สมุทรปราการ	องค์การบริหารส่วนตำบล	51.097
9	บางเพรียง	บางบ่อ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลบางเพรียง	33.057
10	คลองด่าน	บางบ่อ	สมุทรปราการ	เทศบาลตำบลคลองด่าน	51.182



ภาพที่ 5 พื้นที่ศึกษา

3.2 ลักษณะทางกายภาพ

พื้นที่ศึกษามีลักษณะราบเรียบมีความสูงเฉลี่ย 0.793 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง โดยมีจุดสูงที่สุด 20.645 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง และต่ำที่สุดที่ ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง 9.989 เมตร โดยพื้นที่ที่ติดกับชายทะเลและริมตลิ่งแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีความสูงภูมิประเทศสูงกว่าแผ่นดินตอนใน ชายฝั่งของพื้นที่ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน หรือ อ่าวตัว ก. ชายหาดทั้งหมดเป็นหาดโคลน (ภาพที่ 6)



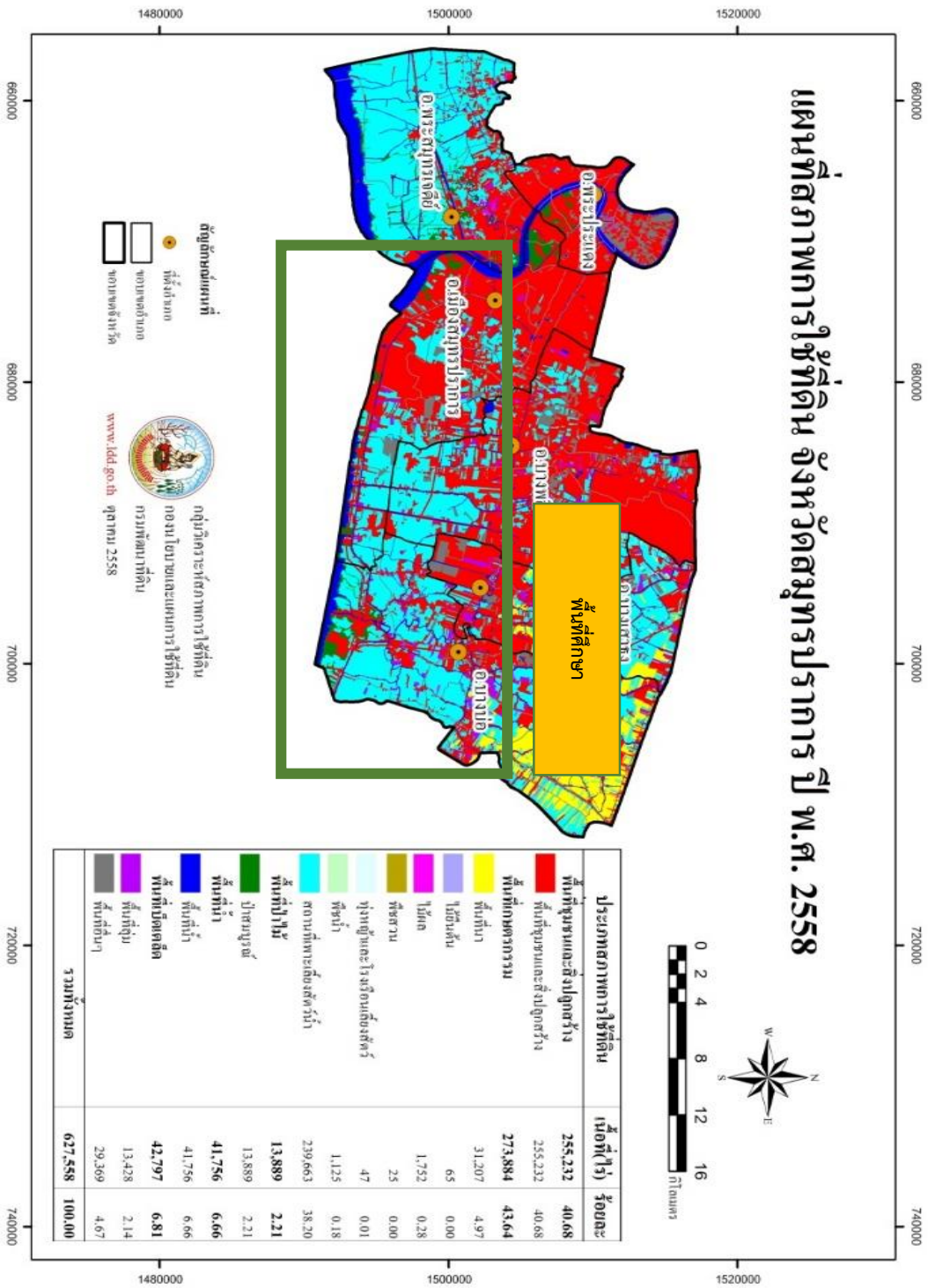
ภาพที่ 6 ความสูงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

3.3 ลักษณะการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2558 นั้นจังหวัดสมุทรปราการมีลักษณะการใช้ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) (ตารางที่ 6) เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ส่วน พื้นที่ป่าไม้มีสัดส่วนน้อยที่สุด โดยมีพื้นที่เพียงร้อยละ 2.21 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด หากพิจารณาเฉพาะพื้นที่ศึกษาทั้ง 10 ตำบลพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างโดยส่วนมากกระจายตัวอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษาในตำบลปากน้ำ ท้ายบ้าน และท้ายบ้านใหม่ รูปแบบทางพื้นที่ของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้จะมีการกระจาย ตัวอยู่ตลอดแนวถนนสุขุมวิท สำหรับประเภทการใช้ที่ดินรองลงมาคือ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนี้บางบริเวณของชายฝั่งทะเลเป็นมีพื้นที่ป่าชายเลนประเภทป่าโกงกางอีกด้วย (ภาพที่ 7)

ตารางที่ 6 การใช้ที่ดิน ของจังหวัดสมุทรปราการปี พ.ศ. 2558

ลำดับ	ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
1	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	159.52	40.68
2	พื้นที่เกษตรกรรม	171.18	43.64
3	ป่าไม้	8.68	2.21
4	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	26.75	6.66
5	พื้นที่แหล่งน้ำ	26.1	6.81
6	รวม	392.23	100

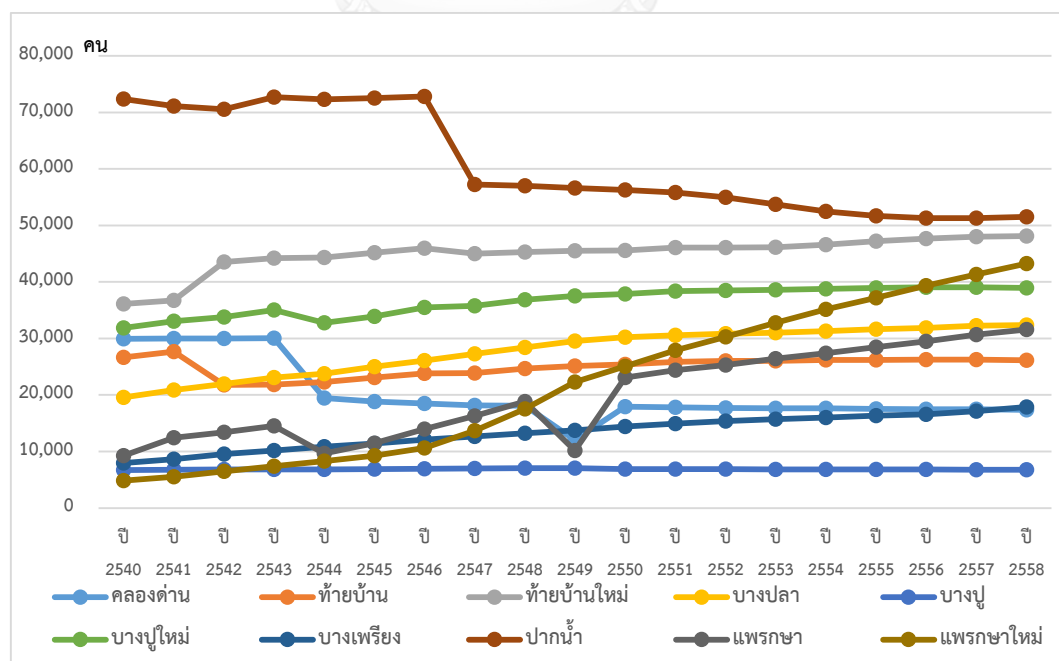


ภาพที่ 7 การใช้ที่ดินจังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ. 2558
 (ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2559)

3.4 ลักษณะประชากร

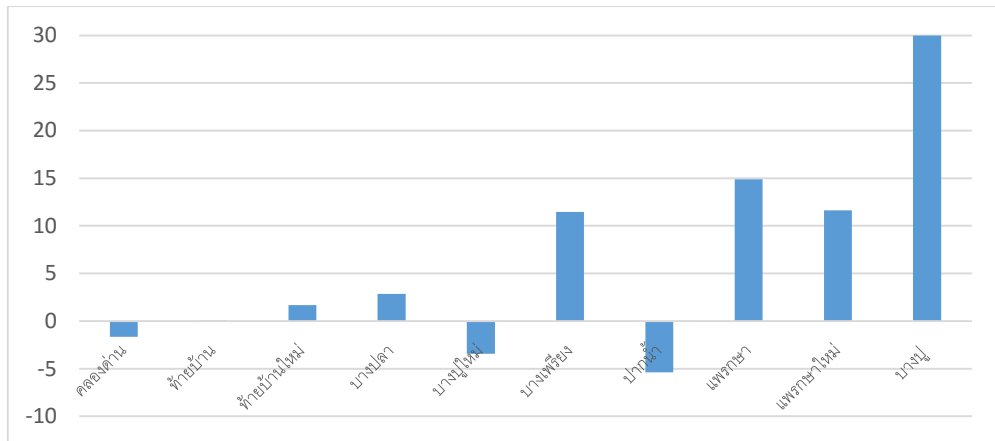
ประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2558 มีจำนวนทั้งสิ้น 313,978 คน ใน 139,536 ครัวเรือน โดยประชากรอาศัยอยู่มากในตำบลที่มีพื้นที่ติดปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเล ได้แก่ ตำบลปากน้ำ (เทศบาลนครสมุทรปราการ) ตำบลบ้านท้ายใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่รองรับความเจริญจากเทศบาลนครสมุทรปราการ ตำบลบางปูใหม่ ตำบลแพรกษา และตำบลแพรกษาใหม่ (ภาพที่ 8) สำหรับอัตราการเติบโตเฉลี่ยรายปีของประชากรในพื้นที่ศึกษานั้น ตำบลที่มีอัตราการเติบโตของประชากรเฉลี่ยต่อปีสูงที่สุดคือตำบลบางปู แพรกษา และบางเพรียง ตามลำดับ (ภาพที่ 9) ในขณะที่ตำบลปากน้ำมีอัตราการเติบโตของประชากรน้อยที่สุดกล่าวคืออัตราการเติบโตลดลงมากถึงร้อยละ 5.38 ต่อปี

ข้อมูลที่กำลังข้างต้นนั้นเป็นข้อมูลตามทะเบียนราษฎร์ กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ซึ่งไม่นับรวมประชากรแฝงที่เข้ามายังพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ทั้งนี้ตามข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ.2557 จังหวัดสมุทรปราการ มากที่สุดจังหวัดหนึ่งของประเทศ กล่าวคือ มีจำนวนประชากรแฝงกลางวัน (Commuter population) หรือ คนที่เข้ามาทำงานและเรียนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในจังหวัดที่ตนเองไม่ได้อาศัยอยู่ ประเภทที่เข้ามาเรียนหนังสือ จำนวนทั้งสิ้น 38,200 คน และมีจำนวนประชากรแฝงกลางวันที่เข้ามาทำงานจำนวนทั้งสิ้น 79,400 คน นอกจากนี้จังหวัดสมุทรปราการยังมีประชากรแฝงกลางคืน (Non-register population) หรือ ผู้ที่อยู่อาศัยประจำในจังหวัดประจำในจังหวัดนั้นๆ โดยไม่มีรายชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านในจังหวัดที่ตนเองอาศัยอยู่ มากกว่าจำนวนประชากรแฝงกลางวันกว่า 10 เท่า หรือคิดเป็นจำนวน 669,900 คน



ภาพที่ 8 จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษาระหว่างพ.ศ. 2540 - 2558

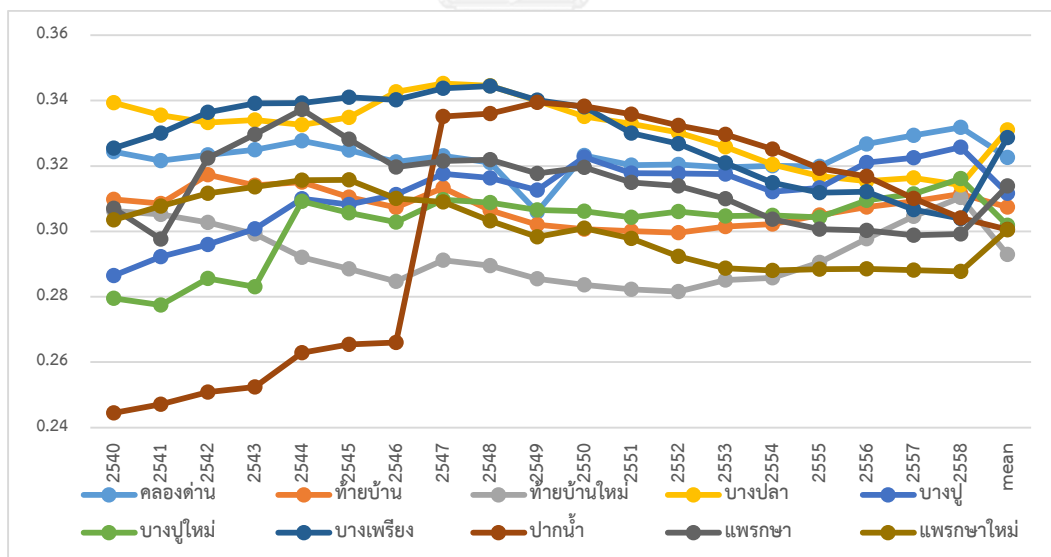
(ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559)



ภาพที่ 9 อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีของประชากรในพื้นที่ศึกษาพ.ศ. 2540 – 2558

(ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559) จำนวนโดยผู้วิจัย

อัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงในพื้นที่ศึกษานั้น ถือว่าอยู่ในระดับสูง ใน พ.ศ.2540 ตำบลที่มีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงที่สูงที่สุดได้แก่ ตำบลบางปลา บางเพรียง และคลองด่าน ในขณะที่ พ.ศ. 2558 ตำบลที่มีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงมากที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน บางปู และบางปูใหม่ ตามลำดับ ทั้งนี้หากพิจารณาอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงระหว่าง พ.ศ. 2540 – 2558 พบว่าตำบลที่มีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงสูงเฉลี่ยที่สุดได้แก่ ตำบลบางปลา บางปูใหม่ และคลองด่านตามลำดับ (ภาพที่ 10)

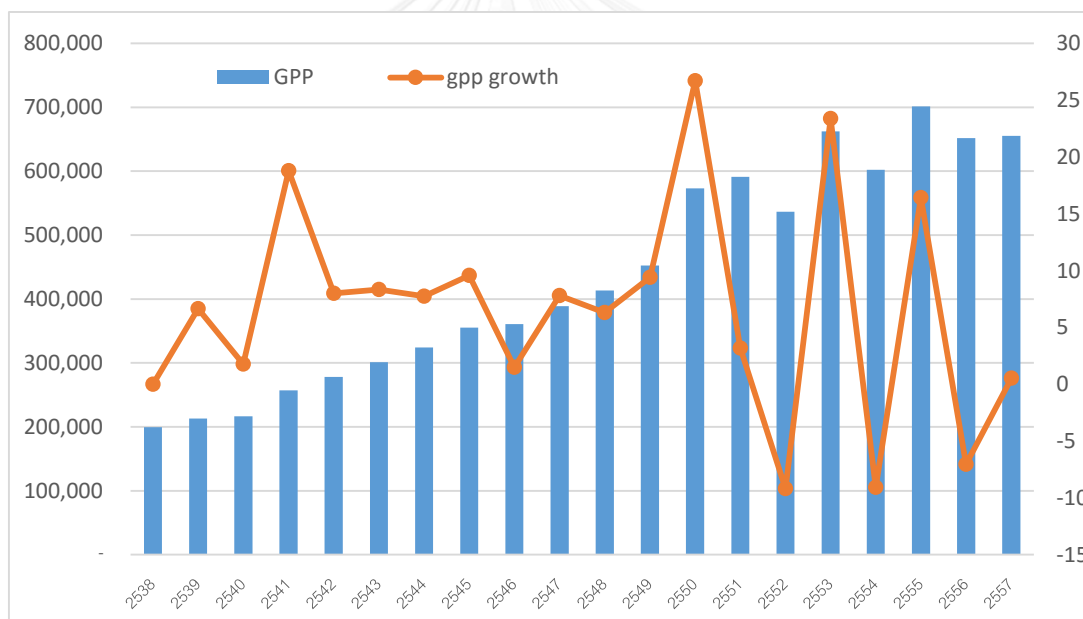


ภาพที่ 10 อัตราประชากรวัยพึ่งพิง พ.ศ. 2540 – 2558

(ที่มา: กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย) จำนวนโดยผู้วิจัย

3.5 ลักษณะทางเศรษฐกิจ

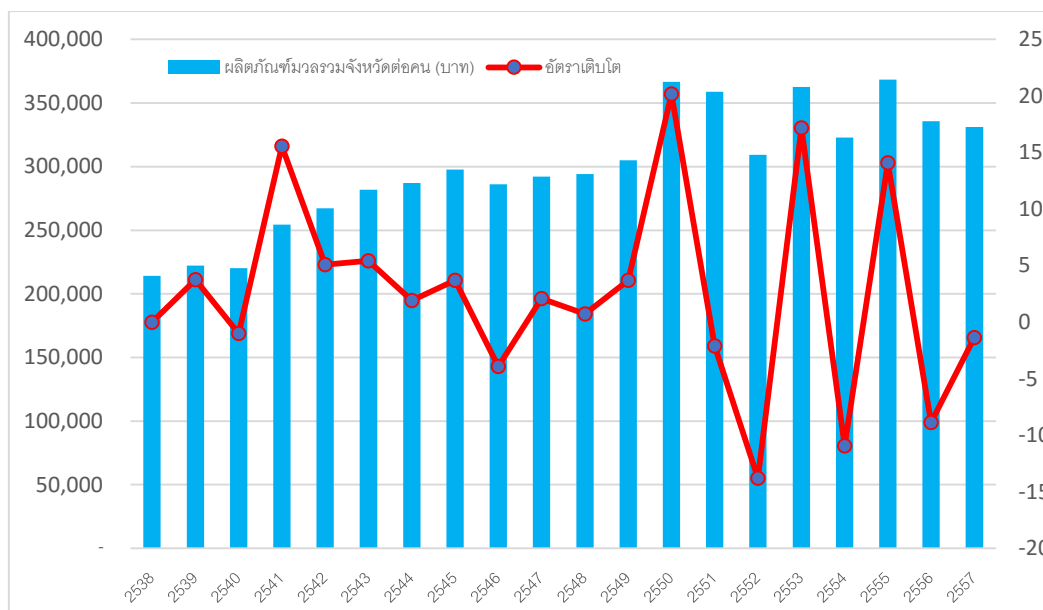
ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการ ใน พ.ศ. 2557 มีมูลค่าทั้งสิ้น 655,304 ล้านบาท โดยรายได้หลักมาจาก ภาคอุตสาหกรรม ภาคพาณิชย์รวมทั้งการค้าส่งและการค้าปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคลและของใช้ในครัวเรือน สำหรับภาคเกษตรกรรม รายได้หลักส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการประมง ทั้งนี้ตลอดระยะเวลา 20 ปีระหว่าง พ.ศ. 2538 – 2557 จังหวัดสมุทรปราการมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด อยู่ที่ร้อยละ 6.88 ต่อปี (ภาพที่ 11) หากนำผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการมาหารด้วย จำนวนประชากรทั้งจังหวัด เป็นผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดต่อคน (GPP per Capita) พบว่า พ.ศ. 2557 จังหวัดสมุทรปราการมีผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคนมูลค่า 352,296 บาท โดยมีอัตราการเติบโตระหว่างพ.ศ. 2538 – 2557 เฉลี่ยที่ร้อยละ 2.7 ต่อปี (ภาพที่ 12) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)



ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดสมุทรปราการ

GPP คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดสมุทรปราการ และ GPP growth คืออัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อปี

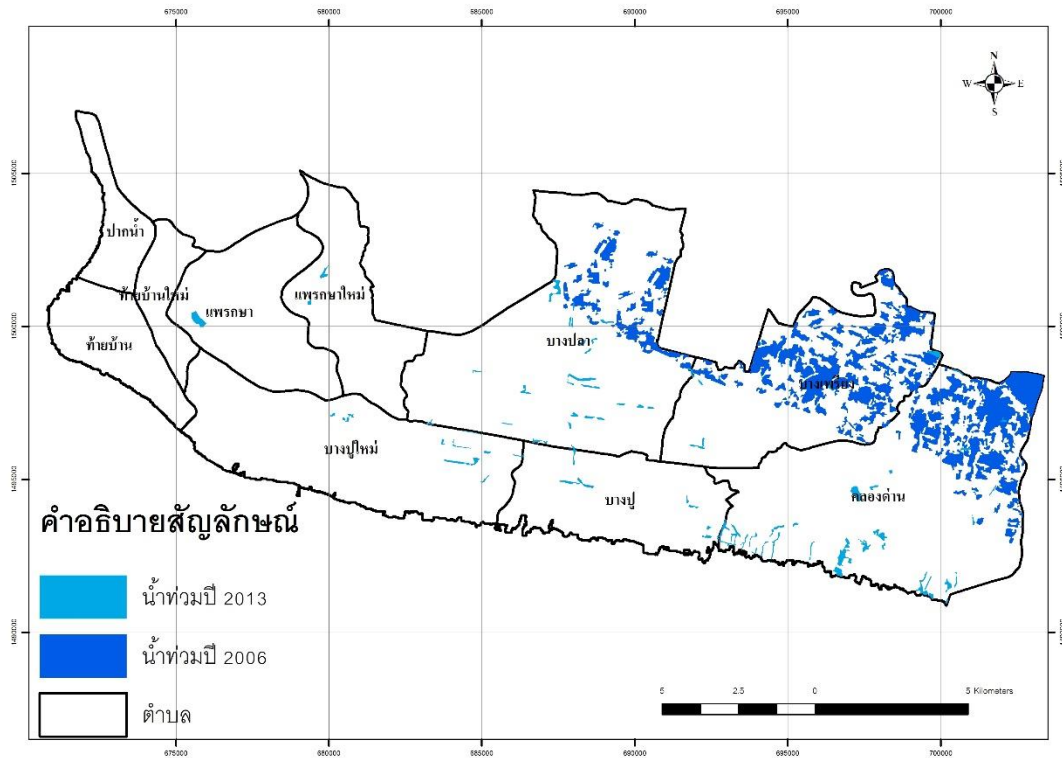
(ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558 คำนวณโดยผู้วิจัย)



ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคน จังหวัดสมุทรปราการ
(ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558 คำนวณโดยผู้วิจัย)

3.6 อุทกภัย

จากฐานข้อมูลน้ำท่วม โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมรายปีของทั้งประเทศ ตั้งแต่พ.ศ. 2548 - 2558 พบว่าพื้นที่ศึกษาประสบอุทกภัยเพียง 2 ปี เท่านั้น กล่าวคือ ในพ.ศ. 2545 และพ.ศ. 2556 โดยพ.ศ. 2545 มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทั้งสิ้น 18.148 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ตำบลคลองด่าน บางเพรียง และบางปลา ส่วนในปี พ.ศ. 2556 นั้นมีพื้นที่ประสบอุทกภัยน้อยกว่าพ.ศ. 2545 มาก โดยมีพื้นที่ประสบอุทกภัยมีเพียง 2.279 ตารางกิโลเมตร ซึ่งกระจายทั่วพื้นที่ศึกษาโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งตำบลคลองด่าน (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยในปี พ.ศ. 2545 และ 2556
(ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2560)

บทที่ 4 วิธีการศึกษา

การวิเคราะห์ความเปราะบางของพื้นที่ชุมชนชายฝั่งทะเลในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์แนวคิดการประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งทะเลของ Yoo et al.(2014) ดังสมการที่ 15

$$VI=(E+S)- CC$$

สมการที่ 15

เมื่อ V = ความเปราะบาง (Vulnerability)

E = ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ (Exposure)

S = ปัจจัยความอ่อนไหว (Sensitivity)

CC = ปัจจัยความสามารถในรับมือ (Coping Capacity)

ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงแรสเตอร์ (Raster based-Analysis) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้คือค่าดัชนีความเปราะบางของแต่ละเซลล์ของแรสเตอร์ ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซต เนื่องจากเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ละเอียดน้อยที่สุดของงานวิจัย ทั้งนี้แต่ละปัจจัยในงานวิจัยนี้จะมียอดประกอบย่อยที่นำมาวิเคราะห์ดังนี้

- ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วมชายฝั่งเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และการกัดเซาะชายฝั่งทะเล

- ปัจจัยความอ่อนไหว ได้แก่ การใช้ที่ดิน ความหนาแน่นประชากร และอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง

- ปัจจัยความสามารถในการรับมือ ได้แก่ รายได้ต่อหัวประชากร ระยะทางจากสถานพยาบาล และ อัตราส่วนประชากรที่ศึกษาในระดับอุดมศึกษา

จากแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้นทำให้การศึกษานี้แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ การวิเคราะห์ปัจจัยความอ่อนไหว การวิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัว และสุดท้ายจึงเป็นการนำผลการศึกษาทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นดัชนีความเปราะบาง โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แผนภาพผังการศึกษาวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ

4.1.1 การวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

ในอดีตที่ผ่านมาไม่มีการบันทึกข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นในการศึกษานี้ผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Scenario) ขึ้นในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลต่างๆ ในตารางที่ 7 มาวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลขึ้นมา

ตารางที่ 7 ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเล

ลำดับ	ข้อมูล	ที่มา
1	ความสูงของคลื่นพายุไต้ฝุ่นลินดา	กรมอุตุนิยมวิทยา
2	ความเร็วของคลื่นทะเล	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA)
3	ระดับน้ำขึ้นน้ำลงสูงสุดของ พ.ศ. 2559	กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ
4	อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำทะเล	Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2013
5	แบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (DEM)	Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2013
6	อัตราการทรุดตัวของแผ่นดิน	Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2013

แนวคิดการสร้างแบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลนั้นคือการคำนวณปริมาตรของน้ำทะเลที่ไหลล้นพังกั้นเข้ามาท่วมในแผ่นดินพื้นที่ศึกษา โดยการคำนวณปริมาตรทะเลที่ไหลล้นเป็นไปตามสมการที่ 16

$$V = c * h * l * t$$

สมการที่ 16

โดยที่

V (Volume) คือ ปริมาตรของน้ำทะเลที่ไหลล้นจากพังกั้นน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)

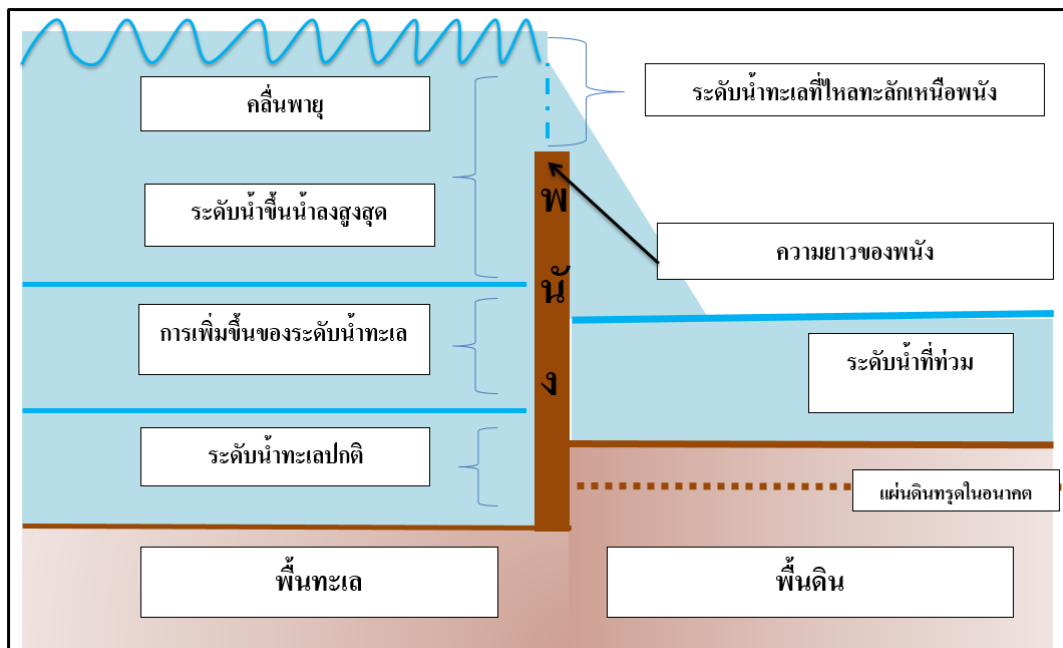
c (Wave celerity) คือ ความเร็วของคลื่น (เมตรต่อวินาที)

h (Dike height) คือ ความสูงของคลื่นที่ไหลทะลักพังกั้น (เมตร)

l (Dike length) คือ ความยาวของพังกั้น (เมตร)

t (Time) คือ ระยะเวลาทั้งหมดที่น้ำทะเลไหลล้นพังกั้นเข้ามา (นาที)

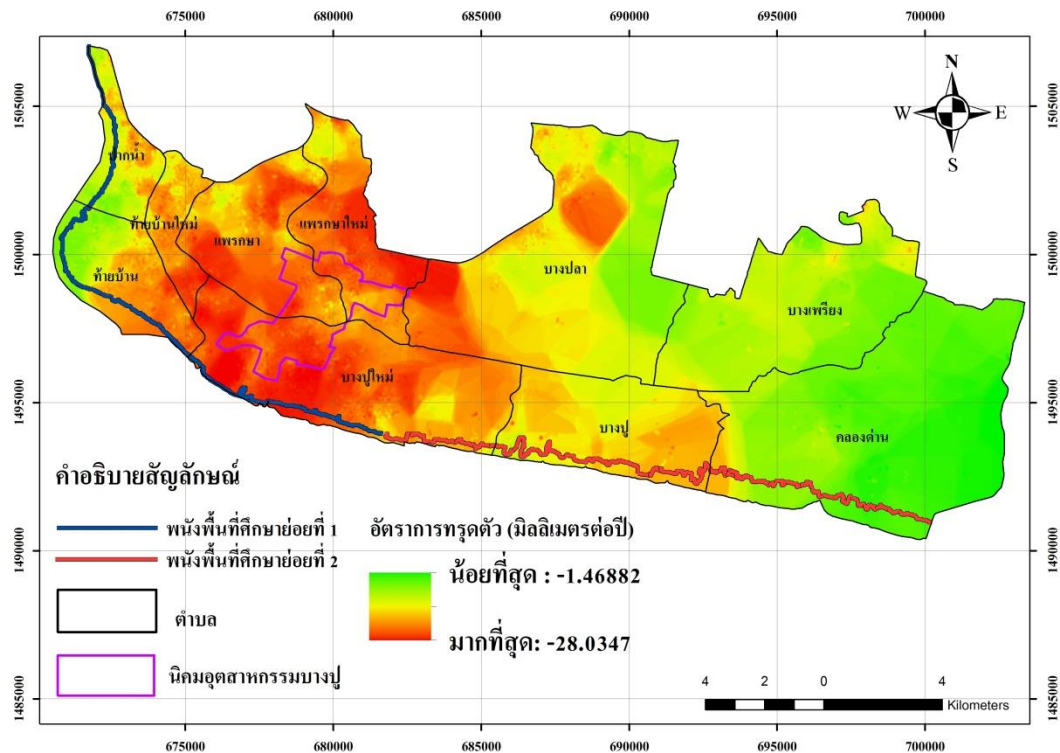
เมื่อได้ปริมาณน้ำแล้วจึงคำนวณพื้นที่น้ำท่วม โดยกระจายปริมาณน้ำที่ไหลล้นจากพนังไปบนพื้นที่ด้วยหลักการคำนวณปริมาตรระหว่างสองพื้นผิวแบบตัดและเติม (Cut and Fill) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นผิวแรกคือความสูงของน้ำท่วมเหนือระดับทะเลปานกลาง โดยพื้นที่ที่รองรับน้ำท่วมจะต้องเท่ากับปริมาตรที่คำนวณในสมการที่ 14 ที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ผลที่ได้จากการคำนวณพื้นที่น้ำท่วมคือ ความสูงของระดับน้ำท่วม (Flood Depth) และขอบเขตน้ำที่ท่วม (Flood Extent) (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 แนวคิดการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเล

ทว่าเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาเข้าร่วมด้วยนั้น พื้นที่ชายฝั่งทะเลสมุทรปราการเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่อัตราการทรุดตัวของแผ่นดินในอนาคต ซึ่งส่งผลทำให้ความสูงของพนังลดลงไม่เท่ากันทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์ง่ายขึ้นผู้วิจัยจึงแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 พื้นที่ศึกษาย่อย จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยความสูงของพนังในแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นตัวแทนค่าความสูงของพนังแต่ละส่วน สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ส่งผลให้อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นในอัตรา 5 มิลลิเมตรต่อปี (Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2013) ทำให้พ.ศ. 2569 มีระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 5 เซนติเมตร และ พ.ศ. 2589 ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มสูงขึ้น 15 เซนติเมตร จากพ.ศ. 2559 ส่วนปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา คือการเกิดพายุในบริเวณอ่าวไทย ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นพายุ (Strom tide) ขึ้น ดังนั้นแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้จึงแบ่งเป็น 2 สภาวะได้แก่ สภาวะที่เกิดคลื่นพายุ และ

สภาวะปกติที่ไม่เกิดคลื่นพายุ โดยในการพยากรณ์แบบจำลองสถานการณ์ในอนาคตจะมีการปรับแก้ การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นร่วมด้วย (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 แผนที่แนวพนังและอัตราการทรุดตัวของแผ่นดิน (มิลลิเมตรต่อปี) ในพื้นที่ศึกษา

กล่าวโดยสรุปคือในงานวิจัยนี้จะสร้างแบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลปี ละ 2 สถานการณ์รวมทั้งสิ้น 6 แบบจำลองสถานการณ์ ได้แก่

- แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในสภาวะที่เกิดคลื่นพายุ พ.ศ. 2559
- แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในสภาวะปกติที่ไม่เกิดคลื่นพายุ พ.ศ. 2559
- แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในสภาวะที่เกิดคลื่นพายุ พ.ศ. 2569
- แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในสภาวะปกติที่ไม่เกิดคลื่นพายุ พ.ศ. 2569
- แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในสภาวะที่เกิดคลื่นพายุ พ.ศ. 2589
- แบบจำลองสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลในสภาวะปกติที่ไม่เกิดคลื่นพายุ พ.ศ. 2589

4.1.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเล

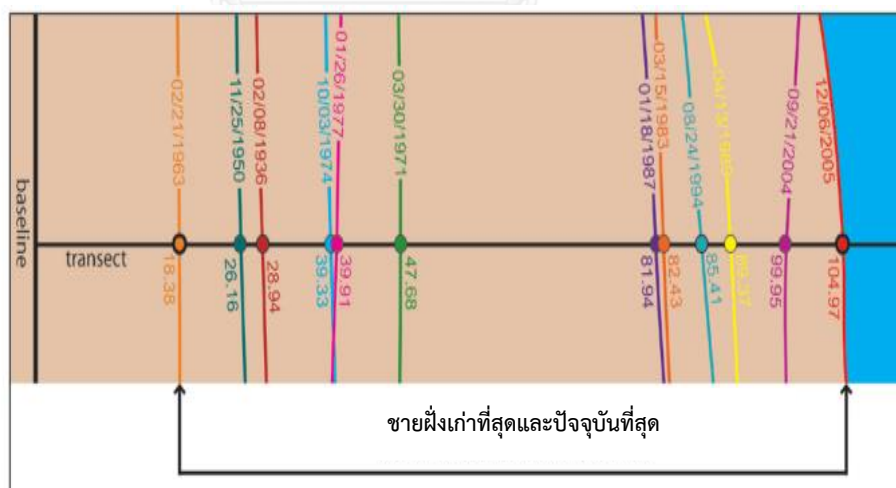
การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง ได้แก่ อัตราการกัดเซาะและการทับถมตะกอนของ ชายฝั่ง ศึกษาโดยแปลสภาพภาพถ่ายดาวเทียมสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยการใช้เครื่องมือ

เสริม (Extension) ในซอฟต์แวร์ ArcGIS ชื่อว่า Digital Shoreline Analysis System (DSAS) เพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเล และวิเคราะห์หาอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งการวิเคราะห์โดยเครื่องมือนี้อาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยไม่ได้พิจารณากระบวนการทางฟิสิกส์หรือใช้ปัจจัยทางกายภาพ เช่น การทับถมของตะกอนจากแม่น้ำที่ไหลลงทะเลในการคำนวณ โดย DSAS จะนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงในหน่วยเมตรต่อปี (E.A. Himmelstoss 2009) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์มีดังนี้

- พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง (Shoreline Change Envelope: SCE) คือพื้นที่ที่เกิดการกัดเซาะของชายฝั่งทะเล ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด

- การเปลี่ยนแปลงสุทธิ (Net Shoreline Movement: NSM) เป็นระยะทางที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง โดยแสดงระยะทางจากชายฝั่งที่เก่าและปัจจุบันเท่านั้น

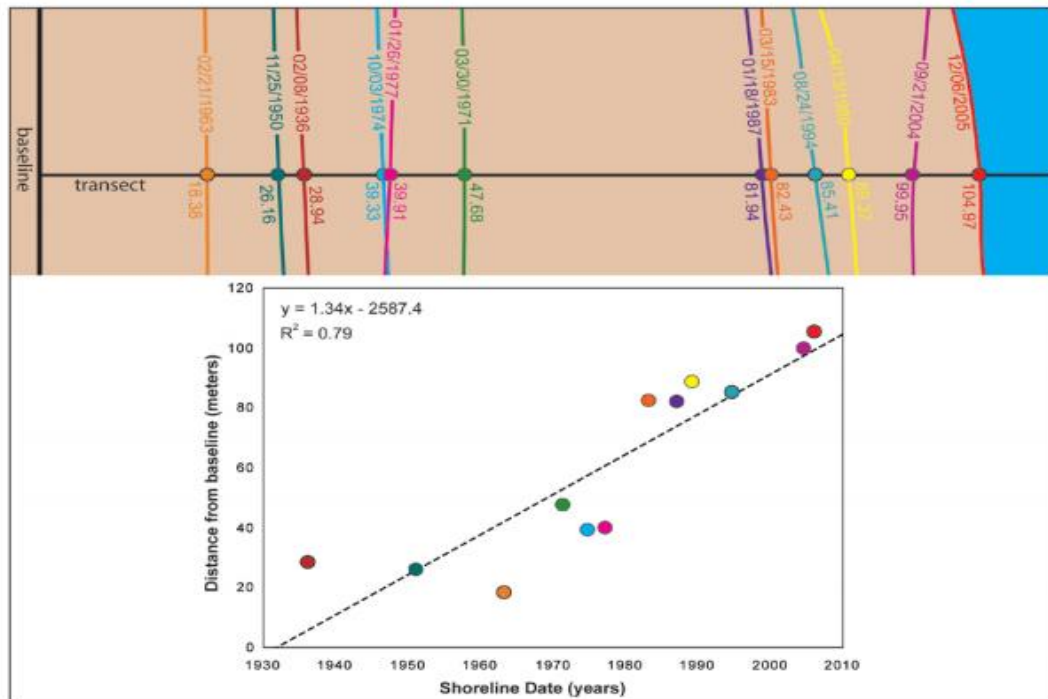
- อัตราจุดสิ้นสุด (The end point rate: EPR) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล ซึ่งแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ทั้งสองที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยอัตราจุดสิ้นสุดนั้นคำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งสุทธิ (NSM)หารช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดระหว่างชายฝั่งทะเลที่เก่าที่สุดและปัจจุบัน การประมาณอัตราการกัดเซาะชายฝั่งทะเลด้วยวิธี EPR มีข้อดีคือสามารถคำนวณได้ง่ายและต้องการเฉพาะข้อมูลแนวชายทะเลที่เริ่มต้นและแนวชายฝั่งปัจจุบัน อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อเสียคือคือ ละเว้นข้อมูลแนวชายฝั่งในปีอื่นๆ และไม่สามารถระบุรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงเช่น อัตราเร่งและความรุนแรงของการกัดเซาะ (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 แนวการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทั้งหมด

(ดัดแปลงจาก(E.A. Himmelstoss 2009))

- อัตราการเปลี่ยนแปลงความถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression: LRR) เป็นการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งด้วยวิธีการทางสถิติ โดยเปรียบเทียบระยะห่างจากเส้นฐาน Baseline (แกนY) กับเวลา (แกนx) จากนั้นจึงนำมาคำนวณสมการความถดถอยเชิงเส้นแบบกำลังสองน้อยที่สุด least square regression (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของแนวชายฝั่ง ณ จุดใดๆ

ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นระหว่างระยะเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งและช่วงเวลา
ที่ศึกษา (ปี)(ที่มา: (E.A. Himmelstoss 2009)

ขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลนั้นมี 3 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ การเตรียมข้อมูลเส้นชายฝั่งทะเลในระยะเวลา 20 ปี และ การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง แสดงในภาพที่ 18 มีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเส้นชายฝั่งทะเล โดยเริ่มจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซตในแต่ละปีโดยจำแนกเป็นพื้นดินและพื้นน้ำ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเล

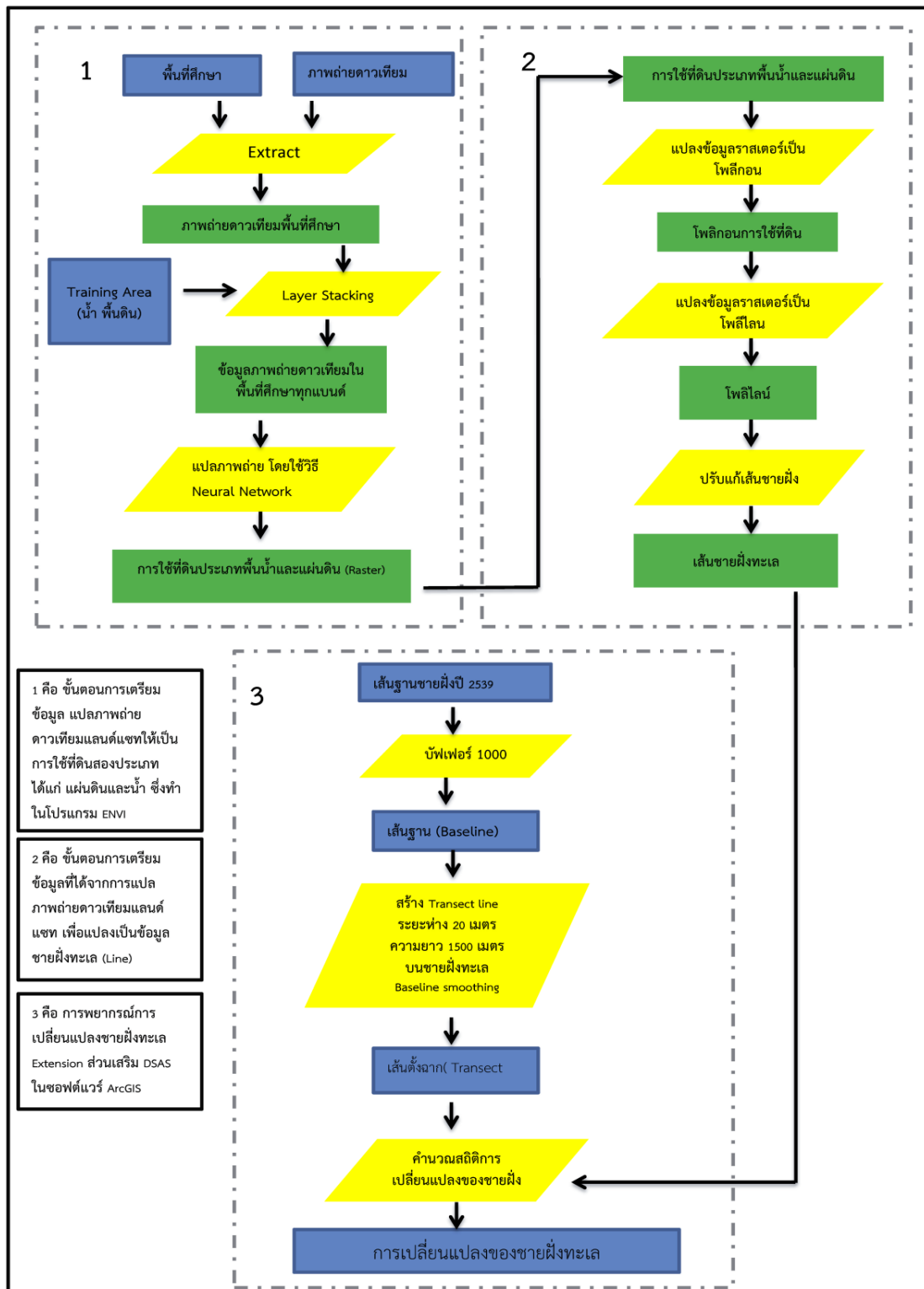
ลำดับ	วันที่	ดาวเทียม	เวลาบันทึกภาพ	Path / row
1	23/5/2539	แลนด์แซต 5	9:49:41	125 / 51
2	10/3/2541	แลนด์แซต 5	10:14:40	
3	4/12/2543	แลนด์แซต 5	10:28:29	
4	14/4/2545	แลนด์แซต 5	10:26:58	
5	17/4/2547	แลนด์แซต 7	10:26:55	
6	27/1/2550	แลนด์แซต 5	10:28:15	
7	25/4/2552	แลนด์แซต 5	10:25:32	
8	1/11/2555	แลนด์แซต 7	10:31:31	
9	17/11/2557	แลนด์แซต 8	10:38:22	
10	12/4/2559	แลนด์แซต 8	10:37:46	

2. ขั้นตอนการแปลงข้อมูลเส้นชายฝั่ง

ผลลัพธ์จากการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมนี้จะอยู่ในรูปเรสเตอร์ ซึ่งไม่สามารถนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งได้ ดังนั้นจะต้องแปลงให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์เส้น (Line) เสียก่อน

3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

เริ่มจากการกำหนดแนวชายฝั่งทะเลอ้างอิง โดยในงานวิจัยนี้ ใช้ พ.ศ. 2539 จากนั้นจึงสร้างเส้นฉากกับแนวชายฝั่งทะเล ณ จุดที่พิจารณา โดยกำหนดระยะห่างของเส้นฉากเท่ากับ 20 เมตร ยาว 1500 เมตร เพื่อให้เส้นฉากนี้ลากผ่านเส้นชายฝั่งทุกปีที่น่าเข้ามาในแบบจำลอง สุดท้ายจึงเป็นการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของเส้นชายฝั่งทะเล ด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงความถดถอยเชิงเส้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งตามแนวเส้นตั้งฉาก เพื่อให้ได้เส้นอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลในพื้นที่ศึกษา สำหรับใช้คำนวณแนวชายฝั่งใน พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ในภาพที่ 19 แสดงผังการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล



ภาพที่ 19 ฟังการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล

4.1.3 ดัชนีการเปิดรับ

จากภาพที่ 13 แผนผังการวิจัย ปัจจัยด้านการเปิดรับต่อภัยภัยพิบัติ ประกอบด้วย 1 ดัชนี คือ ดัชนีการเปิดรับ เมื่อได้ผลลัพธ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเลและการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ดัชนีการเปิดรับต่อภัย โดยการคำนวณดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัตินั้นคำนวณแยกออกเป็นดัชนีน้ำท่วมชายฝั่ง และดัชนีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่ง ตามสมการที่ 14 ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 สำหรับการรวมสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งและการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลเข้าด้วยกันเพื่อเป็นดัชนีการเปิดรับของพื้นที่ จะต้องทำค่าระดับความสูงของน้ำที่ท่วมและค่าความเปลี่ยนแปลงชายฝั่งให้เป็นนอร์มอลไลซ์เสียก่อน จากนั้นจึงนำชั้นข้อมูลระดับน้ำท่วมและการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งมารวมเป็นชั้นข้อมูลเดียวกัน โดยกำหนดให้พื้นที่ที่ทับซ้อนของรัศมีการกัดเซาะชายฝั่งกับพื้นที่น้ำท่วม มีค่าดัชนีการเปิดรับต่อภัยเท่ากับ 1 ซึ่งเท่ากับเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดรับต่อภัยมากที่สุด พื้นที่นอกเหนือจากนั้นให้คงค่าระดับน้ำท่วมที่ทำเป็นมาตรฐานแล้ว

ผลลัพธ์จากการทำดัชนีการเปิดรับนั้นจะได้ดัชนีที่มีพิสัยของข้อมูล 0 - 1 ทั้งนี้พื้นที่ที่มีดัชนีเท่ากับ 0 หมายถึง พื้นที่ที่มีการเปิดรับต่อภัยน้อยที่สุด และ 1 เป็นพื้นที่ที่มีการเปิดรับต่อภัยมากที่สุด ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีค่าดัชนี (No data) เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเลจากการสร้างจำลองสถานการณ์ เป็นพื้นที่ที่ไม่มีมีการเปิดรับต่อภัยพิบัติ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่มีความเสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่ง

4.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ปัจจัยที่นำเข้ามาศึกษาวิเคราะห์ความอ่อนไหว มี 2 ปัจจัย (ตารางที่ 9) ได้แก่ การใช้ที่ดิน และประชากร แต่ละปัจจัยมีรายละเอียดที่มาของข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 9 ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ลำดับ	ข้อมูล	ที่มา
1	การใช้ที่ดิน	ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซตปี 2549 และ 2559 จาก องค์การสำรวจทางธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey: USGS)
2	ประชากร	สำนักงานสถิติแห่งชาติ และ ข้อมูล กชช 2 ค จากกรม พัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย

4.2.1 ปัจจัยการใช้ที่ดิน

การวิเคราะห์ปัจจัยการใช้ที่ดินในงานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในอนาคต งานวิจัยนี้นำเอาแบบจำลอง Land Transformation Model มาวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ. 2549 - 2559 เพื่อพยากรณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ดังนั้นในการวิเคราะห์การใช้ที่ดินนี้จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการใช้ที่ดิน และขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังนี้

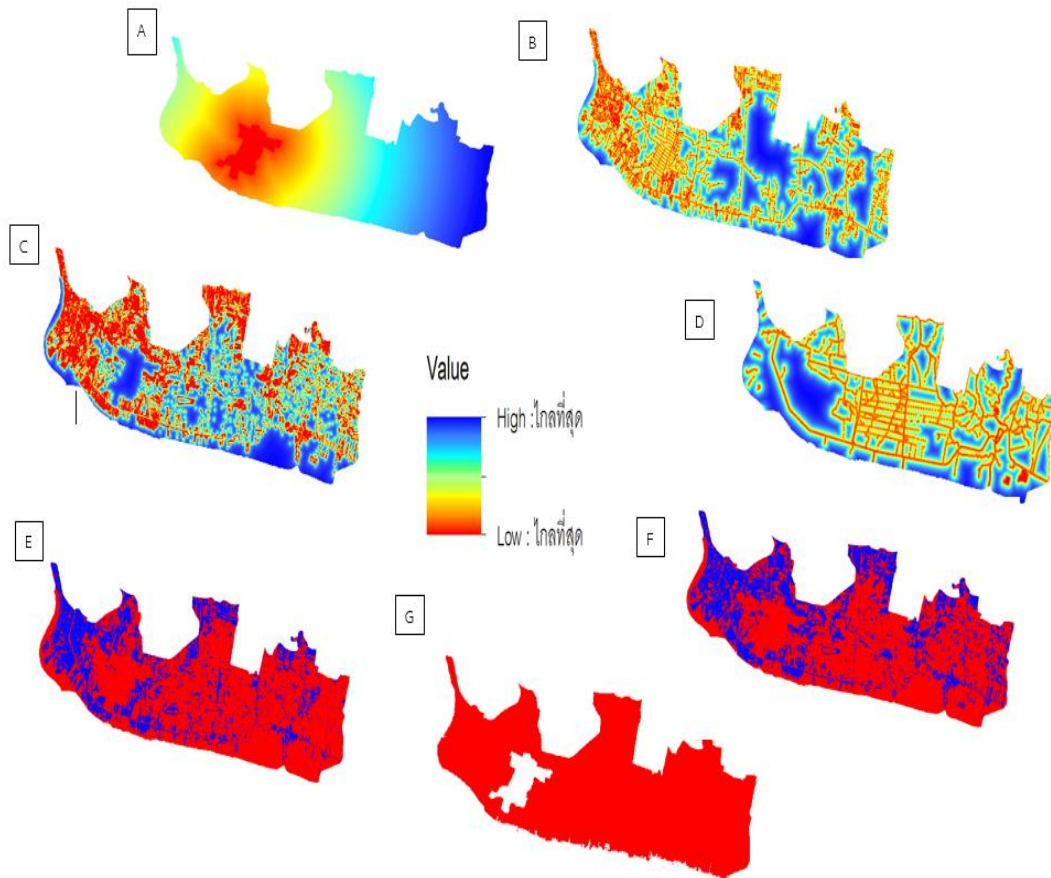
4.2.1.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินช่วง พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2559 ได้มาจากการแปลภาพจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM และ Landsat 8 OIL ด้วยวิธีการกำกับดูแล (Supervised Classification) แบบ Neural Network ในโปรแกรม ENVI ซึ่งเลือก Training Area ครอบคลุมสิ่งปกคลุมดิน 4 ประเภทได้แก่ เมืองและสิ่งปลูกสร้าง พืช แหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ และทะเล

4.2.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ.2549 และพ.ศ. 2559 เรียบร้อยแล้ว ทำการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อย (Pijanowski et al. 2005) ดังนี้

1. การเตรียมข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย (ภาพที่ 20)
 - 1) พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2549 เป็นข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองดั้งเดิม (Land use base)
 - 2) พื้นที่สิ่งปลูกสร้างปี พ.ศ. 2559 เป็นข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทเมืองปีที่ทำการเปรียบเทียบ (Land use final)
 - 3) พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม และพื้นที่ทะเล เป็นข้อมูลพื้นที่ที่กันออก
 - 4) ปัจจัยในการขับเคลื่อน (Driver factors) ได้แก่ ระยะทางจากสิ่งปลูกสร้างเดิม พ.ศ. 2549 ระยะทางจากถนน ระยะทางจากแม่น้ำ และ ระยะทางจากนิคมอุตสาหกรรม



ภาพที่ 20 ตัวแปรต่างๆ ที่นำเข้ามาในแบบจำลอง LTM ;

A ระยะทางจากนิคมอุตสาหกรรม B ระยะทางจากถนน C ระยะทางจากเมืองเดิม D ระยะทางจากแม่น้ำ E พื้นที่เมือง พ.ศ. 2549 F พื้นที่เมือง พ.ศ. 2559 G พื้นที่กันออก

2. การสร้างไฟล์โครงข่ายประสาทเทียมและการสร้างไฟล์แบบรูป โดยการประกาศในแบบจำลองทราบว่าจำนวนบัพเท่าไร จากนั้นจึงเป็นการสร้างไฟล์แบบรูป ซึ่งเป็นการประกาศให้แบบจำลองทราบว่าบัพแต่ละบัพและปัจจัยใดบ้างที่นำมาวิเคราะห์ ไฟล์แบบรูปนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการสร้างชั้นข้อมูลที่เป็นสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อจดจำเซลล์ที่จะทำการเทรน (Train) ในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นตอนการเทรนข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN) ที่จะให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ และสร้างกฎเกณฑ์ในการพยากรณ์ โดยโปรแกรมจะสร้างไฟล์ผลลัพธ์ทุกๆ รอบที่ 100 จนกระทั่งรอบที่ 10,000 และค่าผิดพลาด (error) จากการประมวลผลในแต่ละรอบจะถูกบันทึกในไฟล์ และนำไปใช้ในการประมวลผลรอบถัดไป ผลของการเทรนข้อมูล คือ จำนวนเซลล์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และความถูกต้อง

จากการพยากรณ์การใช้ที่ดินของการใช้ที่ดินประเภทเมืองตั้งต้นกับการใช้ที่ดินประเภทเมืองปีทำการเปรียบเทียบ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการพยากรณ์การใช้ที่ดินในอนาคตต่อไป

4. การพยากรณ์พื้นที่เมืองในอนาคต ได้มาจากการทราบข้อมูลรอบที่ 10,000 ในขั้นตอนก่อนหน้า โดยกำหนดให้เซลล์ที่สามารถกลายเป็นเมืองเท่ากับจำนวนสองเท่าของการกลายเป็นพื้นที่เมืองในการใช้ที่ดินประเภทเมืองปีทำการเปรียบเทียบ ซึ่งก็คือความน่าจะเป็นสูงที่สุดในการกลายเป็นเมือง

5. ขั้นตอนการประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง

การประเมินความถูกต้องของข้อมูลนั้น เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจริงของพื้นที่เมืองในช่วงเวลาที่สนใจ กับพื้นที่เมืองที่ได้จากการพยากรณ์ในแบบจำลอง

ค่าของเซลล์จากการเปรียบเทียบจะได้ค่าดังนี้

0 คือ เมืองที่แท้จริงและพื้นที่เมืองที่ได้จากการพยากรณ์ในแบบจำลองไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ (True Negative: TN)

1 คือ เมืองที่แท้จริงไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่พื้นที่เมืองที่ได้จากการพยากรณ์ในแบบจำลองมีการเปลี่ยนไปเป็นเมือง (False Negative: FN)

2 คือ เมืองที่แท้จริงมีการเปลี่ยนแปลง แต่พื้นที่เมืองที่ได้จากการพยากรณ์ในแบบจำลองไม่มีการเปลี่ยนไปเป็นเมือง (False Positive :FP)

3 คือ เมืองทั้งที่แท้จริงและพื้นที่เมืองที่ได้จากการพยากรณ์ในแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลง (True Positive :TP)

เมื่อได้จำนวนเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเมืองแล้วจึงนำไปคำนวณร้อยละความถูกต้อง (Percent correct metric: PCM) (สมการที่ 17) ซึ่งค่า PCM นั้นแสดงถึงความน่าเชื่อถือของการพยากรณ์ ซึ่งหากค่า PCM เท่ากับ 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าการพยากรณ์มีความโดดเด่นน่าเชื่อถือ ส่วน PCM เท่ากับ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าผลการพยากรณ์ยอมรับได้(Pijanowski et al. 2005)

$$PCM = \left(\frac{TP}{U} \right) * 100$$

สมการที่ 17

โดยที่

TP = จำนวนเซลล์ของเมืองทั้งที่แท้จริงและพื้นที่เมืองที่ได้จากการพยากรณ์ในแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลง

U = จำนวนเซลล์ที่เปลี่ยนไปเป็นเมืองที่แท้จริง

4.2.2 ปัจจัยด้านประชากร

ปัจจัยด้านประชากรประกอบด้วย 2 ปัจจัยย่อย ได้แก่ ปัจจัยด้านความหนาแน่นประชากร ปัจจัยด้านอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์จำนวนประชากรทั้งในปัจจุบันและอนาคต การฉายภาพอนาคตของจำนวนประชากร พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589 จะวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Modified Exponential Model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีสมมติฐานว่าประชากรจะเพิ่มขึ้นในระยะแรก และจะเพิ่มในอัตราคงที่ในอนาคต (วรรณศิลป์, 2001) ดังสมการที่ 18

$$Y_C = C + ab^x$$

สมการที่ 18

โดยที่

Y_C = จำนวนประชากรที่คาดการณ์ ในอีก X ปีข้างหน้า

C คือ ค่าจำกัดบนหรือค่าจำกัดล่าง (upper or lower limit) หรือ

asymptote

X = ช่วงเวลา (ปี)

a = Y-intercept หรือค่าของ Y_C เมื่อ X = 0

b = 1.0 + อัตราการเติบโต (Growth Rate)

4.2.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากร

เมื่อได้จำนวนประชากรทั้งสามปีการศึกษาแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากร โดยในงานวิจัยนี้มีข้อสมมติฐาน คือประชากรในพื้นที่ศึกษาจะกระจายอยู่ในพื้นที่การใช้ที่ดินที่เป็นที่อยู่อาศัยหรือสิ่งปลูกสร้างเท่านั้น ดังนั้นจึงแปลงข้อมูลประชากรให้อยู่ในรูปแบบแรสเตอร์ตามการใช้ที่ดิน ประเภทเมืองเท่านั้น ซึ่งในงานวิจัยกำหนดให้แต่ละเซลล์มีขนาด 30 * 30 เมตร หรือ 900 ตารางเมตร ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากรนี้คือจำนวนประชากรในแต่ละเซลล์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ 900 ตารางเมตร โดยการแปลงประชากรให้อยู่ในรูปของแรสเตอร์สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 19

$$p = \frac{P \times s}{A} \quad \text{สมการที่ 19}$$

โดยที่

p คือ จำนวนประชากรของเซลล์ที่สนใจ

P คือ ประชากรรวมในตำบล

s คือ พื้นที่สิ่งปลูกสร้างในเซลล์ที่สนใจ

A คือ พื้นที่สิ่งปลูกสร้างรวมในตำบล

4.2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัจจัยด้านอัตราส่วนประกรวัยพึงพิง

การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอัตราส่วนประกรวัยพึงพิง เป็นการเปรียบเทียบว่า ประชากรในวัยแรงงานจะมีภาระในการดูแลประชากรวัยเด็กและวัยชราในอัตราส่วนเท่าใด (คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551) โดยมีวิธีการคำนวณดังสมการที่ 20 ดังนี้

$$\text{อัตราส่วนพึงพิง} = [(P_{0-14} + P_{60+}) / P_{15-59}] \times 100 \quad \text{สมการที่ 20}$$

โดยที่

P_{0-14} คือ จำนวนประชากรวัยเด็กที่ไม่สามารถทำงานได้ ที่มีอายุตั้งแต่ 0 ถึง 14 ปี

P_{60+} คือ จำนวนประชากรวัยเกษียณที่มีอายุ 60 ปี ขึ้นไป

P_{15-59} คือ จำนวนประชากรวัยแรงงาน ที่มีอายุระหว่าง 15 ปี ถึง 59 ปี

สำหรับการฉายภาพอัตราส่วนประกรวัยพึงพิงในอนาคตนั้นใช้วิธีศึกษาแนวโน้ม โดยหาอัตราการเติบโตของรายได้เฉลี่ยรายปี (Average Annual Growth Rate) ของประชากรในแต่ละตำบลตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2558 แล้วนำอัตราส่วนดังกล่าวคูณกับจำนวนประชากรแต่ละช่วงอายุที่ทำการฉายภาพในขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

4.2.3 ดัชนีความอ่อนไหว

จากภาพที่ 13 แผนผังการวิจัยปัจจัยความอ่อนไหวของพื้นที่ประกอบด้วย 3 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีการใช้ที่ดิน ดัชนีความหนาแน่นของประชากร และดัชนีอัตราการพึงพิงของประชากร โดยแต่ละดัชนีมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.3.1 ดัชนีการใช้ที่ดิน

ผลจากการวิเคราะห์การใช้ที่นั่นคือข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความแตกต่างปัจจัยอื่นๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์วิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อให้ค่าน้ำหนักของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน โดยวิธีการวิเคราะห์ดัชนีการใช้ที่ดินนั้น ดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ทั้งสามขั้นตอน ดังนี้

- 1) การพิจารณาความสำคัญของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทด้วยการเปรียบเทียบคู่องค์ประกอบ (Pairwise comparison) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คนเป็นผู้ให้ค่าคะแนน
- 2) วิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ Eigenvalue method จากนั้นรวมค่าความสำคัญทั้งหมด
- 3) รวมผลของค่าการถ่วงน้ำหนักคูณกับค่าความสำคัญของแต่ละตัวแปร สามารถคำนวณได้ตามที่กล่าวไว้ข้างต้นในสมการที่ 13
- 4) การตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการให้ค่าน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งหากมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10 จะถือว่าผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับ

4.2.3.2 ดัชนีความหนาแน่นประชากรและดัชนีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง

การคำนวณดัชนีความหนาแน่นประชากรและดัชนีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงนั้น เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มานอร์มอลไลซ์ซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้นตามสมการที่ 14

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัว

ปัจจัยที่นำมาศึกษาวิเคราะห์ความสามารถในการปรับตัว มีทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านการศึกษา ปัจจัยรายได้ต่อหัวของประชากร และปัจจัยด้านการสาธารณสุข โดยคำนวณได้จากข้อมูลในตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 ข้อมูลที่นำความสามารถในการปรับตัว

ลำดับ	ข้อมูล	ที่มา
1	การศึกษา	สำนักงานสถิติแห่งชาติ และ ข้อมูล กชช 2 ค กรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย
2	สถานพยาบาล	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข
3	รายได้ต่อหัวประชากร	สำนักงานสถิติแห่งชาติ และ ข้อมูล กชช 2 ค กรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย

4.3.1 ปัจจัยด้านการศึกษา

ปัจจัยด้านการศึกษาของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นั้นศึกษาอัตราส่วนของผู้จบการศึกษาหรือกำลังศึกษาต่อในชั้นอุดมศึกษากับระดับการศึกษาอื่นๆ โดยในงานวิจัยนี้

อนุมานว่า หากตำบลใดมีอัตราส่วนสูง แสดงว่ามีความสามารถในการปรับตัวสูงด้วย สำหรับการพยากรณ์อนาคตใช้อัตราส่วนจำนวนผู้ที่มีการศึกษาในชั้นอุดมศึกษาปีปัจจุบันคูณกับข้อมูลจำนวนประชากรที่ฉายภาพในปีนั้นๆ

เนื่องจากในฐานข้อมูล กชช 2 ค ที่ให้บริการข้อมูลระดับตำบลนั้น กำหนดให้เทศบาลตำบลบางปู ซึ่งครอบคลุมตำบลท้ายบ้าน ท้ายบ้านใหม่ บางปู และบางปูใหม่ โดยในข้อมูลที่ให้มาเป็นเพียงข้อมูลชุมชนในเทศบาลโดยไม่ได้ระบุว่าชุมชนอยู่ในตำบลใด ผู้วิจัยจึงกำหนดให้อัตราส่วนประชากรที่ศึกษาในระดับอุดมศึกษาของ 4 ตำบลข้างต้นอยู่ในระดับที่เท่ากัน หากแต่จำนวนประชากรที่มีความแตกต่างกันจึงทำให้จำนวนประชากรที่ศึกษาในระดับอุดมศึกษาของตำบลเหล่านี้ต่างกัน

4.3.2 ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

ปัจจัยด้านเศรษฐกิจที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ รายได้ต่อหัวประชากรในพื้นที่ ซึ่งได้จากข้อมูลรายได้ต่อหัวประชากรต่อปีรายตำบลจากฐานข้อมูล กชช 2 ค สำหรับการคำนวณการเพิ่มขึ้นของรายได้ในอนาคตทำได้สมการที่ 21 ดังนี้

$$I_{future} = I_{2558} + (I_{2558} * (AAGR * Y)) \quad \text{สมการที่ 21}$$

โดย

I_{future} คือ รายได้ต่อหัวประชากรในอนาคต

I_{2558} คือ รายได้ต่อหัวประชากรในปี พ.ศ. 2558

Y คือ จำนวนปีในอนาคต

$AAGR$ คือ อัตราการเติบโตของรายได้เฉลี่ยรายปี (Average Annual Growth Rate) (สมการที่ 22) ซึ่งคำนวณได้จากการข้อมูลรายได้ต่อหัวประชากร (Per capita income) จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2557

$$AAGR = \frac{\sum_1^n \frac{I_y - 1}{I_y}}{N_y} \quad \text{สมการที่ 22}$$

โดยที่

I_{y-1} = รายได้ของปีก่อนหน้า

I_y = รายได้ของปีที่สนใจ

N_y = จำนวนปีที่ทำการศึกษา ในงานวิจัยนี้เท่ากับ 19

4.3.3 ปัจจัยด้านสาธารณสุข

ปัจจัยด้านสาธารณสุขที่นำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ มีแนวคิดที่ว่า ถ้าหากเกิดภัยจากน้ำท่วมชายฝั่งทะเลแล้วนั้น พื้นที่ต่างๆ จะมีความสามารถในการเข้าถึงสถานพยาบาลอย่างไร การศึกษาครั้งนี้การเข้าถึงสถานพยาบาลจะพิจารณาจาก ระยะทางจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) หรือสถานีอนามัย และโรงพยาบาลแบบระยะแบบยูคลิด (Euclidian distance) ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีจำนวนสถานพยาบาลในพื้นที่ศึกษาคงที่ในอนาคต

4.3.4 ดัชนีความสามารถในการปรับตัว

ปัจจัยความสามารถในการปรับตัวประกอบไปด้วย 3 ดัชนี กล่าวคือ ดัชนีด้านศึกษาดัชนีด้านเศรษฐกิจ และดัชนีด้านสาธารณสุข โดยในการวิเคราะห์ค่าดัชนีทั้งสามข้างต้นนั้นใช้วิธีการนอร์มอลไลซ์ของมูลทุกปีที่ศึกษาดังที่กล่าวมาในข้างต้นตามสมการที่ 14

4.4 การวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบาง

การวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางนั้นเป็นการนำเอาปัจจัยความเปราะบางทั้ง 3 กล่าวคือ ปัจจัยด้านการเปิดรับ ปัจจัยด้านความอ่อนไหว และปัจจัยด้านความสามารถในการปรับตัว มาคำนวณตามสมการที่ 4 (ในหัวข้อ 2.2 บทที่ 2) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการหาค่าน้ำหนักปัจจัย และการวิเคราะห์ความเปราะบางด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังนี้

4.4.1 การหาค่าน้ำหนักปัจจัย

การหาค่าน้ำหนักปัจจัยในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- 1) การพิจารณาความสำคัญของวิธีนี้คือการเปรียบเทียบคู่ประกอบ (Pairwise comparison) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คนเป็นผู้ให้ค่าคะแนน
- 2) วิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการ Eigenvalue method จากนั้นรวมค่าความสำคัญทั้งหมด
- 3) การตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการให้ค่าน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งหากมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10 จะถือว่าผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับ
- 4) รวมผลของค่าการถ่วงน้ำหนักคูณกับค่าความสำคัญของแต่ละตัวแปร สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 13 ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ค่าน้ำหนักปัจจัยต่างๆ ทั้งปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และปัจจัยย่อยที่เป็นองค์ประกอบความเปราะบาง กล่าวคือ ปัจจัยหลักได้แก่ ค่าน้ำหนักปัจจัยด้านการเปิดรับ ปัจจัยด้านความอ่อนไหว และปัจจัยด้านความสามารถในการปรับตัว ปัจจัยรอง ได้แก่

ค่าน้ำหนักปัจจัยด้านประชากร ค่าน้ำหนักปัจจัยด้านการศึกษา และค่าน้ำหนักปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ส่วนปัจจัยย่อย ได้แก่ ปัจจัยด้านความหนาแน่นประชากร และปัจจัยอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง

4.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์ใช้วิธีการทับซ้อนข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิในการวิเคราะห์ ประกอบกับผลค่าน้ำหนักปัจจัยในขั้นตอนก่อนหน้า โดยการคำนวณดัชนีความแปรปรวนนั้นคำนวณตามสมการที่ 15 ที่ได้กล่าวไปตอนต้นของบทที่ 4 เมื่อได้ผลลัพธ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพื่อความง่ายต่อการอธิบายผลจึงได้ทำการนอร์มอลไลซ์ผลการศึกษากลับให้อยู่ในช่วงพิสัย 0 -1 โดยค่าดัชนีเท่ากับ 0 หมายถึง บริเวณที่มีความแปรปรวนต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งน้อยที่สุด ดัชนีเท่ากับ 1 คือบริเวณที่มีความแปรปรวนต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งมากที่สุด สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีดัชนีความแปรปรวน หมายถึง บริเวณที่ไม่มีความแปรปรวนต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่ง เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมชายฝั่งจากการจำลองสถานการณ์



บทที่ 5

ผลการศึกษา

จากวิธีดำเนินงานวิจัยในบทที่ 4 สามารถแบ่งผลการวิจัยเป็น 4 ส่วน คือ ผลการวิเคราะห์ ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความอ่อนไหว ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความสามารถในการปรับตัว และการวิเคราะห์ความเปราะบาง โดยจะในบทนี้จะกล่าวผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ

การวิเคราะห์ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) การวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่ง (2) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และ (3) การวิเคราะห์ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติ ดังนี้

5.1.1 ผลการวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่ง

จากอัตราเพิ่มขึ้นของน้ำทะเล ประกอบกับการทรุดตัวของแผ่นดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำทะเลเคลื่อนที่ผ่านพนัง ข้อมูลระดับน้ำทะเลและความสูงพนังกั้นน้ำของปีฐาน และปีอนาคต แสดงไว้ในตารางที่ 11 ทั้งนี้เมื่อรวมทั้งสองปัจจัยแล้วจะทำให้มีช่วงเวลาที่น้ำทะเลหนุนเข้ามาในแผ่นดินมากขึ้น ทำให้ผลการวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่งมีระดับความสูงของน้ำท่วมซึ่งมีหน่วยเป็นเมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง (ม.รทก.) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ทั้งสถานะที่มีคลื่นพายุและสถานะปกติที่ไม่มีคลื่นพายุ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ พ.ศ.2559-2589

	พ.ศ. 2559 (ปีฐาน)	พ.ศ. 2569	พ.ศ. 2589
1. ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นจากปีฐาน (ซม.)	0	5	15
2. ความสูงพนังกั้นน้ำ เมื่อมีการทรุดตัวของแผ่นดิน (ม.รทก.)			
2.1 พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1	1.455	1.103	0.781
2.2 พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2	1.181	0.867	0.578

ตารางที่ 12 ผลลัพธ์ของสถานการณ์จำลองน้ำท่วมชายฝั่งทะเล

ปี	สถานการณ์จำลอง	ระดับความสูงน้ำทะเล (ม. รทก.)
2559	ปกติไม่เกิดคลื่นพายุ	0.0000
	คลื่นพายุ	1.0450
2569	ปกติไม่เกิดคลื่นพายุ	0.0010
	คลื่นพายุ	1.1948
2589	ปกติไม่เกิดคลื่นพายุ	0.1043
	คลื่นพายุ	1.2443

5.1.1.1 สภาวะที่มีคลื่นพายุ

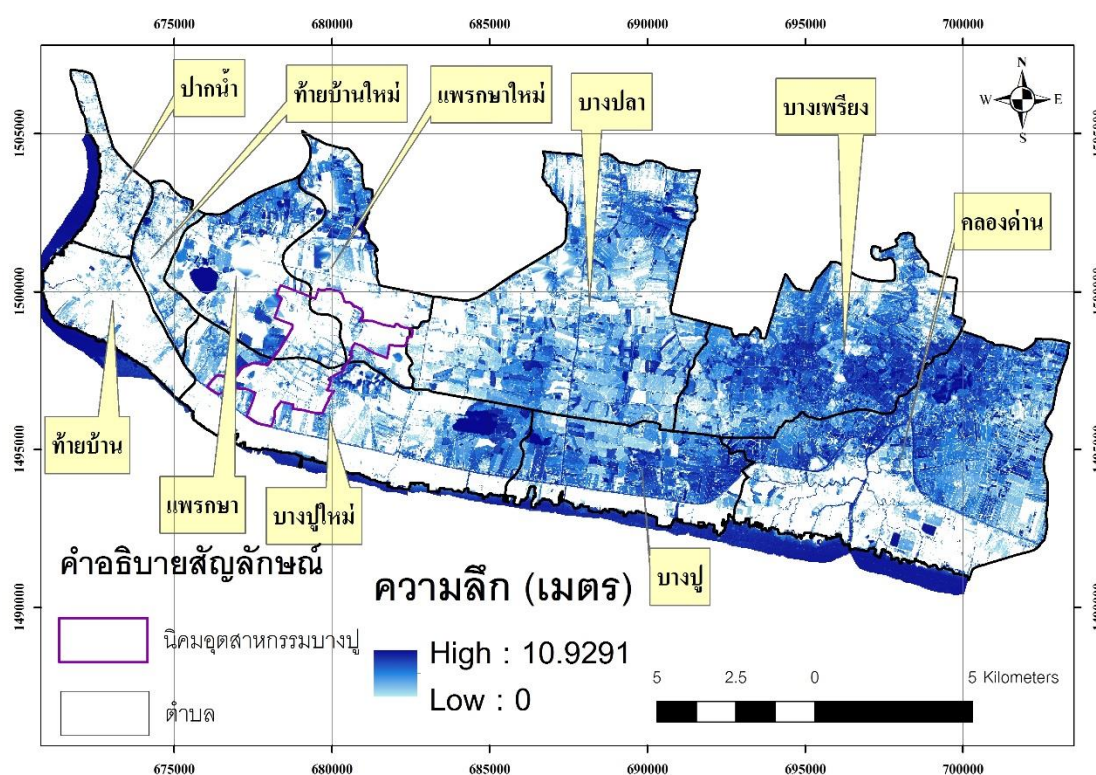
พ.ศ. 2559 ตำบลที่มีระดับน้ำท่วมสูงที่สุดคือ ตำบลบางปูใหม่ บางปู และ แพรกษา ตามลำดับ ทว่าเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของระดับความสูงจะพบว่า ตำบลที่มีระดับน้ำท่วมเฉลี่ยสูงมากที่สุดคือ ตำบลแพรกษา ตำบลบางปูใหม่ และตำบลบางปูตามลำดับ ตำบลที่มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมากที่สุด คือ ตำบลบางเพรียง บางปู และบางปลา ตามลำดับ ซึ่งแม้ว่าตำบลบางเพรียง และบางปลา จะไม่มีพื้นที่ติดทะเล แต่ลักษณะลักษณะภูมิประเทศที่ต่ำกว่าตำบลอื่นๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำท่วมในตำบลดังกล่าวครอบคลุมขอบเขตมากกว่าตำบลอื่นๆ จากการศึกษายังพบอีกว่าพื้นที่สำคัญอันเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมบางปู ได้รับผลกระทบท่วมเป็นบางบริเวณเท่านั้น (ตารางที่ 13) (ภาพที่ 21) ทั้งนี้ พื้นที่ของแต่ละตำบลแสดงไว้ในตารางที่ 5 บทที่ 3

ตารางที่ 13 ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2559

ลำดับ	ตำบล	ระดับน้ำ ท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำ ท่วมสูงสุด (ม.)	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่น้ำ ท่วม	ร้อยละ ของพื้นที่ น้ำท่วม
1	ปากน้ำ	0.000	6.253	0.342	1.748	27.015
2	บางเพรียง	0.000	2.103	0.513	27.988	84.666
3	บางปลา	0.000	4.482	0.346	34.464	67.448
4	ท้ายบ้านใหม่	0.000	1.850	0.335	2.351	39.062
5	คลองด่าน	0.000	9.430	0.508	33.782	66.003
6	แพรกษาใหม่	0.000	10.887	0.540	6.517	39.438
7	แพรกษา	0.000	10.901	0.955	8.672	44.814

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	ระดับน้ำ ท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำ ท่วมสูงสุด (ม.)	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่น้ำ ท่วม	ร้อยละ ของพื้นที่ น้ำท่วม
8	ท้ายบ้าน	0.000	2.909	0.327	1.643	15.134
9	บางปู	0.000	10.923	0.558	14.414	73.492
10	บางปูใหม่	0.000	10.929	0.783	14.128	42.274



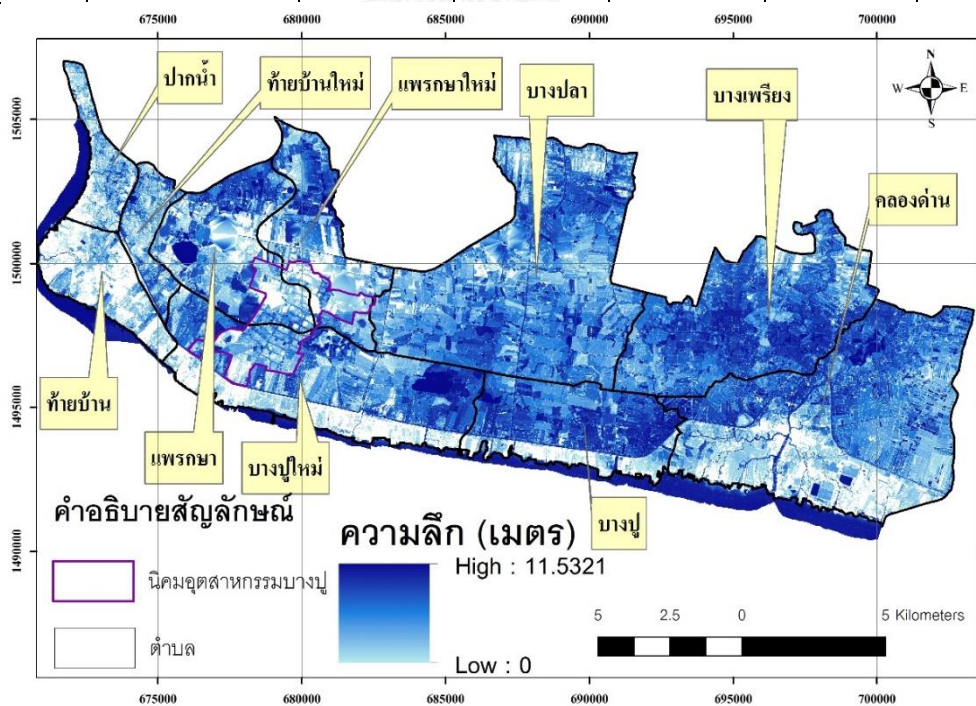
ภาพที่ 21 แผนที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภามะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2559

ในตารางที่ 14 และภาพที่ 22 แสดงผลการวิเคราะห์ของ พ.ศ. 2569 เป็นปีในอนาคตที่กำหนดให้ได้รับผลกระทบจากการทรุดตัวของแผ่นดิน และการเพิ่มขึ้นสูงขึ้นของระดับน้ำทะเล จากการศึกษาพบว่า ตำบลที่มีระดับน้ำท่วมลึกเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ตำบลแพรกษา ตำบลบางปู และตำบลบางปูใหม่ ตามลำดับ มีระดับน้ำที่มีความลึกมากกว่า 0.5 เมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกที่สร้างความสูญเสียแก่อาคารบ้านเรือนชั้นที่ 1 ของอาคารและเป็นความลึกที่ไฟฟ้าไม่อาจจะสามารถใช้งานได้ (EXIMAP 2007) สำหรับพื้นที่ที่มีระดับน้ำท่วมไม่สูงมากนัก ได้แก่ ตำบลปากน้ำ สำหรับตำบลที่มีพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุด คือ ตำบลบางเพรียง บางปลา และบางปู ซึ่งมีน้ำท่วมพื้นที่ทั้งตำบล ในขณะที่

บริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปู มีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในบริเวณกว้างกว่าพ.ศ. 2559 แต่มีระดับน้ำท่วมไม่สูงมากนัก

ตารางที่ 14 ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2569

ลำดับ	ตำบล	ระดับน้ำท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำท่วมสูงสุด (ม.)	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ปากน้ำ	0.001	6.723	0.467	4.511	69.721
2	บางเพรียง	0.000	2.452	0.838	31.631	95.684
3	บางปลา	0.000	5.010	0.674	48.279	94.485
4	ท้ายบ้านใหม่	0.001	2.367	0.574	4.931	81.938
5	คลองด่าน	0.000	9.657	0.679	42.755	83.536
6	แพรกษาใหม่	0.000	11.499	0.695	13.166	79.676
7	แพรกษา	0.000	11.532	0.963	15.881	82.075
8	ท้ายบ้าน	0.000	3.320	0.422	5.055	46.580
9	บางปู	0.000	11.424	0.911	17.467	89.063
10	บางปูใหม่	0.000	11.468	0.877	26.280	78.634

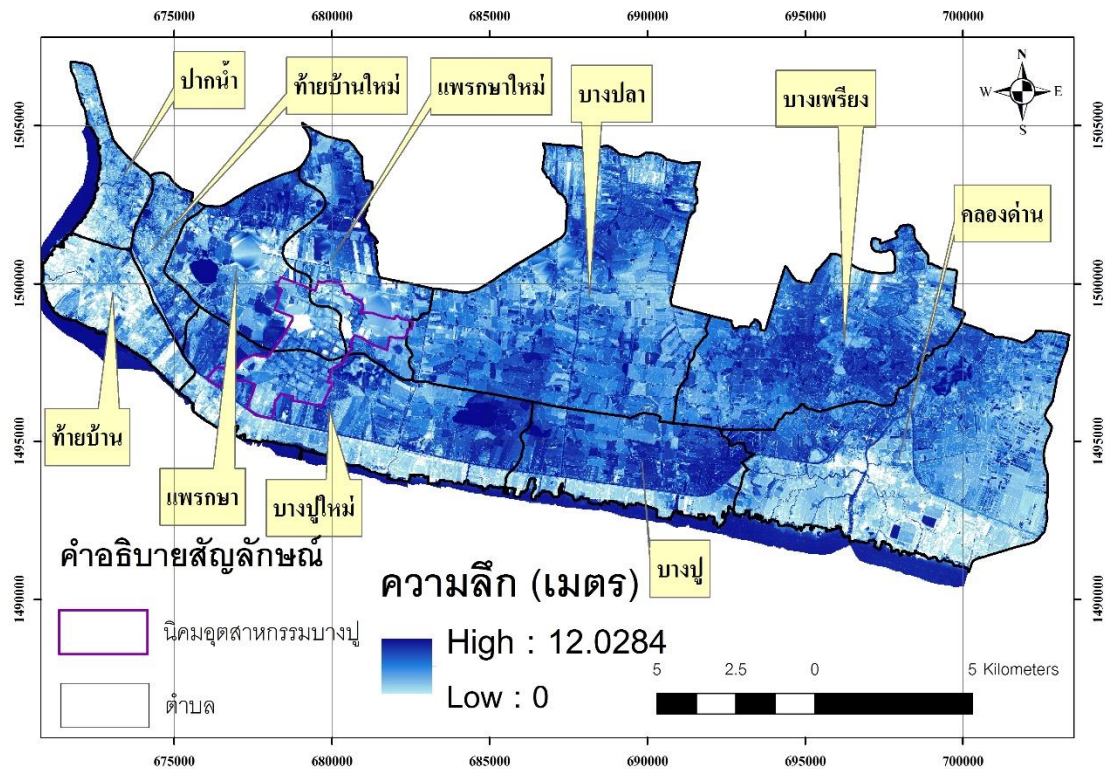


ภาพที่ 22 แผนที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะคลื่นพายุรายตำบล พ.ศ. 2569

ในตารางที่ 15 และภาพที่ 23 แสดงผลการวิเคราะห์ของ พ.ศ. 2589 ซึ่งเป็นปีอนาคตที่ได้รับผลกระทบจากการนำท่วมชายฝั่งทะเลรุนแรงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมา เนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล และแผ่นดินทรุด มีการเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่อย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่ใน 5 ตำบลมีระดับความสูงของน้ำท่วมเฉลี่ยมากกว่า 1 เมตร บางบริเวณของพื้นที่ศึกษามีระดับน้ำท่วมที่สูงเหนือระดับศิระษะ อีกทั้งขอบเขตของน้ำท่วมยังครอบคลุมเกือบทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาอีกด้วย ซึ่งตำบลที่มีพื้นที่ที่ไม่ถูกน้ำท่วมมากที่สุด ได้แก่ ตำบลท้ายบ้าน และปากน้ำ นอกเหนือจากตำบลทั้งสองแล้วนั้นทุกตำบลมีพื้นที่น้ำท่วมมากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ทั้งหมด

ตารางที่ 15 ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2589

ลำดับ	ตำบล	ระดับน้ำท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำท่วมสูงสุด (ม.)	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ปากน้ำ	0.001	7.064	0.687	5.636	87.1237
2	บางเพรียง	0.001	2.721	1.095	32.420	98.0745
3	บางปลา	0.000	5.402	0.991	50.278	98.3985
4	ท้ายบ้านใหม่	0.001	2.751	0.891	5.630	93.5574
5	คลองด่าน	0.000	9.777	0.814	46.439	90.7331
6	แพรกษาใหม่	0.000	11.992	1.009	15.191	91.9307
7	แพรกษา	0.000	12.028	1.256	17.999	93.0196
8	ท้ายบ้าน	0.000	3.606	0.582	7.677	70.7444
9	บางปู	0.000	11.793	1.186	19.046	97.1161
10	บางปูใหม่	0.000	11.888	1.149	31.395	93.9404



ภาพที่ 23 ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะมีคลื่นพายุซัดฝั่ง พ.ศ. 2589

การเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำท่วมจากพ.ศ. 2559 - 2589 จะพบว่าในพื้นที่ศึกษามีทั้งตำบลที่มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบที่เพิ่มขึ้นในอัตราลดลง และตำบลที่ได้รับผลกระทบในอัตราที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 16) โดยเมื่อพิจารณาเป็นช่วงเวลาจากพ.ศ. 2559 - 2569 ตำบลที่มีเพิ่มขึ้นของระดับน้ำที่ท่วมมากที่สุดคือ ตำบลบางปลา ซึ่งระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 2 เท่าจากพ.ศ. 2559 ส่วนตำบลที่มีเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ ตำบลแพรกษา ซึ่งเปลี่ยนแปลงเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น ส่วนจาก พ.ศ. 2569 - 2589 ตำบลที่มีแนวโน้มได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ ตำบลปากน้ำ และตำบลบางปลา ในอัตราที่เท่ากัน กล่าวคือ ร้อยละ 47 ของระดับน้ำท่วมเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำท่วม พ.ศ. 2559 – 2589

แนวโน้มระดับน้ำท่วมคือการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำท่วมโดยการเปรียบเทียบระดับน้ำท่วมกับปี ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่วม คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำท่วมโดยเปรียบเทียบสองช่วงเวลา กล่าวคือช่วง พ.ศ.2559-2569 กับ พ.ศ.2569 - 2589

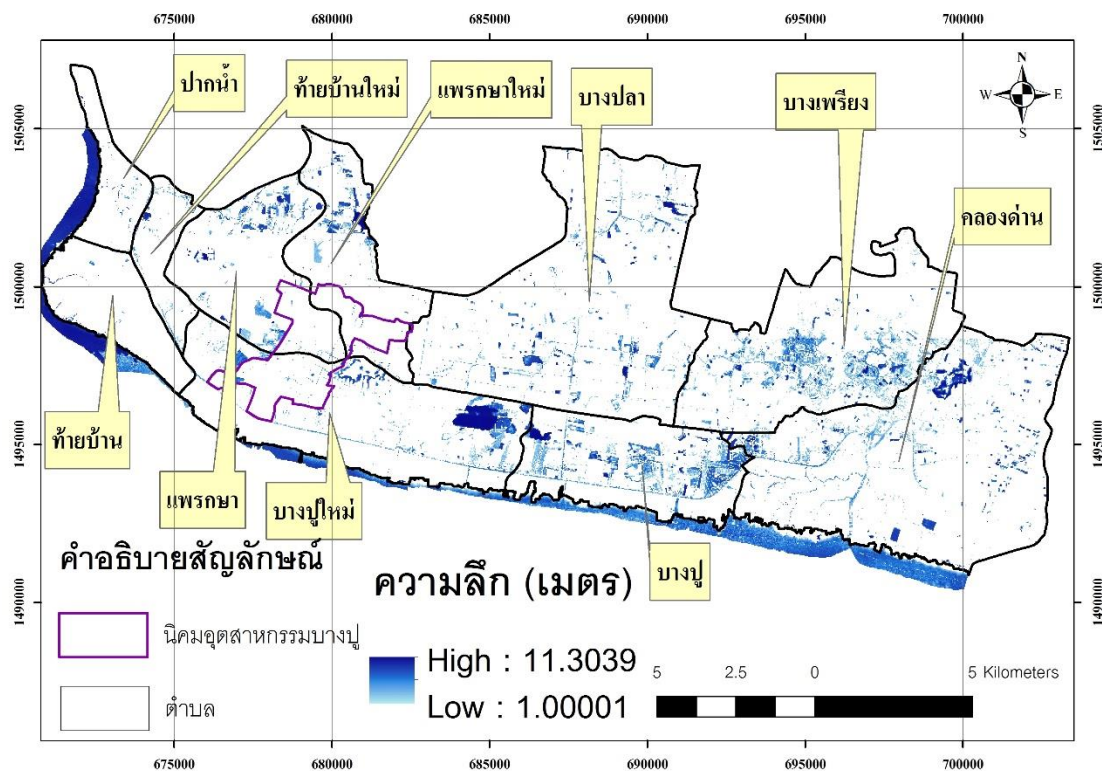
ลำดับ	ตำบล	ปี 2559 - 2569	ปี 2569 - 2589	แนวโน้มระดับน้ำท่วม	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้ำท่วม
1	ปากน้ำ	36%	47%		
2	บางเพรียง	63%	31%		
3	บางปลา	95%	47%		
4	ท้ายบ้านใหม่	71%	55%		
5	คลองด่าน	33%	20%		
6	แพรกษาใหม่	29%	45%		
7	แพรกษา	1%	30%		
8	ท้ายบ้าน	29%	38%		
9	บางปู	63%	30%		
10	บางปูใหม่	12%	31%		

5.1.1.2 สภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ

ผลการวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะไม่มีคลื่นพายุพบว่า พ.ศ. 2559 ไม่ปรากฏน้ำท่วมชายฝั่ง เนื่องจากระดับน้ำขึ้นสูงสุดที่ทะเลลักเข้ามาในพื้นที่มีระยะเวลาที่น้อย ผลการวิเคราะห์ของ พ.ศ. 2569 จากตารางที่ 17 และ ภาพที่ 24 ตำบลที่มีค่าเฉลี่ยความลึกน้ำท่วมมากที่สุดคือ ตำบลบางปูใหม่ แพรกษาใหม่ และปากน้ำ ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบขอบเขตของพื้นที่น้ำท่วมจะพบว่า ตำบลบางปู บางเพรียง และแพรกษา เป็นตำบลที่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมชายฝั่งมากที่สุดตามลำดับ

ตารางที่ 17 ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569

ลำดับ	ตำบล	ระดับน้ำ ท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำ ท่วมสูงสุด (ม.)	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่น้ำ ท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของ พื้นที่น้ำ ท่วม
1	ปากน้ำ	1.004	6.529	1.453	0.226	3.492
2	บางเพรียง	1.000	2.258	1.166	4.738	14.332
3	บางปลา	1.000	4.815	1.267	3.105	6.077
4	ท้ายบ้านใหม่	1.002	2.172	1.241	0.331	5.503
5	คลองด่าน	1.000	9.462	1.283	4.368	8.534
6	แพรกษาใหม่	1.000	11.304	2.021	1.203	7.282
7	แพรกษา	1.000	3.673	1.256	1.715	8.865
8	ท้ายบ้าน	1.001	3.125	1.351	0.235	2.164
9	บางปู	1.000	11.229	1.372	3.974	20.260
10	บางปูใหม่	1.000	11.274	2.647	3.540	10.591

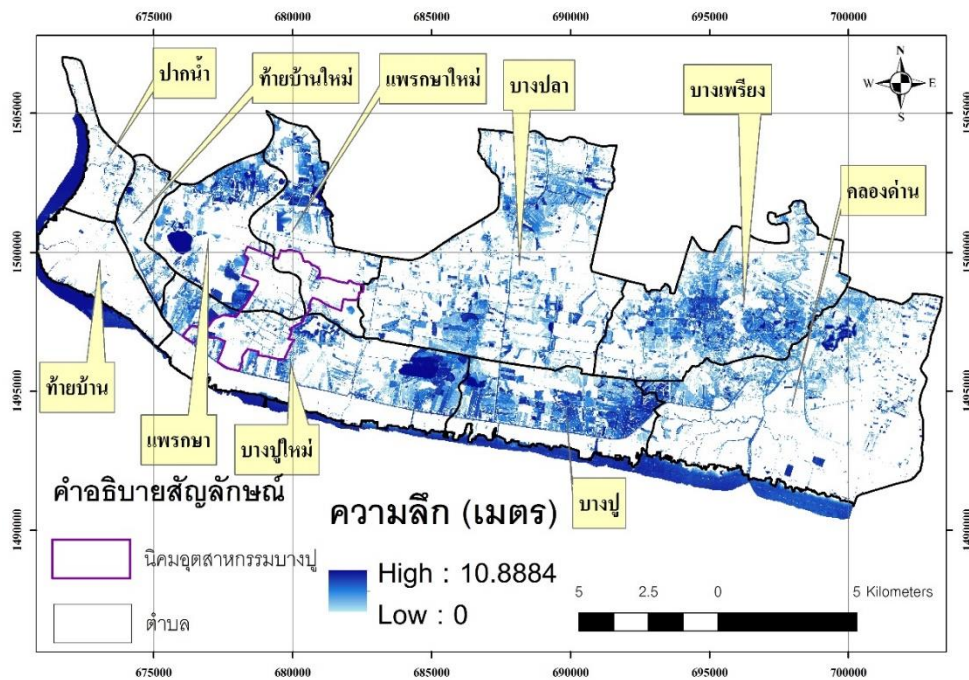


ภาพที่ 24 พื้นที่และความสูงของระดับน้ำท่วมในสภาวะปกติที่ไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569

ตารางที่ 18 และ ภาพที่ 25 แสดงผลการวิเคราะห์ของ พ.ศ. 2589 ตำบลที่มีค่าความลึกเฉลี่ยน้ำท่วมมากที่สุดคือ ตำบลแพรกษา มีระดับน้ำท่วมสูงกว่า 1 เมตร ตามด้วยตำบลบางปูใหม่ และแพรกษาใหม่ ตามลำดับ ในกรณีของพื้นที่น้ำท่วมจะพบว่า ตำบลบางปู บางเพรียง และบางปูใหม่ เป็นตำบลที่มีพื้นที่น้ำท่วมมากที่สุด ตำบลที่มีพื้นที่น้ำท่วมน้อยที่สุดในสภาวะปกติที่ไม่มีคลื่นพายุมากที่สุด คือ ตำบลท้ายบ้าน มีพื้นที่น้ำท่วมเพียงร้อยละ 5.946 ของพื้นที่ตำบล (ตารางที่ 18) จากการจำลองสถานการณ์ยังพบอีกว่าพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู ปลอดภัยจากการเกิดน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติอีกด้วย

ตารางที่ 18 ระดับน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2589

ลำดับ	ตำบล	ระดับน้ำท่วมต่ำสุด (ม.)	ระดับน้ำท่วมสูงสุด (ม.)	ค่าเฉลี่ย	พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่น้ำท่วม
1	ปากน้ำ	0.000	5.924	0.381	0.671	10.378
2	บางเพรียง	0.000	1.581	0.262	15.349	46.430
3	บางปลา	0.000	4.262	0.263	16.042	31.395
4	ท้ายบ้านใหม่	0.000	1.611	0.305	1.482	24.631
5	คลองด่าน	0.000	8.637	0.293	10.990	21.472
6	แพรกษาใหม่	0.000	10.852	0.522	5.061	30.625
7	แพรกษา	0.000	10.888	1.046	6.808	35.182
8	ท้ายบ้าน	0.000	2.466	0.363	0.645	5.946
9	บางปู	0.000	10.653	0.433	10.479	53.429
10	บางปูใหม่	0.000	10.748	0.776	12.080	36.145



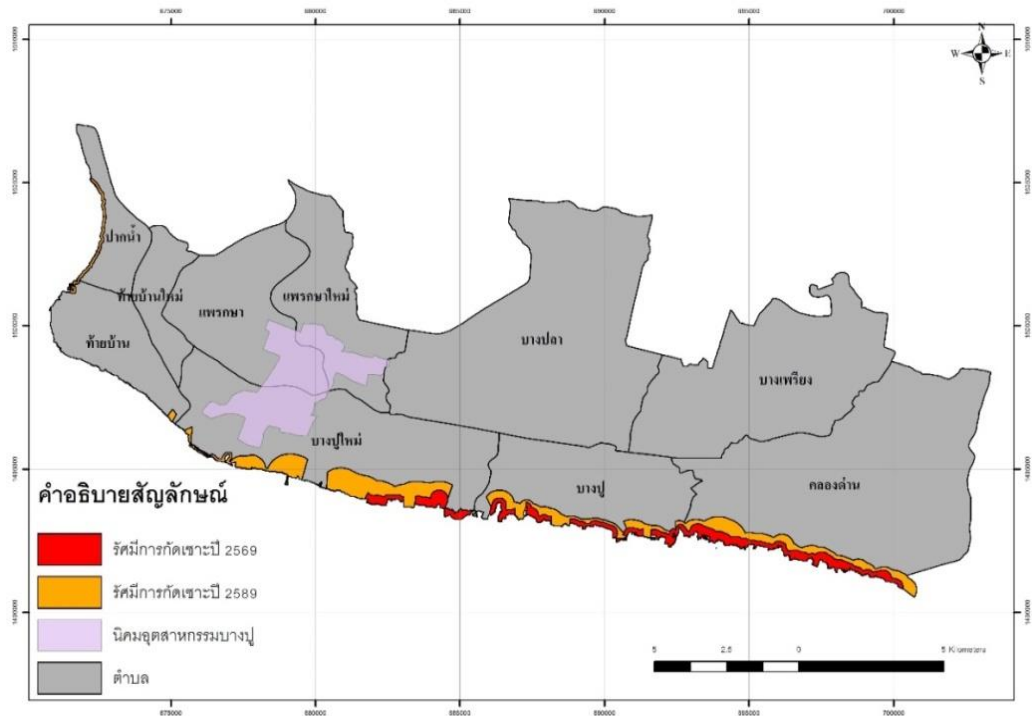
ภาพที่ 25 แผนที่การวิเคราะห์น้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติ พ.ศ. 2569

5.1.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยโปรแกรม DSAS ซึ่งคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง พบว่าตำบลคลองด่านประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งมากที่สุด ในขณะที่ตำบลปากน้ำเป็นตำบลที่มีแนวชายฝั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (ตารางที่ 19) นอกจากนี้ยังพบว่าภายใน พ.ศ. 2569 จะมีพื้นที่บริเวณชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะรวม 4.37 ตารางกิโลเมตร และจะเพิ่มขึ้นเป็น 12.44 ตารางกิโลเมตรใน พ.ศ. 2589 (ภาพที่ 26)

ตารางที่ 19 อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งรายตำบล

ลำดับ	ตำบล	อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย	อัตรากัดเซาะมากที่สุด	อัตราทับถมมากที่สุด
1	คลองด่าน	-12.80	-29.08	12.07
2	บางปู	-9.88	-34.26	11.68
3	บางปูใหม่	-6.72	-37.83	19.52
4	ท้ายบ้าน	6.68	-3.02	15.28
5	ปากน้ำ	0.03	-2.23	3.27



ภาพที่ 26 แผนที่พื้นที่ชายฝั่งในพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589

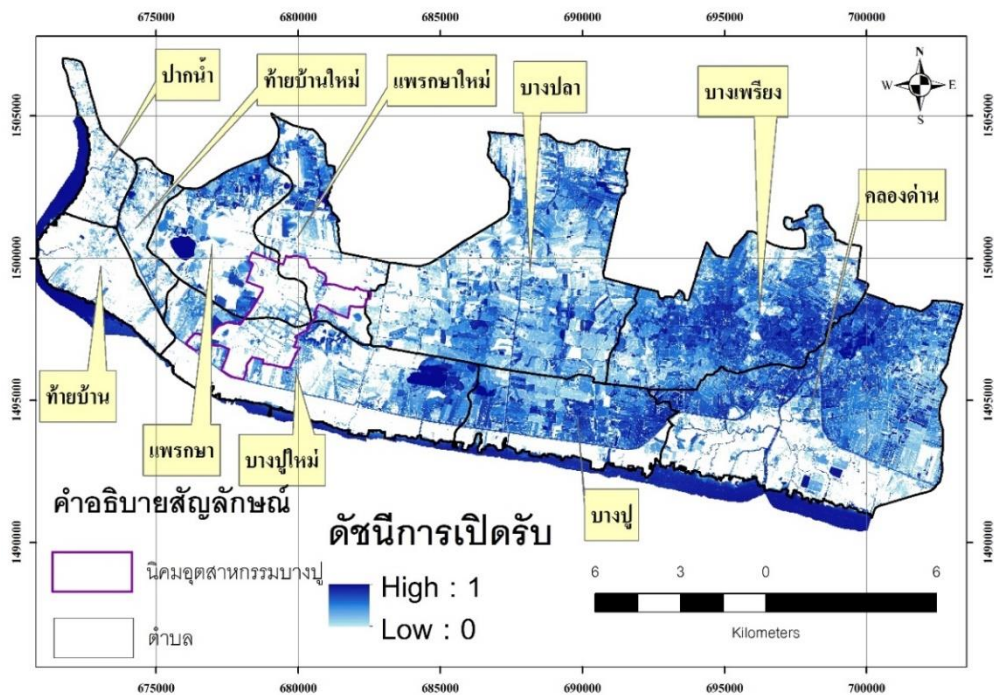
ตารางที่ 20 และภาพที่ 27 แสดงระยะทางของแนวชายฝั่งตามอัตราการกัดเซาะและทับถม อัตราส่วนการกัดเซาะชายฝั่งมากที่สุดคือ 10.01 ถึง 20 เมตรต่อปี ครอบคลุมแนวชายฝั่ง 20.09 กิโลเมตร นอกจากนี้แล้วในพื้นที่ศึกษายังมีชายฝั่งที่มีการทับถมโดยมีอัตราการทับถมเฉลี่ยมากกว่า 5.01 เมตรต่อปี โดยชายฝั่งที่มีการทับถมของตะกอนมีความยาวทั้งสิ้น 10.71 กิโลเมตร

ตารางที่ 20 ระยะทางของแนวชายฝั่งตามอัตราการกัดเซาะและทับถม

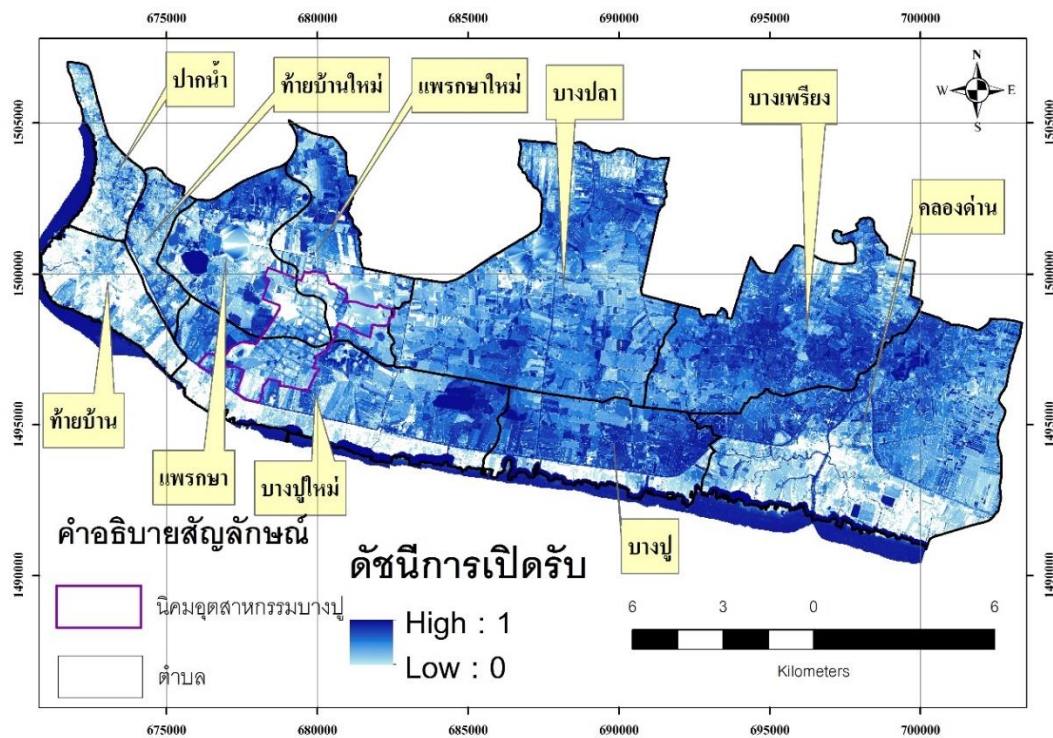
ลำดับ	การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (เมตร ต่อปี)	ระยะทาง
1	อัตราการเซาะมากกว่า 20.01	4.51
2	อัตราการเซาะมากกว่า 10 - 20	21.09
3	อัตราการเซาะมากกว่า 5 - 10	11.45
4	อัตราการเซาะมากกว่า 1 - 5	11.72
5	อัตราชายฝั่งคงที่ (อัตราการกัดเซาะ 0-1 และ อัตราการทับถม 0-1)	3.77
6	อัตราการทับถมมากกว่า 1 - 5	5.50
7	อัตราการทับถมมากกว่า 5	10.71

ตารางที่ 21 ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติในสภาวะมีคลื่นพายุ พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589

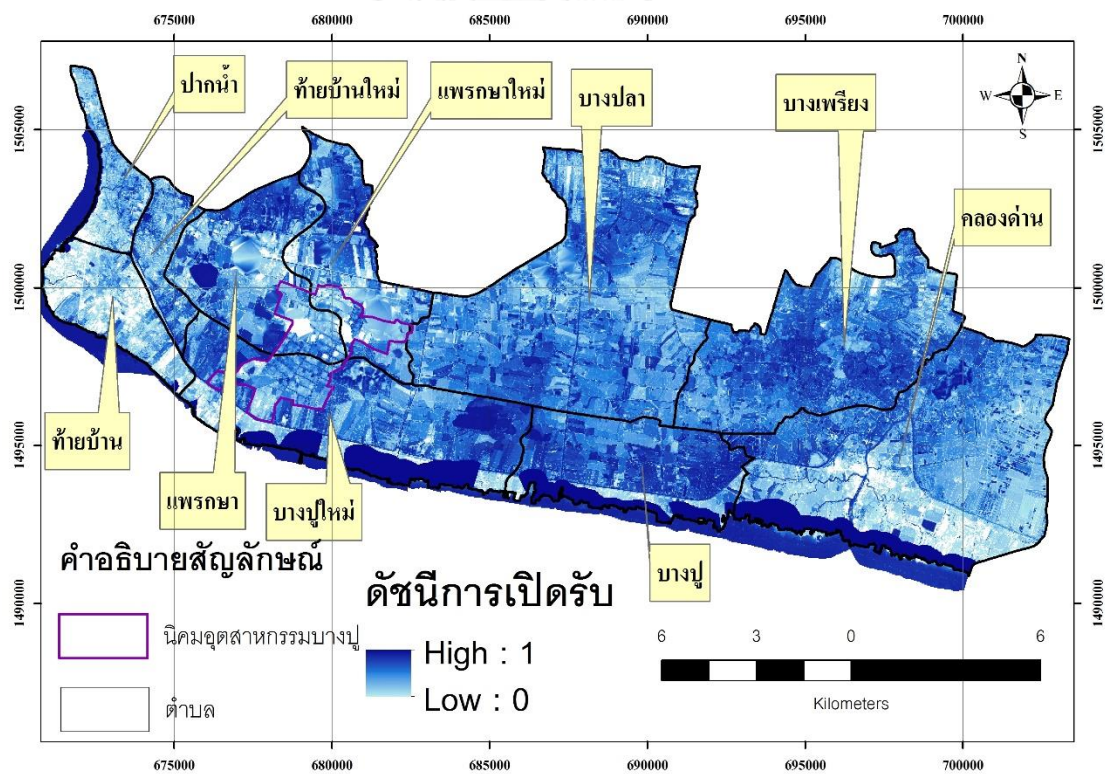
ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589		อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี พ.ศ. 2559 - 2569	อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี พ.ศ. 2569 - 2589
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละที่ครอบคลุม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละที่ครอบคลุม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละที่ครอบคลุม		
1	ปากน้ำ	0.028	27.015	0.07	70.125	0.117	88.473	14.435	3.432
2	บางเพรียง	0.043	84.666	0.07	95.684	0.091	98.075	6.339	1.530
3	บางปลา	0.029	67.448	0.056	94.485	0.082	98.399	9.494	2.352
4	ท้ายบ้านใหม่	0.028	39.062	0.048	81.938	0.074	93.557	7.135	2.759
5	คลองด่าน	0.042	66.003	0.088	84.714	0.151	92.383	10.898	3.535
6	แพรกษาใหม่	0.045	39.438	0.058	79.676	0.084	91.931	2.869	2.258
7	แพรกษา	0.079	44.814	0.08	82.075	0.104	93.02	0.081	1.522
8	ท้ายบ้าน	0.027	15.134	0.047	46.92	0.069	71.499	7.340	2.269
9	บางปู	0.046	73.492	0.139	91.508	0.24	99.126	19.975	3.640
10	บางปูใหม่	0.065	42.274	0.124	80.944	0.236	96.536	8.996	4.554



ภาพที่ 28 แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเล พ.ศ. 2559



ภาพที่ 29 แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเล พ.ศ. 2569



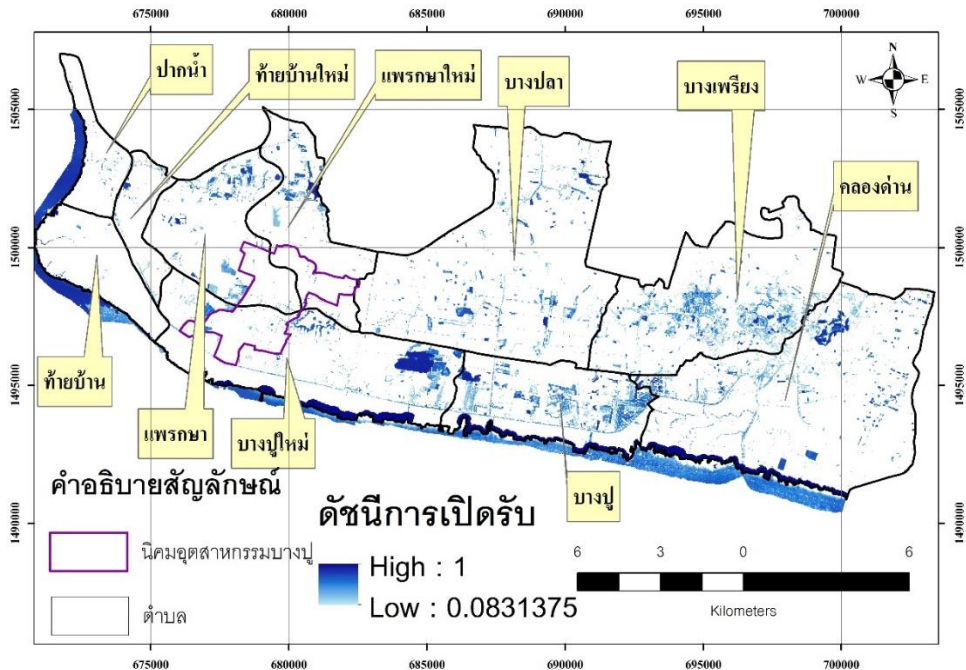
ภาพที่ 30 แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเล พ.ศ. 2589

5.1.3.2 สภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ

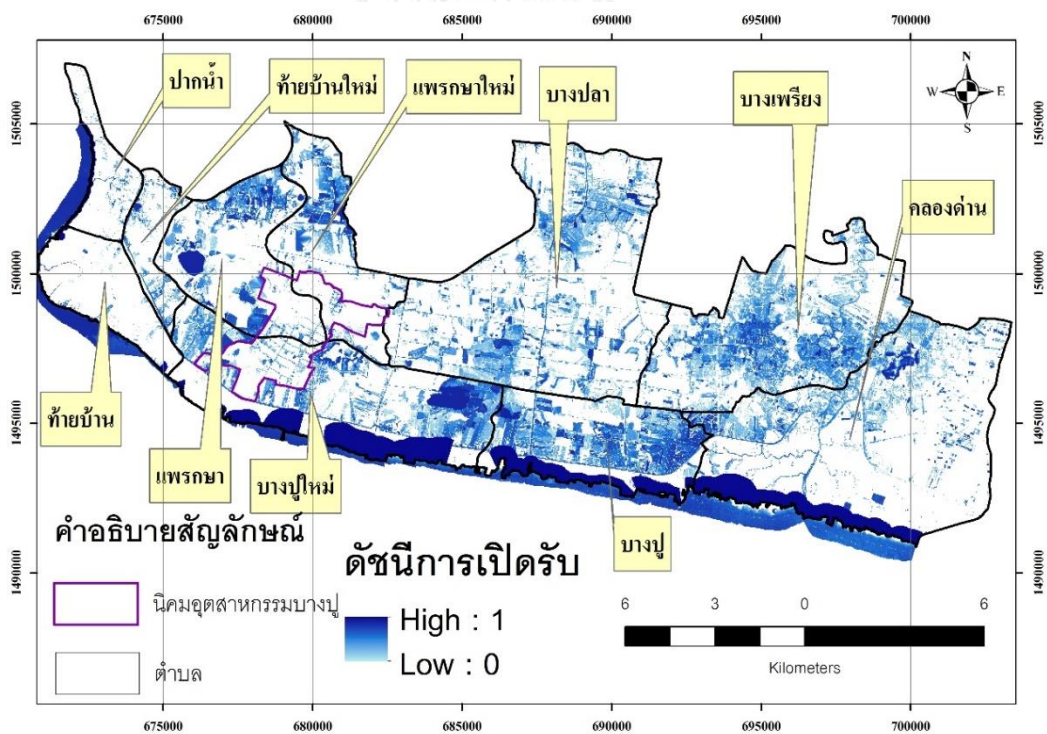
ผลการวิเคราะห์ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ ใน พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 แสดงในตารางที่ 22 และภาพที่ 31-32 เมื่อนำดัชนีการเปิดรับทั้งสองปี มาเปรียบพบว่า ตำบลที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งสูงเป็นตำบลที่ติดกับ ชายฝั่งทะเล เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและมีการกัดเซาะชายฝั่ง แต่เมื่อเปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเปิดรับพบว่าในอนาคตดัชนีการเปิดรับต่อภัยในสภาวะไม่มีคลื่นพายุจะ มีค่าเฉลี่ยลดลงในทุกๆ ตำบล

ตารางที่ 22 ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589		อัตราการเปลี่ยนแปลง เฉลี่ยต่อปี พ.ศ. 2559 - 2569
		ค่าเฉลี่ย	ร้อยละที่ ครอบคลุม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละที่ ครอบคลุม	
1	ปากน้ำ	0.586	4.521	0.415	14.453	-1.455
2	บางเปรียง	0.097	14.332	0.022	46.43	-3.876
3	บางปลา	0.105	6.077	0.022	31.395	-3.962
4	ท้ายบ้านใหม่	0.103	5.503	0.025	24.631	-3.768
5	คลองด่าน	0.333	11.236	0.297	28.884	-0.533
6	แพรกษาใหม่	0.168	7.282	0.043	30.625	-3.70
7	แพรกษา	0.104	8.865	0.087	35.182	-0.837
8	ท้ายบ้าน	0.307	2.72	0.232	7.314	-1.218
9	บางปู	0.324	25.974	0.255	65.92	-1.073
10	บางปูใหม่	0.453	14.741	0.34	49.06	-1.245



ภาพที่ 31 แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติขณะสภาวะปกติ พ.ศ. 2569



ภาพที่ 32 แผนที่ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติขณะสภาวะปกติ พ.ศ. 2589

5.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความอ่อนไหว

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความอ่อนไหวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ปัจจัยการใช้ที่ดิน ปัจจัยประชากร และปัจจัยอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง โดยจะกล่าวตามลำดับดังนี้

5.2.1 ปัจจัยการใช้ที่ดิน

การวิเคราะห์การใช้ที่ดินแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นที่ พ.ศ. 2549 - 2559 เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐาน และการพยากรณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ในพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589

5.2.1.1 การวิเคราะห์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นที่ พ.ศ. 2549 - 2559

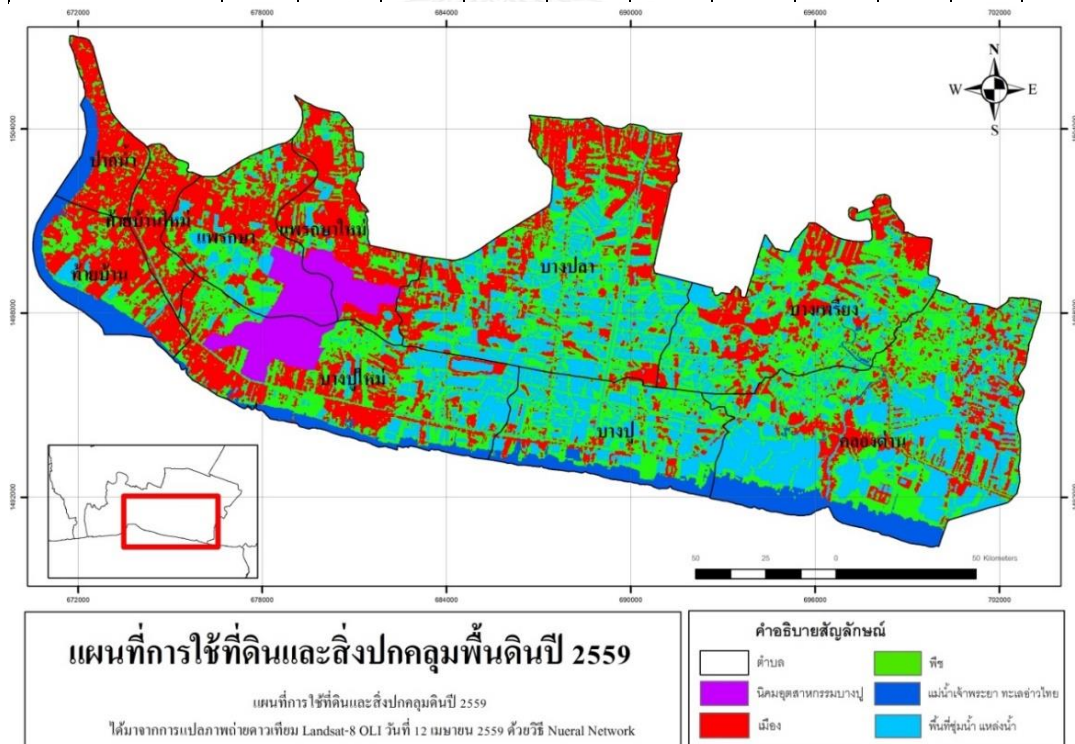
จากตารางที่ 23 และ ภาพที่ 33 ใน พ.ศ. 2549 ประเภทการใช้ที่ดินที่ครอบคลุมพื้นที่ในพื้นที่ศึกษามากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืช พื้นที่แหล่งน้ำหรือพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งรวมถึงสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ นาทุ่ง บ่อปลา ฯลฯ และพื้นที่เมืองหรือสิ่งปลูกสร้าง ตามลำดับ หากพิจารณาเป็นรายตำบล จะพบว่า ตำบลที่มีการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง/เมือง มากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ คือ ตำบลปากน้ำ ท้ายบ้านใหม่ และท้ายบ้าน โดยตำบลปากน้ำ เป็นเขตที่ตั้งของชุมชนเมืองขนาดใหญ่ กล่าวคือ เทศบาลนครสมุทรปราการ ส่วนตำบลท้ายบ้านและตำบลท้ายใหม่ เป็นส่วนหนึ่งของเทศบาลตำบลบางปู ส่วนตำบลคลองด่านเป็นตำบลที่มีการใช้ที่ดินประเภทนี้้น้อยที่สุด เพียงร้อยละ 9.46 ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ในทางกลับกันตำบลคลองด่านเป็นตำบลที่มีพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชมากกว่าตำบลอื่นๆ สำหรับที่ดินประเภทแหล่งน้ำ พบว่า ตำบลบางเพรียง มีการใช้ที่ดินที่เป็นแหล่งน้ำมากที่สุดถึงร้อยละ 43 หรือเกือบครึ่งหนึ่งของการใช้ที่ดินทั้งหมด

ตารางที่ 23 พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) รายตำบลพ.ศ. 2549

ลำดับ	ตำบล	เมือง		อุตสาหกรรม		พืช		แหล่งน้ำ		อื่นๆ		ผลรวมทั้งหมด
		พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	
1	ปากน้ำ	5.37	83.33	0.00	0.00	0.05	0.85	1.02	15.81	0	0.01	6.45
2	บางเพรียง	6.38	19.32	0.00	0.00	12.43	37.68	14.19	43	0.00	0.00	33
3	บางปลา	10.6	20.78	0.02	0.04	20.79	40.74	19.61	38.44	0.00	0.00	51.03
4	ท้ายบ้านใหม่	4.67	77.73	0.00	0.00	0.41	6.83	0.93	15.44	0.00	0.00	6.01
5	คลองด่าน	4.84	9.46	0.00	0.00	27.92	54.61	18.16	35.51	0.22	0.43	51.13
6	แพรกษาใหม่	5.55	33.64	2.89	17.53	3.63	21.98	4.43	26.84	0.00	0.00	16.49
7	แพรกษา	5.93	30.68	3.57	18.46	5.55	28.69	4.29	22.18	0.00	0.00	19.34
8	ท้ายบ้าน	6.01	55.33	0.00	0.00	1.55	14.26	3.28	30.21	0.02	0.2	10.85
9	บางปู	2.94	14.99	0.00	0.00	8.46	43.15	7.99	40.76	0.22	1.11	19.61
10	บางปูใหม่	8.84	26.45	4.86	14.54	7.83	23.44	11.7	35	0.19	0.57	33.42
	ผลรวมทั้งหมด	61.12	24.71	11.34	4.58	88.63	35.83	85.59	34.61	0.65	0.26	247.33

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	เมือง		อุตสาหกรรม		พืช		แหล่งน้ำ		อื่นๆ		ผลรวมทั้งหมด
		พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	
5	คลองด่าน	10.16	19.87	0.00	0.00	20.82	40.72	20.15	39.41	0.00	0.00	51.13
6	แพรกษาใหม่	8.28	50.21	2.86	17.34	4.18	25.35	1.17	7.10	0.00	0.00	16.49
7	แพรกษา	7.40	38.26	3.57	18.46	5.71	29.52	2.65	13.70	0.00	0.00	19.34
8	ท้ายบ้าน	6.51	60.00	0.00	0.00	3.48	32.07	0.85	7.83	0.01	0.09	10.85
9	บางปู	2.34	11.93	0.00	0.00	8.97	45.74	8.31	42.38	0.00	0.00	19.61
10	บางปูใหม่	9.88	29.56	4.89	14.63	12.22	36.56	6.37	19.06	0.06	0.18	33.42
รวม		80.56	32.57	11.34	4.58	93.28	37.71	62.08	25.10	0.07	0.03	247.33

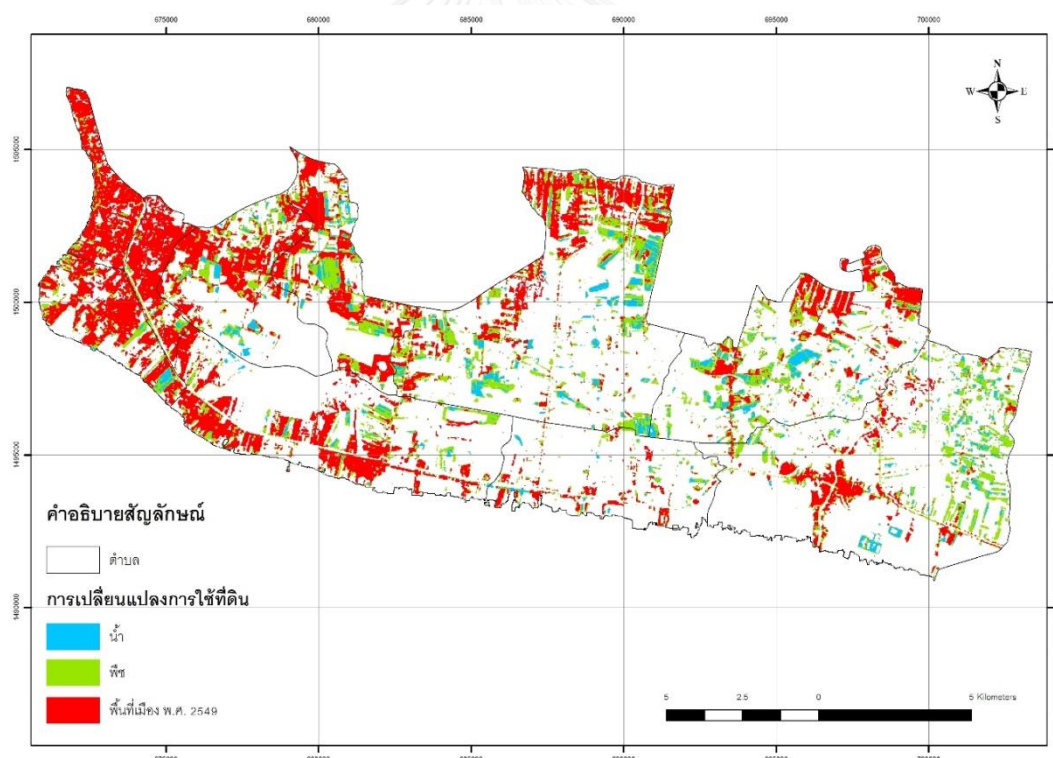


ภาพที่ 34 แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ. 2559

ในช่วงระหว่าง พ.ศ. 2549 - 2559 พบว่าการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 61.12 ตารางกิโลเมตร เป็น 80.56 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่กลายเป็นเมืองนั้น เดิมเป็นพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืช ดังแสดงในตารางที่ 25 สำหรับในภาพที่ 35 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมือง ในช่วง พ.ศ. 2549 - 2559 สีแดงคือพื้นที่เมืองเดิมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนสีฟ้าคือพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเมือง และสีเขียวคือพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชเปลี่ยนแปลงเป็นเมือง

ตารางที่ 25 ประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมืองระหว่างพ.ศ. 2549 - 2559

ลำดับ	การใช้ที่ดินก่อนกลายเป็นเมือง	พื้นที่ (ตร.กม.)
1	อุตสาหกรรม	0.065
2	แหล่งน้ำ	7.449
3	พืช และพื้นที่โล่งมีหญ้าปกคลุม	26.386



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมือง ในช่วง พ.ศ.2549 - 2559

5.2.1.2 การพยากรณ์การใช้ที่ดินพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589

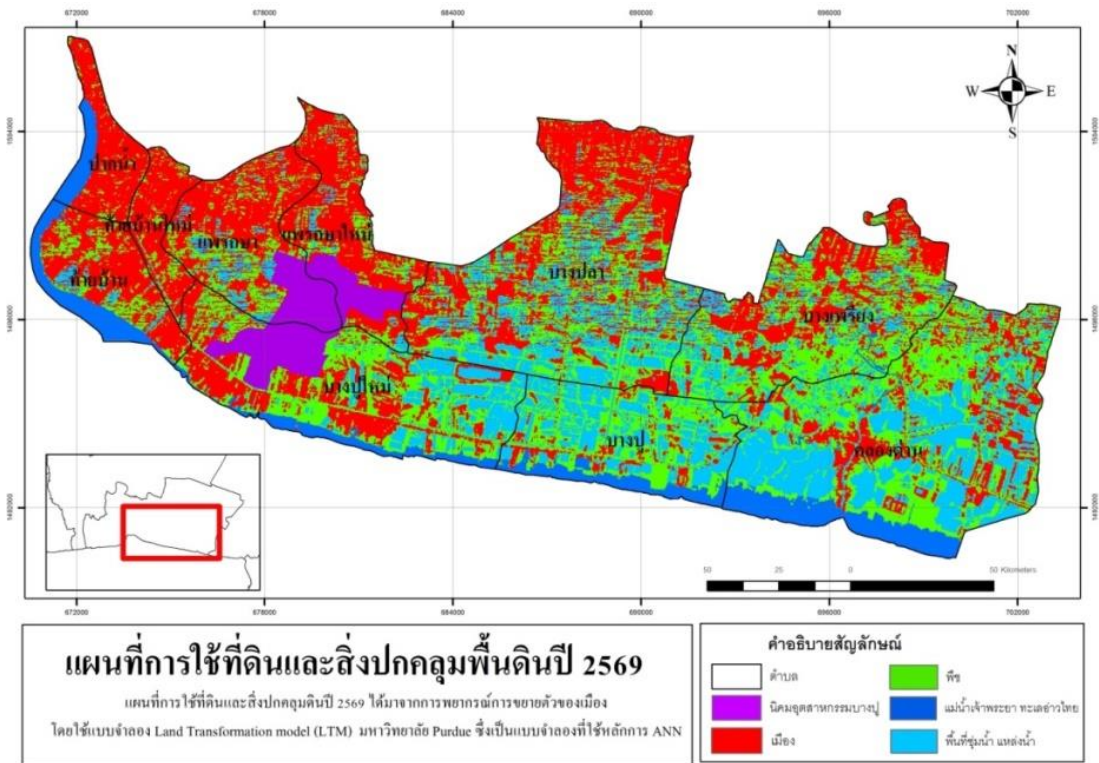
ผลการพยากรณ์การใช้ที่ดินพ.ศ. 2569 พบว่ามีร้อยละความถูกต้อง (Percent correct metric: PCM) เท่ากับ 48.45 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าผลการพยากรณ์ยอมรับได้ พื้นที่ศึกษาจะมีการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง ในสัดส่วนมากที่สุดคือ 99.35 ตารางกิโลเมตร หรือ

ร้อยละ 40.17 ของพื้นที่การใช้ที่ดินทั้งหมด ในขณะที่สิ่งปกคลุมดินประเภทแหล่งน้ำ มีสัดส่วนน้อยที่สุดครอบคลุมพื้นที่เพียง 56.55 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 22.87 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมบางปูนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากกำหนดให้การใช้ที่ดินประเภทนี้เป็นพื้นที่กันออกในแบบจำลอง LTM

เมื่อจำแนกเป็นรายตำบลแล้วพบว่า การใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง ในตำบลปากน้ำครอบคลุมพื้นที่ถึงร้อยละ 90.12 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามมาด้วยตำบลท้ายบ้านใหม่ และตำบลแพรเทศตามลำดับ ส่วนตำบลที่มีพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างน้อยที่สุดคือ ตำบลบางปู ซึ่งมีพื้นที่เพียงร้อยละ 11.83 ของพื้นที่ทั้งตำบล ดังแสดงในตารางที่ 26 และภาพที่ 36

ตารางที่ 26 พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) พ.ศ. 2569

ลำดับ	ตำบล	เมือง		อุตสาหกรรม		พืช		แหล่งน้ำ		อื่นๆ		ผลรวมทั้งหมด
		พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	
1	ปากน้ำ	5.81	90.22	0.00	0.00	0.58	9.01	0.01	0.16	0.04	0.62	6.44
2	บางเพรียง	13.08	39.64	0.00	0.00	13.55	41.06	6.37	19.30	0.00	0.00	33.00
3	บางปลา	23.95	46.93	0.02	0.04	14.76	28.92	12.30	24.10	0.00	0.00	51.03
4	ท้ายบ้านใหม่	4.98	82.86	0.00	0.00	0.92	15.31	0.10	1.66	0.00	0.00	6.01
5	คลองด่าน	10.79	21.10	0.00	0.00	20.26	39.62	19.97	39.06	0.12	0.23	51.13
6	แพรเทศใหม่	10.23	62.04	2.90	17.59	2.60	15.77	0.76	4.61	0.00	0.00	16.49
7	แพรเทศ	10.21	52.79	3.57	18.46	3.76	19.44	1.80	9.31	0.00	0.00	19.34
8	ท้ายบ้าน	7.49	69.03	0.00	0.00	2.62	24.15	0.65	5.99	0.10	0.92	10.85
9	บางปู	2.32	11.83	0.00	0.00	8.86	45.18	8.31	42.38	0.12	0.61	19.61
10	บางปูใหม่	10.48	31.36	4.86	14.54	11.62	34.77	6.28	18.79	0.17	0.51	33.42
	รวม	99.35	40.17	11.34	4.59	79.54	32.16	56.55	22.87	0.55	0.22	247.32

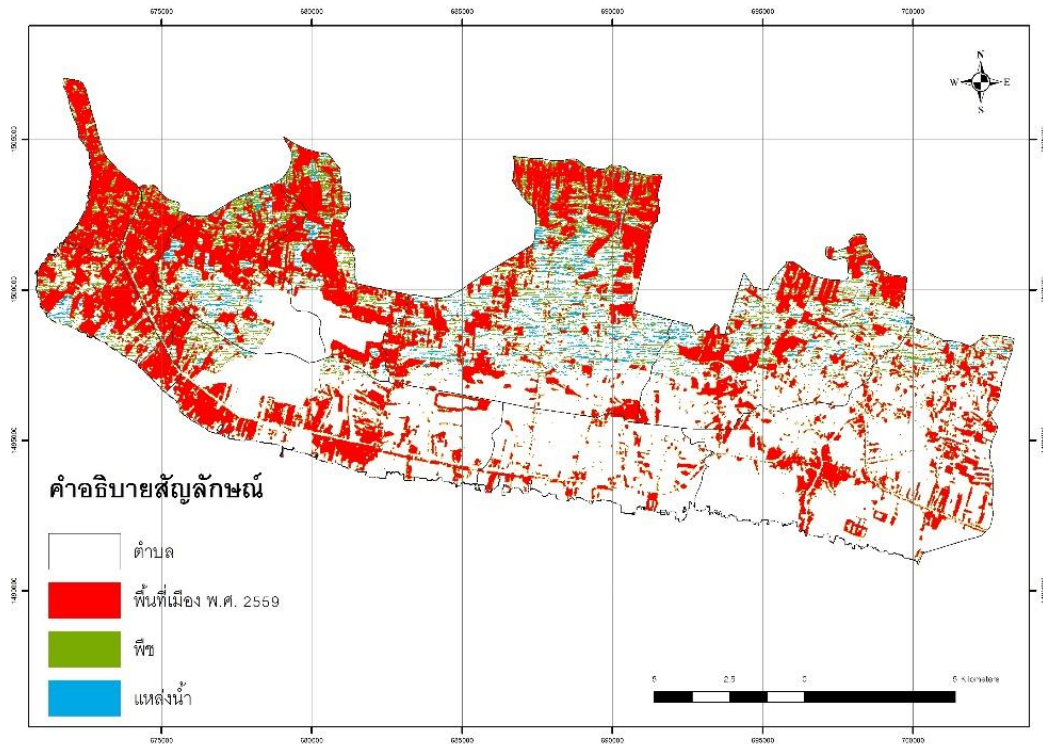


ภาพที่ 36 แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่พยากรณ์ใน พ.ศ. 2569

การใช้ที่ดินระหว่างพ.ศ. 2559 - 2569 เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชเป็นพื้นที่เมืองมากที่สุด โดยตำบลแพรกษา ตำบลแพรกษาใหม่ ตำบลบางปลา และตำบลบางเปรี้ยวมีการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พื้นที่ทางด้านเหนือของตำบลคลองด่านก็มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยเช่นกัน อย่างไรก็ตามพื้นที่ในสวนที่ติดทะเล ในตำบลบางปู ตำบลบางปูใหม่ และตำบลคลองด่าน กลับไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 27 สำหรับในภาพที่ 37 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมือง ในช่วง พ.ศ. 2559 - 2569 สีแดงคือพื้นที่เมืองเดิมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนสีฟ้าคือพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเมือง และสีเขียวคือพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชเปลี่ยนแปลงเป็นเมือง

ตารางที่ 27 ประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมืองระหว่างพ.ศ. พ.ศ. 2559 - 2569

ลำดับ	การใช้ที่ดินก่อนกลายเป็นเมือง	พื้นที่ (ตร. ก.ม.)
1	อุตสาหกรรม	0.069
2	แหล่งน้ำ	6.236
3	พืช	18.785



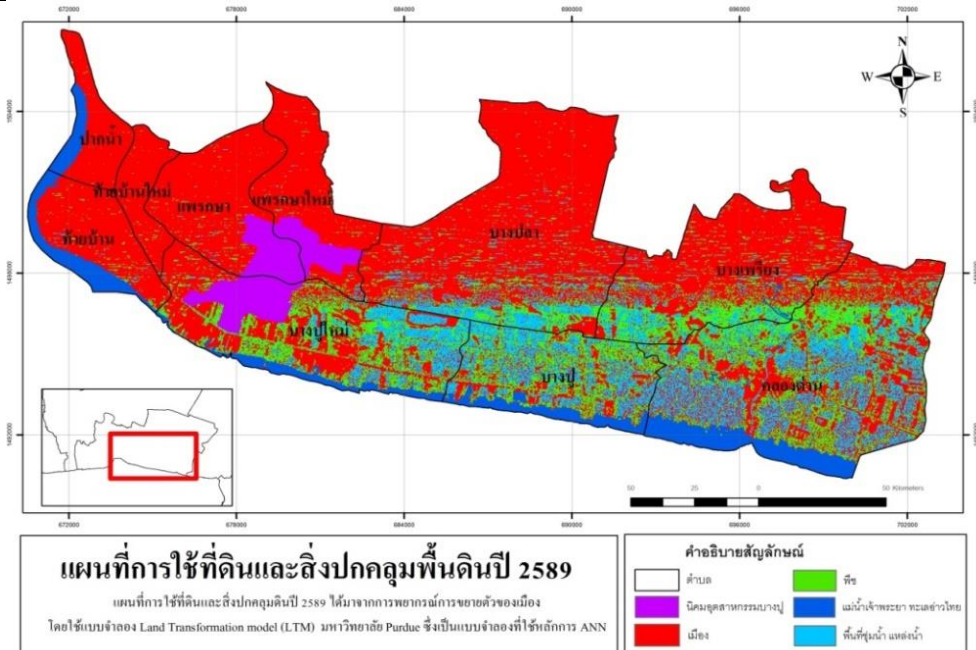
ภาพที่ 37 แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมืองในช่วง พ.ศ. 2559 - 2569

การคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดินพ.ศ. 2589 พบว่ามีร้อยละความถูกต้อง (Percent correct metric: PCM) เท่ากับ 37.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ พื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 64.49 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ตามมาด้วยการใช้ที่ดินประเภทพืช และพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ที่ดินรายตำบล พบว่าตำบลบางปู ตำบลบางปูใหม่ และตำบลคลองด่าน ที่พื้นที่เมืองน้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนตำบลอื่นๆ นั้นมีสิ่งปลูกสร้างมากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ทั้งหมด ได้แก่ ตำบลปากน้ำ ตำบลท้ายบ้านใหม่ และตำบลท้ายบ้าน และในตำบลเหล่านี้ รวมถึงตำบลแพรกษา และตำบลแพรกษาใหม่ มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำร้อยละ 2 ของพื้นที่ทั้งหมด นอกจากนี้พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชนั้นยังคงพบมากในตำบลบางปู ตำบลคลองด่าน และตำบลบางปูใหม่ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 28 และภาพที่ 38

ตารางที่ 28 ผลการพยากรณ์พื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ตร.กม.) พ.ศ. 2589

ลำดับ	ตำบล	เมือง		อุตสาหกรรม		พืช		แหล่งน้ำ		อื่นๆ		ผล ทั้งหมด รวม
		พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	พื้นที่	ร้อยละ	
1	ปากน้ำ	6.37	98.91	0.00	0.00	0.04	0.62	0.00	0.00	0.04	0.62	6.44
2	บางเพรียง	23.85	72.27	0.00	0.00	6.07	18.39	3.08	9.33		0.00	33
3	บางปลา	42.07	82.44	0.02	0.04	4.39	8.60	4.56	8.94	0.00	0.00	51.03
4	ท้ายบ้านใหม่	5.89	98.00	0.00	0.00	0.11	1.83	0.02	0.33		0.00	6.01
5	คลองด่าน	22.36	43.73	0.00	0.00	14.43	28.22	14.23	27.83	0.12	0.23	51.13
6	แพรกษาใหม่	13.1	79.44	2.9	17.59	0.36	2.18	0.13	0.79	0.00	0.00	16.49
7	แพรกษา	15.27	78.96	3.57	18.46	0.35	1.81	0.15	0.78	0.00	0.00	19.34
8	ท้ายบ้าน	10.24	94.38	0.00	0.00	0.4	3.69	0.12	1.11	0.1	0.92	10.85
9	บางปู	5.95	30.34	0.00	0.00	6.92	35.29	6.62	33.76	0.12	0.61	19.61
10	บางปูใหม่	14.41	43.12	4.86	14.54	8.76	26.21	5.21	15.59	0.19	0.57	33.42
	รวม	159.5	64.49	11.34	4.59	41.82	16.91	34.1	13.79	0.56	0.23	247.32

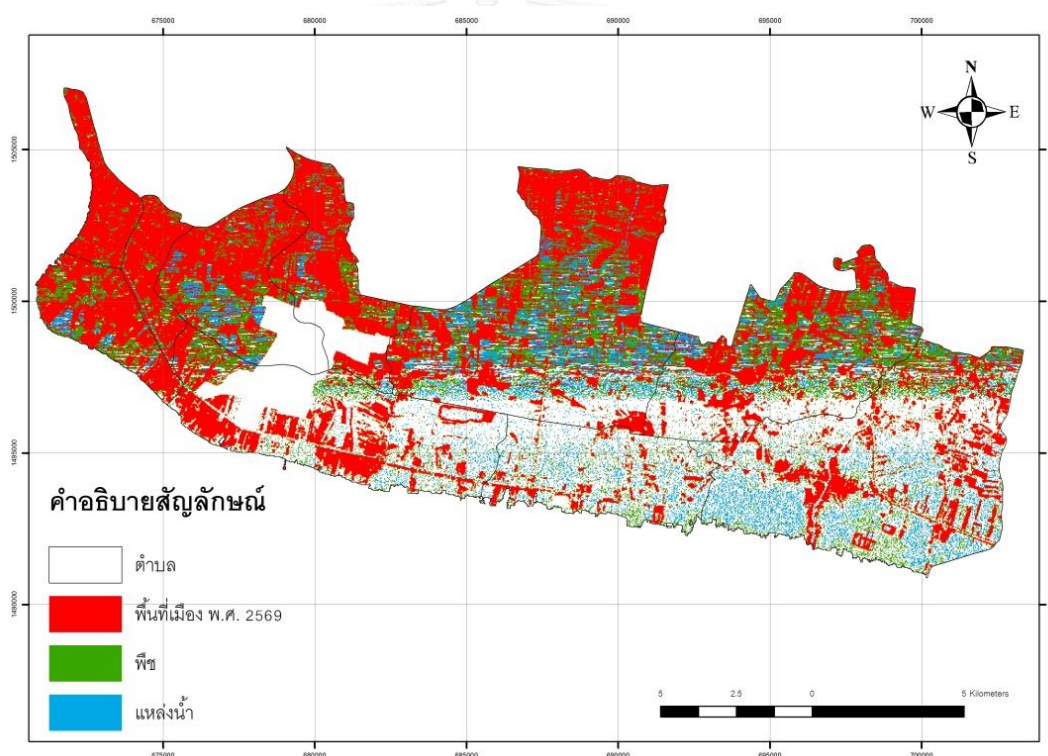


ภาพที่ 38 แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่พยากรณ์ใน พ.ศ. 2589

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างพ.ศ. 2569 - 2589 นั้นส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงจากการใช้ที่ดินที่ปกคลุมด้วยพืชเป็นที่ยู้อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ดังแสดงในตารางที่ 29 สำหรับในภาพที่ 39 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทอื่นมาเป็นเมือง ในช่วง พ.ศ.2569 - 2589 สีแดงคือพื้นที่เมืองเดิมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนสีฟ้าคือพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเมือง และสีเขียวคือพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชเปลี่ยนแปลงเป็นเมือง

ตารางที่ 29 ประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เมืองระหว่างพ.ศ. ในช่วง พ.ศ. 2569 - 2589

ลำดับ	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร. ก.ม.)
1	แหล่งน้ำเป็นเมือง	22.431
2	พืชเป็นเมือง	37.721



ภาพที่ 39 การใช้ที่ดินประเภทอื่นที่เปลี่ยนเป็นเมืองในช่วง พ.ศ. 2569 - 2589

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นประชากร

การเปลี่ยนแปลงประชากรรวมในพื้นที่ศึกษา จากการฉายภาพประชากรโดยใช้ข้อมูลประชากรช่วงพ.ศ. 2540 - 2558 พบว่าใน พ.ศ. 2559 มีประชากรเพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2558 จำนวน 5,509 คน และพยากรณ์ได้ว่า ใน พ.ศ. 2569 จะมีประชากรในพื้นที่ศึกษาเพิ่มขึ้นจำนวน

53,462 คน และใน พ.ศ. 2589 มีประชากรเพิ่มขึ้นอีก 323,759 คน คิดเป็นร้อยละ 118 หรือมากกว่าสองเท่าของประชากรเดิมพ.ศ. 2559 (ตารางที่ 30) ทั้งนี้ตำบลที่มีอัตราเพิ่มขึ้นของประชากรมากที่สุดคือ ตำบลท้ายบ้านใหม่ ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่า 5 เท่า รองลงมาคือ ตำบลแพรกษา เพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่า และสุดท้ายคือตำบลแพรกษาใหม่ เพิ่มขึ้นเกือบ 1 เท่าตัว มีเพียง 2 ตำบลที่จำนวนประชากรจะลดลงในอนาคต ได้แก่ ตำบลคลองด่าน และตำบลปากน้ำ

ตารางที่ 30 จำนวนประชากรคาดการณ์ใน พ.ศ. 2559, 2569, และ 2589

โดยแนวโน้มประชากรคือการเปลี่ยนแปลงของประชากรรายปีพ.ศ.2559-2589

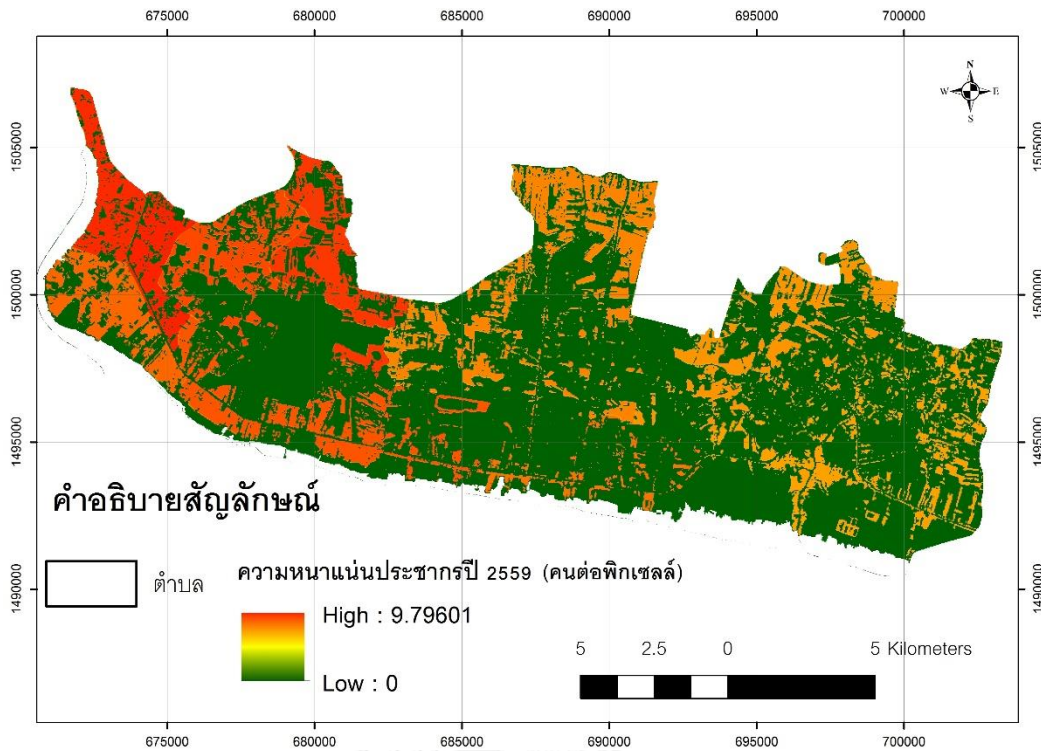
อันดับ	ตำบล	ปี 2559	ปี 2569	ปี 2589	แนวโน้ม
1	คลองด่าน	17,571	17,435	17,429	
2	ท้ายบ้าน	26,414	26,540	26,554	
3	ท้ายบ้านใหม่	49,117	62,707	302,618	
4	บางปลา	32,163	32,499	32,546	
5	บางปู	5,849	7,780	7,780	
6	บางปูใหม่	39,224	39,414	39,438	
7	บางเพรียง	17,514	19,233	20,435	
8	ปากน้ำ	49,617	46,550	45,097	
9	แพรกษา	35,706	57,267	119,971	
10	แพรกษาใหม่	45,860	63,074	84,390	
	รวม	319,037	372,498	696,258	

เมื่อนำข้อมูลประชากรจากใน พ.ศ. 2559, 2569, และ 2589 จากตาราง 31 มากระจายอยู่ในเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง ในรูปแบบแรสเตอร์ที่มีความละเอียด 30*30 เมตร ผลการศึกษาจากตารางที่ 31 พบว่า พ.ศ. 2559 ตำบลที่มีประชากรอาศัยหนาแน่นที่สุดคือ ตำบลท้ายบ้านใหม่ ซึ่งมีประชากร 9.55 คนในพื้นที่ 1 เซลล์ ส่วนตำบลที่มีประชากรอาศัยอยู่เบาบางที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน ซึ่งมีประชากรอาศัยหนาแน่น 1.47 คนในพื้นที่ 1 เซลล์ (ภาพที่ 40) ส่วน พ.ศ. 2569 ตำบลที่มีการตั้งถิ่นฐานอย่างหนาแน่นมากที่สุดคือ ตำบลท้ายบ้านใหม่ ซึ่งมีประชากรอาศัยหนาแน่นมากที่สุด ตำบลที่มีประชากรอาศัยเบาบางที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน โดยมีประชากรอาศัยเฉลี่ย 1.45 คนใน 1 เซลล์ (ภาพที่ 41) และปีสุดท้าย พ.ศ. 2589 ตำบลที่มีความหนาแน่นเฉลี่ย

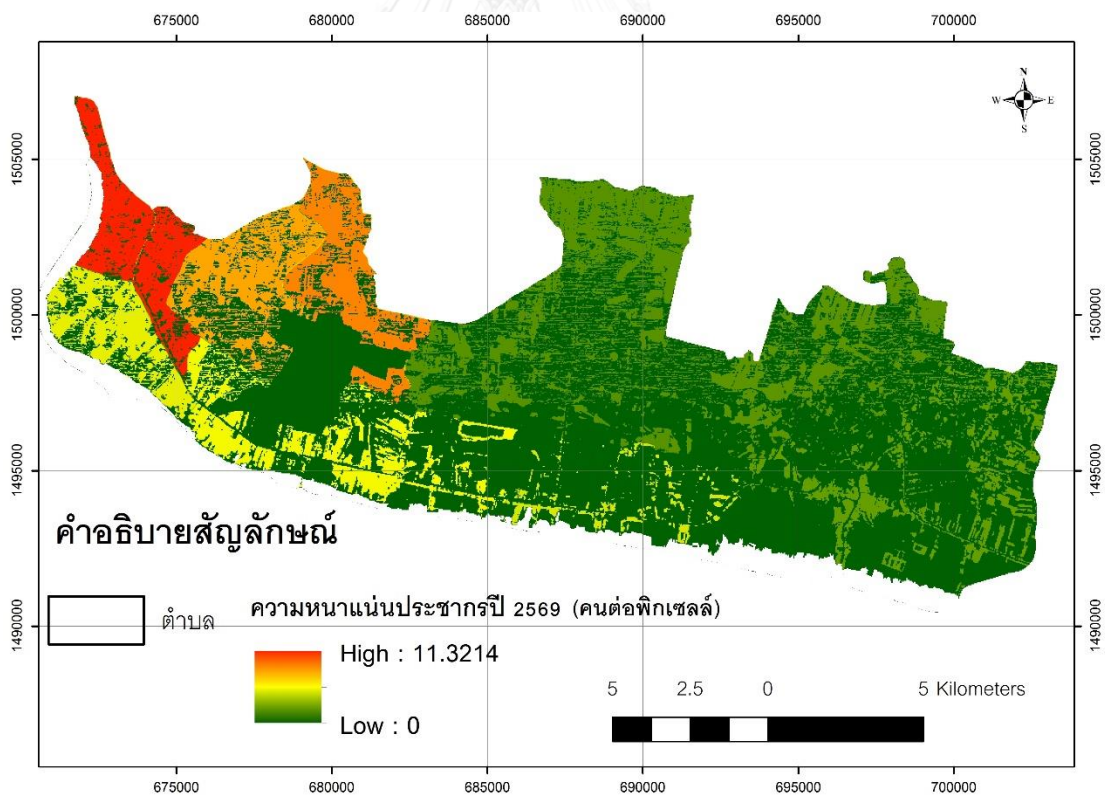
ประชากรมากที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน โดยมีประชากร 46.11 คนใน 1 เซลล์ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าตำบลแห่งนี้มีความหนาแน่นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากตำบลที่มีความหนาแน่นอันดับที่สองอย่างตำบลปากน้ำถึง 7.1 เท่า ส่วนตำบลที่มีประชากรอาศัยอยู่เบาบางที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน โดยมีความหนาแน่นประชากรเฉลี่ยเพียง 0.58 คนใน 1 เซลล์ (ภาพที่ 42)

ตารางที่ 31 จำนวนประชากรใน 1 เซลล์ของแต่ละตำบล พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589

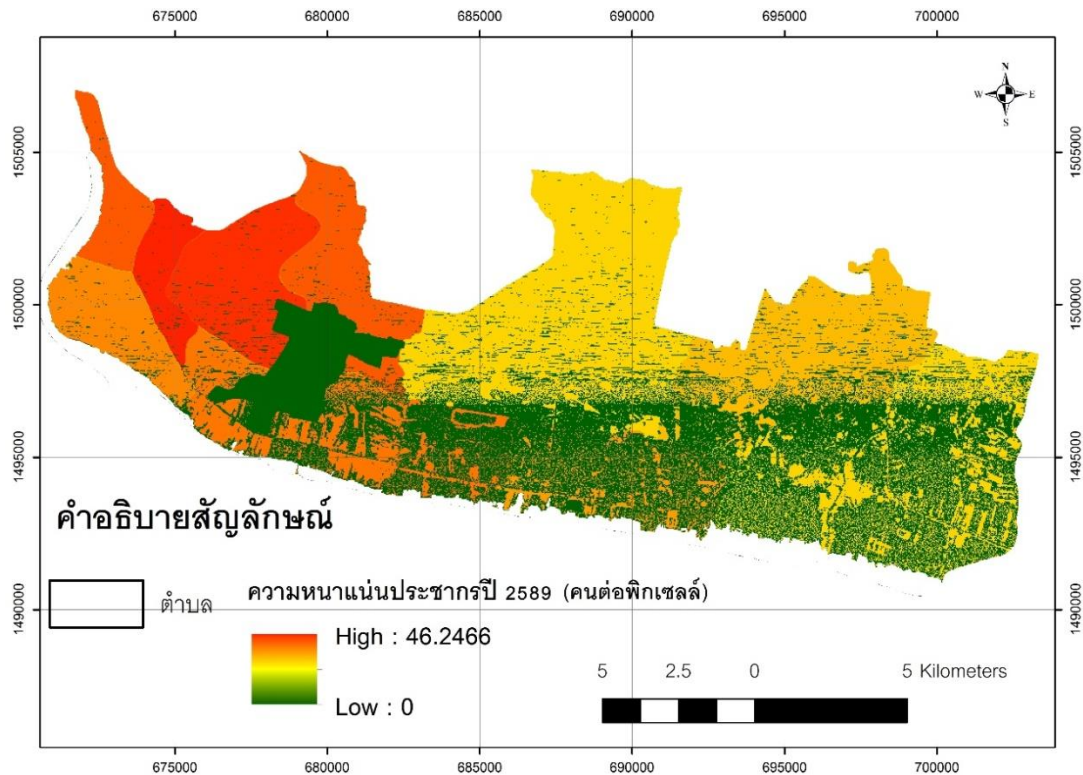
ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2569	พ.ศ. 2589
1	ปากน้ำ	8.77	7.2	6.37
2	แพรกษาใหม่	4.72	5.55	5.8
3	บางปลา	1.78	2.63	2.77
4	ท้ายบ้านใหม่	9.8	11.32	46.25
5	แพรกษา	4.52	5.61	22.93
6	บางเพรียง	1.62	1.32	0.77
7	ท้ายบ้าน	4.02	3.19	2.33
8	บางปูใหม่	3.72	5.63	23.01
9	คลองด่าน	1.54	1.45	0.7
10	บางปู	2.61	3.01	1.17



ภาพที่ 40 แผนที่จำนวนประชากรต่อเซลล์ (900 ตร.ม.) พ.ศ. 2559



ภาพที่ 41 แผนที่จำนวนประชากรต่อเซลล์ (900 ตร.ม.) พ.ศ. 2569



ภาพที่ 42 แผนที่จำนวนประชากรต่อเซลล์ (900 ตร.ม.) พ.ศ. 2589

5.2.3 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนประชากรวัยฟุ้งฟิง

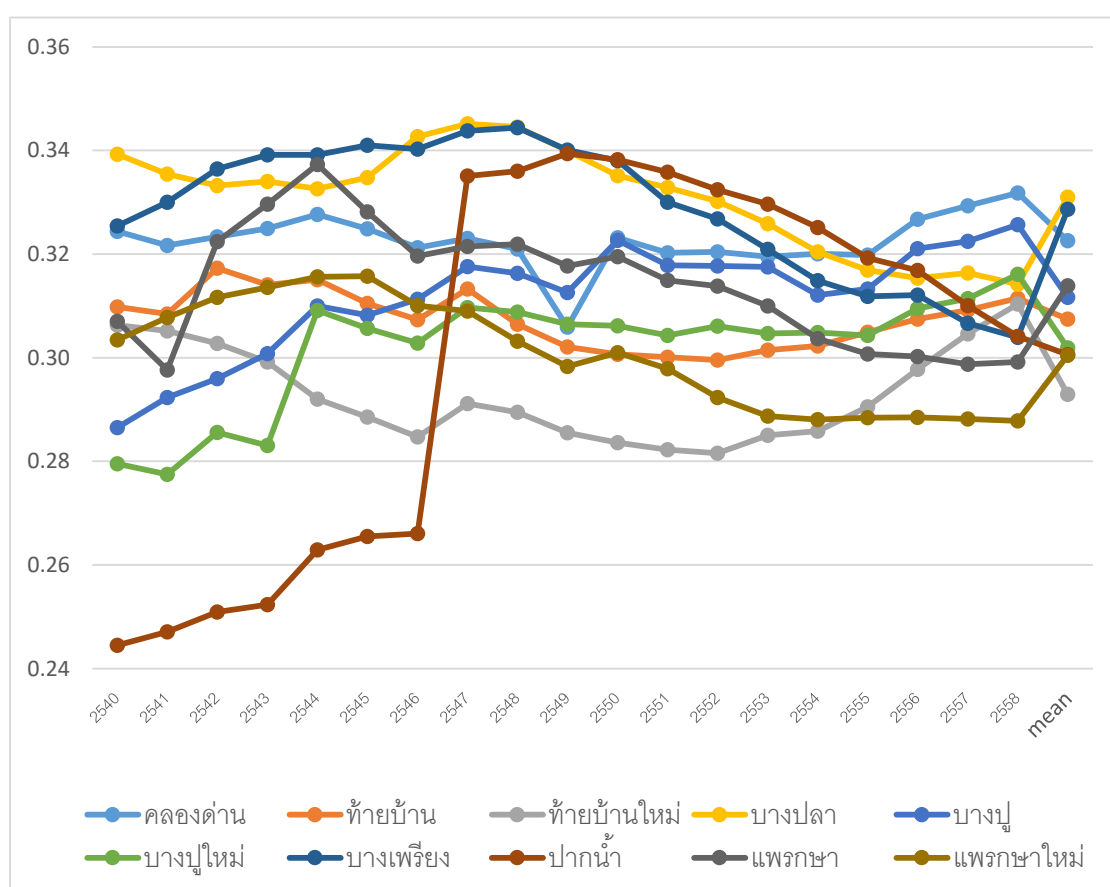
จากการพิจารณาแนวโน้มของอัตราส่วนประชากรวัยฟุ้งฟิงระหว่าง พ.ศ. 2540 - 2558 พบว่า ทุกตำบลมีอัตราการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่แน่นอนในแต่ละปี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนประชากรวัยฟุ้งฟิงในช่วงเวลาดังกล่าว ผลการวิเคราะห์พบว่า ตำบลบางปลา ตำบลบางเพรียงและตำบลคลองด่าน มีอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยรายปีของประชากรวัยฟุ้งฟิงมากที่สุดตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 32 และภาพที่ 43

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประชากรวัยฟุ้งฟิง

ลำดับ	ตำบล	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประชากรวัยฟุ้งฟิง
1	คลองด่าน	32.21
2	ท้ายบ้าน	30.72
3	ท้ายบ้านใหม่	29.20
4	บางปลา	33.19
5	บางปู	31.09
6	บางปูใหม่	30.11
7	บางเพรียง	33.01

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง
8	ปากน้ำ	30.04
9	แพรक्षा	31.47
10	แพรक्षाใหม่	30.12



ภาพที่ 43 อัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงรายปีระหว่าง พ.ศ. 2540 - 2558

เมื่อคำนวณและพยากรณ์ประชากรวัยพึ่งพิงของแต่ละตำบลใน พ.ศ. 2559 ด้วยอัตราเฉลี่ยการพึ่งพิงของแต่ละตำบลในขั้นตอนก่อนหน้า พบว่า ตำบลที่มีประชากรวัยพึ่งพิงมากที่สุดคือ ตำบลทำยบ้านใหม่ ตำบลปากน้ำ และตำบลแพรक्षाใหม่ ตามลำดับ ทั้งนี้อัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิงในการศึกษานี้มีค่าแนวโน้มแปรผันตรงกับจำนวนประชากรจากการคาดการณ์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผลการพยากรณ์ประชากรวัยพึ่งพิงใน พ.ศ. 2569 และ 2589 จะมีจำนวนมาก เช่น ในตำบลทำยบ้านใหม่ พ.ศ. 2589 ที่มีประชากรในกลุ่มนี้ถึง 88,364 คนจากจำนวนประชากรทั้งหมด (ตารางที่ 33) เมื่อได้ผลลัพธ์ของประชากรวัยพึ่งพิงของแต่ละตำบลแล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปนอร์มอลไลซ์เป็นค่าดัชนีตามการใช้ที่ดินประเภทเมือง

ตารางที่ 33 จำนวนประชากรวัยพึ่งพิงจากการคาดการณ์ (คน) ใน พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

อันดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2569	พ.ศ. 2589
1	ปากน้ำ	4,905	13,984	13,547
2	บางเพรียง	5,781	6,348	6,745
3	บางปลา	10,676	10,788	10,804
4	ท้ายบ้านใหม่	14,342	18,310	88,364
5	คลองด่าน	5,659	5,615	5,614
6	แพรกษาใหม่	13,812	18,997	25,417
7	แพรกษา	11,237	18,022	37,755
8	ท้ายบ้าน	8,115	8,154	8,158
9	บางปู	1,818	2,419	2,419
10	บางปูใหม่	11,810	11,868	11,875
	รวม	98,156	114,504	210,696

5.2.3 ดัชนีความอ่อนไหว

ปัจจัยด้านความอ่อนไหวประกอบด้วย 3 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีการใช้ที่ดิน ดัชนีความหนาแน่นประชากร และดัชนีอัตราการพึ่งพิง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงดัชนีของแต่ละปัจจัยด้านความอ่อนไหว และสุดท้ายคือการวิเคราะห์ดัชนีความอ่อนไหวโดยการนำดัชนีเหล่านี้มารวมกัน

5.2.3.1 ดัชนีการใช้ที่ดิน

ดัชนีการใช้ที่ดินนั้นได้มาจากการการวิเคราะห์ AHP เพื่อเป็นมาตรวัดความสำคัญของดัชนีการใช้ที่ดิน ผลการการวิเคราะห์ AHP เป็นไปตามตารางที่ 34 อนึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าดัชนีการใช้ที่ดินมีค่าคงที่ตลอดการศึกษา เพราะใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยดัชนีของประเภทการใช้ที่ดิน

ปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน	ค่าเฉลี่ย
เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	0.230
พืช	0.268
แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ	0.265
อุตสาหกรรม	0.237

5.2.3.2 ดัชนีความหนาแน่นประชากร

การวิเคราะห์ดัชนีความหนาแน่นประชากร ได้จากวิธีการนอร์มอลไลซ์ ข้อมูลความหนาแน่นประชากร จากการวิเคราะห์พบว่า เป็นไปตามตารางที่ 35 ตารางที่ 35 ค่าดัชนีความหนาแน่น พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	0.190	0.151	0.245	0.141	1.000	0.136
2	บางเพรียง	0.035	0.010	0.029	0.011	0.017	0.012
3	บางปลา	0.080	0.012	0.097	0.012	0.119	0.012
4	ท้ายบ้านใหม่	0.212	0.151	0.245	0.201	1.000	0.969
5	คลองด่าน	0.033	0.006	0.031	0.007	0.025	0.007
6	แพรกษาใหม่	0.102	0.050	0.120	0.074	0.142	0.099
7	แพรกษา	0.088	0.031	0.225	0.058	0.917	0.121
8	ท้ายบ้าน	0.078	0.045	0.245	0.048	1.000	0.049
9	บางปู	0.057	0.006	0.065	0.008	0.041	0.008
10	บางปูใหม่	0.080	0.022	0.125	0.023	0.872	0.023

5.2.3.3 ดัชนีอัตราการพึ่งพิง

การวิเคราะห์ดัชนีอัตราการพึ่งพิง ได้จากวิธีการได้จากวิธีการนอร์มอลไลซ์ จากการวิเคราะห์พบว่า เป็นไปตามตารางที่ 36 ตารางที่ 36 ดัชนีอัตราการพึ่งพิง พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	0.432	0.345	0.615	0.560	1.000	0.994
2	บางเพรียง	0.437	0.128	0.378	0.147	0.267	0.194
3	บางปลา	0.437	0.140	0.378	0.178	0.280	0.216
4	ท้ายบ้านใหม่	0.432	0.316	0.615	0.367	1.000	0.458
5	คลองด่าน	0.461	0.092	0.482	0.102	0.756	0.228
6	แพรกษาใหม่	0.437	0.201	0.400	0.224	0.369	0.223

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
7	แพรक्षा	0.432	0.160	0.443	0.212	0.467	0.291
8	ท้ายบ้าน	0.440	0.260	0.615	0.306	1.000	0.429
9	บางปู	0.461	0.054	0.554	0.066	0.756	0.230
10	บางปูใหม่	0.440	0.130	0.539	0.169	0.736	0.318

5.2.3.4 ดัชนีความอ่อนไหว

การวิเคราะห์ดัชนีความอ่อนไหวของพื้นที่ศึกษานั้นได้จากการนำเอาดัชนีขององค์ประกอบความอ่อนไหวข้างต้น มาคูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ AHP ดังสมการที่ 24 โดยผลการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยได้ผลลัพธ์สมการที่ 23 ดังนี้

$$SI = 0.416 * ((Pd * 0.495) + (Dp * 0.505)) + (LU * 0.584) \quad \text{สมการที่ 23}$$

โดยที่ 0.416 คือ ค่าน้ำหนักปัจจัยย่อยด้านประชากร

Pd คือ ดัชนีความหนาแน่นประชากร

Dp คือ ดัชนีอัตราส่วนประชากรวัยพึ่งพิง

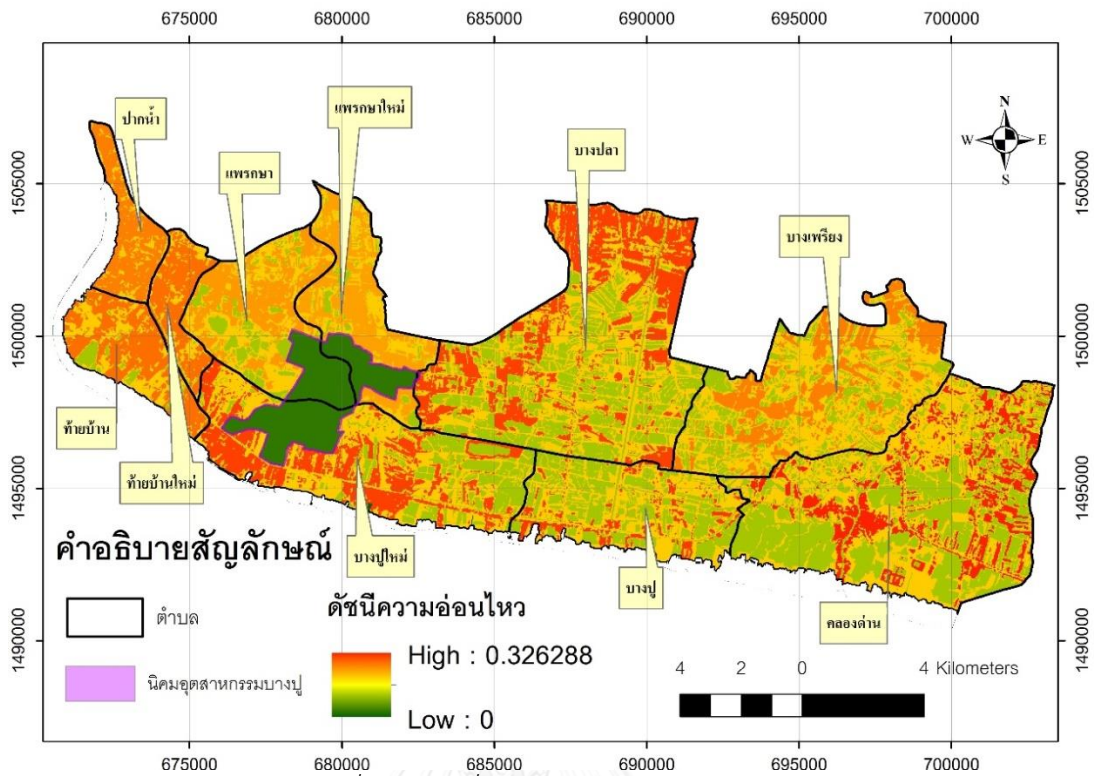
0.584 คือ ค่าน้ำหนักปัจจัยย่อยด้านการใช้ที่ดิน

LU คือ ดัชนีการใช้ที่ดิน

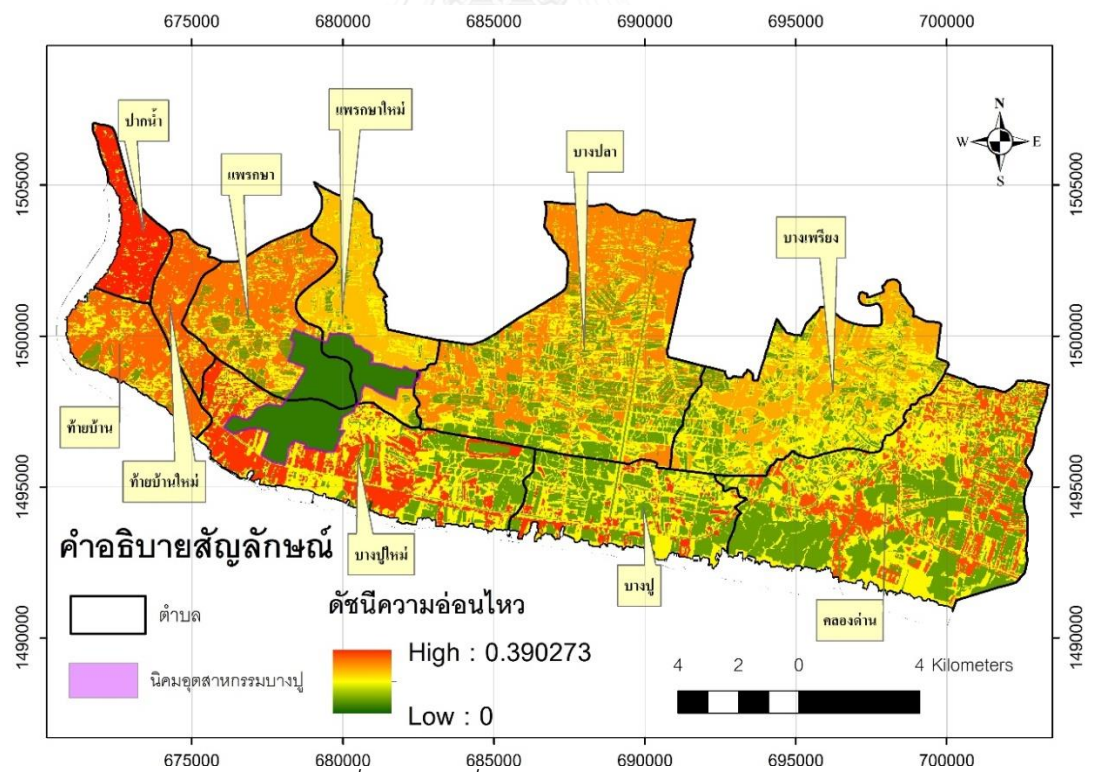
เมื่อนำสมการข้างต้นวิเคราะห์ด้วยวิธีการทับซ้อนในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 37 และภาพที่ 44-46 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่มีดัชนีความอ่อนไหวเพิ่มขึ้นเป็นไปตามลักษณะการขยายตัวของเมือง เช่น ตำบลปากน้ำเป็นตำบลที่มีการเพิ่มขึ้นของดัชนีความอ่อนไหวมากที่สุดในพ.ศ. 2589 ตามด้วย ตำบลบางปูใหม่ และตำบลบางปู เนื่องจากตำบลดังกล่าวมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น หากเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความอ่อนไหวพบว่า ตำบลปากน้ำ ตำบลบางปลา ตำบลแพรक्षा ตำบลแพรक्षाใหม่ ตำบลท้ายบ้านใหม่ และตำบลบางเพรียง มีอัตราการเพิ่มขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2569 มากกว่าช่วงพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ในขณะที่ตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปูใหม่ ตำบลคลองด่าน และตำบลบางปู มีอัตราการเพิ่มขึ้นของดัชนีความอ่อนไหวที่ลดลง (ภาพที่ 47) เนื่องจากพื้นที่นี้มีการกลายเป็นเมืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าการใช้ที่ดินประเภทนี้มีค่าความสำคัญของความอ่อนไหวต่อน้ำท่วมชายฝั่งน้อยกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ

ตารางที่ 37 ดัชนีความอ่อนไหวของพื้นที่พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

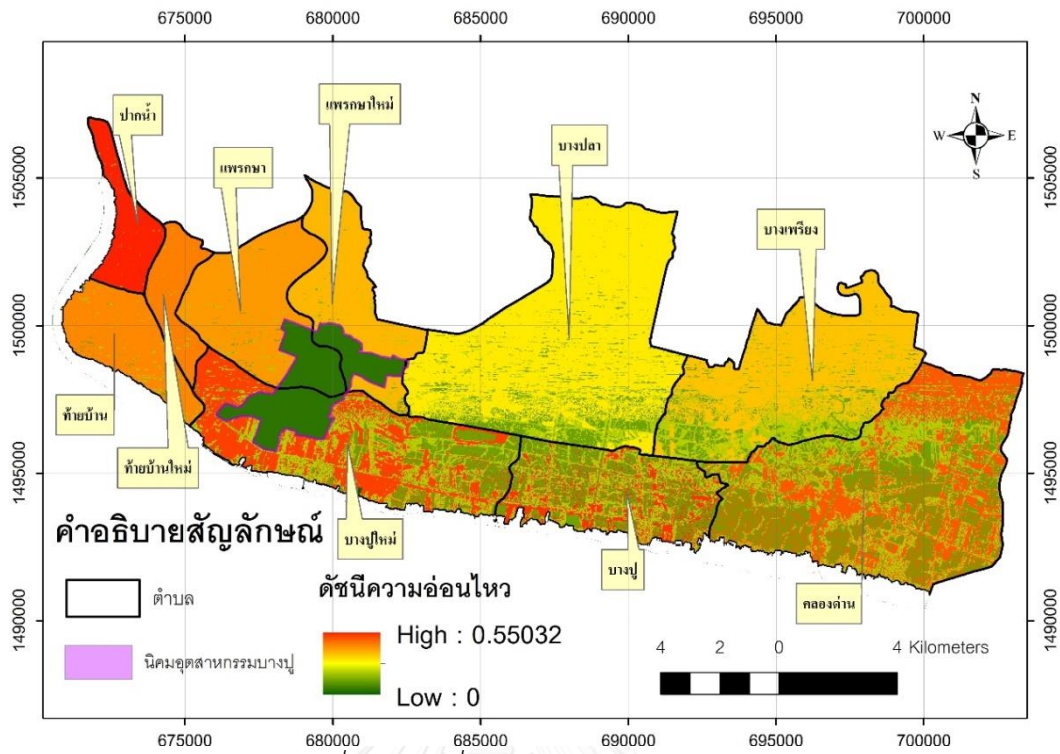
ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559			พ.ศ. 2569			พ.ศ. 2589		
		น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	0.155	0.314	0.282	0	0.39	0.367	0.157	0.55	0.548
2	บางเพรียง	0.155	0.316	0.202	0.155	0.365	0.208	0.155	0.246	0.221
3	บางปลา	0.134	0.316	0.207	0.138	0.365	0.22	0.138	0.251	0.228
4	ท้ายบ้านใหม่	0.155	0.314	0.272	0.155	0.39	0.291	0.155	0.55	0.325
5	คลองด่าน	0.155	0.326	0.19	0	0.365	0.193	0.155	0.449	0.241
6	แพรกษาใหม่	0.134	0.316	0.226	0.138	0.358	0.232	0.138	0.288	0.228
7	แพรกษา	0.134	0.314	0.211	0.138	0.358	0.229	0.138	0.329	0.257
8	ท้ายบ้าน	0	0.317	0.251	0	0.358	0.265	0.155	0.55	0.314
9	บางปู	0.155	0.326	0.176	0	0.365	0.178	0.155	0.449	0.245
10	บางปูใหม่	0	0.321	0.201	0	0.365	0.215	0	0.441	0.276



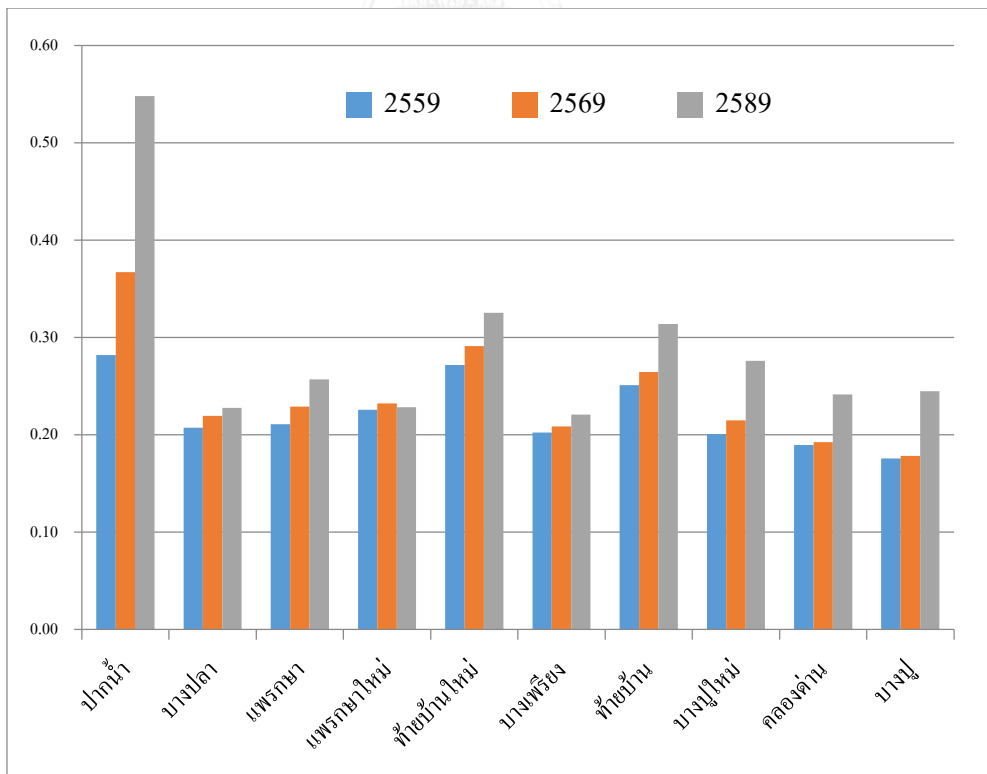
ภาพที่ 44 แผนที่ดัชนีความอ่อนไหว พ.ศ. 2559



ภาพที่ 45 แผนที่ดัชนีความอ่อนไหว พ.ศ. 2569



ภาพที่ 46 แผนที่ดัชนีความอ่อนไหว พ.ศ. 2589



ภาพที่ 47 ค่าเฉลี่ยดัชนีความอ่อนไหวของพื้นที่

5.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความสามารถในการรับมือ

การวิเคราะห์ปัจจัยด้านความสามารถในการรับมือแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ระดับการศึกษา รายได้ต่อหัว และสถานพยาบาล โดยจะกล่าวตามลำดับดังนี้ต่อไป

5.3.1 ผลการวิเคราะห์ด้านการศึกษา

จากตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนของประชากรที่มีการศึกษาในระดับอุดมศึกษาต่อประชากรทั้งหมด พบว่าตำบลที่มีอัตราส่วนสูงสุด คือ ตำบลบางปู มีอัตราส่วนเท่ากับ 0.95 รองลงมาคือตำบลแพรกษา และตำบลท้ายบ้าน ส่วนตำบลปากน้ำเป็นตำบลที่มีอัตราส่วนน้อยที่สุดในพื้นที่ศึกษา เมื่อนำอัตราส่วนดังกล่าวคูณกับประชากรในอนาคต

ตารางที่ 38 จำนวนประชากรที่มีการศึกษาในระดับอุดมศึกษา

ลำดับ	ตำบล	อัตราส่วน	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2569	พ.ศ. 2589
1	ท้ายบ้าน	0.25	6,476	6,575	6,578
2	ท้ายบ้านใหม่	0.13	6,476	8,437	40,718
3	บางปู	0.95	6,476	7,429	7,429
4	บางปูใหม่	0.17	6,476	6,557	6,561
5	ปากน้ำ	0.11	5,799	5,241	5,078
6	แพรกษา	0.28	8,863	16,063	33,651
7	แพรกษาใหม่	0.19	8,163	11,897	15,917
8	คลองด่าน	0.14	2,488	2,495	2,494
9	บางปลา	0.14	4,534	4,553	4,560
10	บางเพรียง	0.16	2,852	3,070	3,262

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

จากตารางที่ 39 ผลคำนวณจากอัตราเติบโตเฉลี่ยต่อปีของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคน (GPP per Capita) ในช่วงพ.ศ. 2538 – 2557 พบว่าจังหวัดสมุทรปราการมีผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคนเฉลี่ย 298,890 บาท โดยอัตราเติบโตเฉลี่ยต่อปีของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคน 0.027 ต่อปี

ตารางที่ 39 ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคนพ.ศ. 2538 - 2557

พ.ศ.	ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ต่อคน (บาท)	อัตราเติบโตเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อปีต่อคน
2538	214,277	
2539	222,298	0.037
2540	220,091	-0.010
2541	254,345	0.156
2542	267,270	0.051
2543	281,729	0.054
2544	287,121	0.019
2545	297,714	0.037
2546	286,066	-0.039
2547	292,048	0.021
2548	294,169	0.007
2549	305,078	0.037
2550	366,594	0.202
2551	358,891	-0.021
2552	309,375	-0.138
2553	362,533	0.172
2554	322,897	-0.109
2555	368,396	0.141
2556	335,755	-0.089
2557	331,142	-0.014
ค่าเฉลี่ย	298,890	0.027

จากการศึกษาซึ่งพบอีกว่ารายได้ต่อหัวเฉลี่ยของตำบล ในฐานะข้อมูล กชช 2 ค ซึ่งเป็นรายได้จริงของคนในพื้นที่ ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ต่อคน (GPP per Capita) อยู่น้อยกว่าครึ่งหนึ่ง ในตารางที่ 40 พ.ศ. 2558 ตำบลที่มีรายได้ต่อหัวมากที่สุดคือ ตำบลแพรक्षा ตำบลแพรक्षाใหม่ และตำบลบางเพ็ญตามลำดับ ส่วนตำบลที่มีรายได้เฉลี่ยต่อหัวประชากรน้อยที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน ส่วนการพยากรณ์ในอนาคตพ.ศ. 2569 และพ.ศ. 2589 ซึ่งนำข้อมูลรายได้ต่อหัวประชากรมาคำนวณ

ร่วมกับอัตราเติบโตเฉลี่ยต่อปีของผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคนต่อปี อันเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นที่คงที่ ทำให้ลำดับตำบลที่มีรายได้ต่อหัวประชากรยังคงเป็นลำดับเดิมเช่นพ.ศ. 2558 ทั้งนี้จากข้อมูลรายได้ต่อหัวฐานข้อมูล กชช 2 ค ที่ใช้ในการศึกษานี้ ตำบลท้ายบ้าน ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลบางปู และ ตำบลบางปูใหม่ นับรวมอยู่ในเทศบาลตำบลบางปู จึงทำให้เห็นว่ามีรายได้ต่อหัวเท่ากันใน 4 ตำบลดังกล่าว

ตารางที่ 40 รายได้ต่อหัวประชากรในพ.ศ. 2559 2569 และ 2589

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2569	พ.ศ. 2589
1	ท้ายบ้าน	121,858	125,148	158,050	223,853
2	ท้ายบ้านใหม่	121,858	125,148	158,050	223,853
3	บางปู	121,858	125,148	158,050	223,853
4	บางปูใหม่	121,858	125,148	158,050	223,853
5	ปากน้ำ	97,829	100,470	126,884	179,712
6	แพรกษา	169,804	174,389	220,236	311,930
7	แพรกษาใหม่	139,271	143,031	180,634	255,841
8	คลองด่าน	91,664	94,139	118,888	168,387
9	บางปลา	121,468	124,748	157,544	223,137
10	บางเพรียง	132,030	135,595	171,243	242,539

5.3.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านสาธารณสุข

ในพื้นที่ศึกษามีสถานพยาบาลทั้งหมด 19 แห่ง เมื่อวิเคราะห์ระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) ในแต่ละตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาไปยังสถานพยาบาลที่ไกลที่สุด พบว่า ในพื้นที่ศึกษาระยะทางเฉลี่ยของทุกการใช้ที่ดินไปยังสถานพยาบาลเท่ากับ 2.203 กิโลเมตร เมื่อหากพิจารณารูปแบบการกระจุกตัวรายตำบลของสถานพยาบาลพบว่า ตำบลปากน้ำ ตำบลท้ายบ้าน และ ตำบลแพรกษา ซึ่งมีการกระจุกตัวของสถานพยาบาลมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา จึงทำให้พื้นที่ในตำบลสามารถเข้าถึงสถานพยาบาลได้โดยง่าย ส่วนตำบลที่มีพื้นที่ห่างไกลจากสถานพยาบาลมากที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน โดยมีพื้นที่ห่างไกลมากที่สุด ระยะทาง 6.366 กิโลเมตร (ตารางที่ 41)

ตารางที่ 41 ระยะทางจากแต่ละพื้นที่ไปสถานพยาบาลของแต่ละตำบล (กม.)

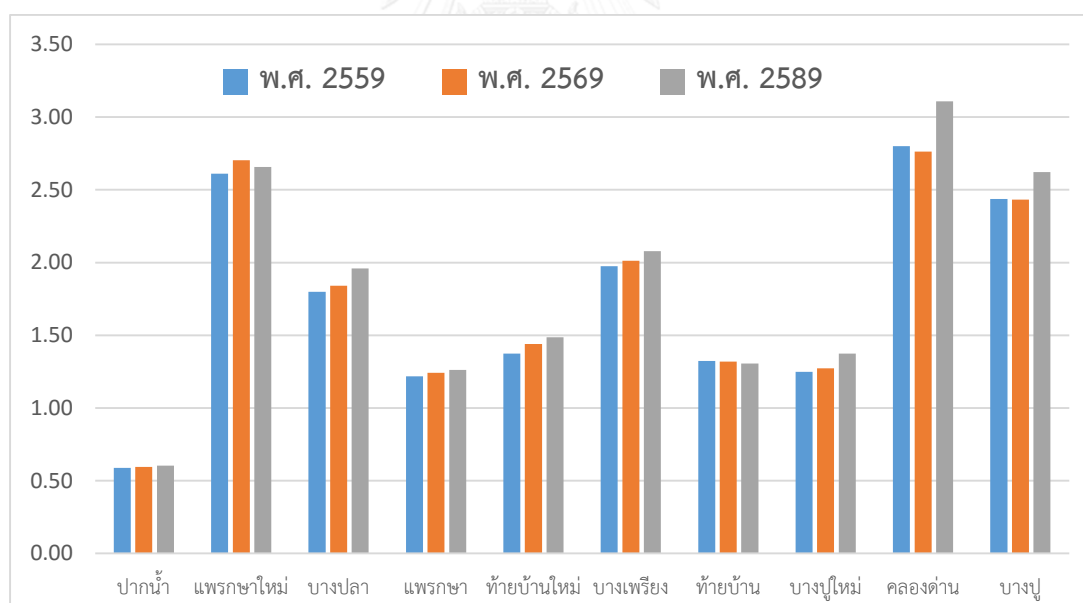
ลำดับ	ตำบล	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	1.323	0.605
2	บางเปรียง	4.390	2.144
3	บางปลา	4.521	1.950
4	ท้ายบ้านใหม่	2.535	1.268
5	คลองด่าน	6.366	3.169
6	แพรกษาใหม่	4.774	2.585
7	แพรกษา	3.137	1.634
8	ท้ายบ้าน	2.652	1.320
9	บางปู	5.490	2.540
10	บางปูใหม่	3.062	1.435

ทั้งนี้การเดินทางไปยังสถานพยาบาลนั้นมีความเกี่ยวข้องกับระยะทางจากที่พักอาศัยของประชาชนในการใช้ที่ดินประเภทเมืองของแต่ละตำบล จากตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ระยะทางเฉลี่ยจากการใช้ที่ดินประเภทเมืองพบว่า ตำบลปากน้ำเป็นตำบลที่ประชาชนสามารถเดินทางไปยังสถานพยาบาลได้ง่ายที่สุด เนื่องจากจุดที่ไกลที่สุดของตำบลอยู่ห่างสถานพยาบาลเพียง 1.323 กิโลเมตร ซึ่งระยะทางเฉลี่ยของตำบลแห่งนี้อยู่ห่างจากสถานพยาบาลเพียง 0.588 กิโลเมตรตามระยะกระจัด ส่วนตำบลที่การเดินทางไปยังสถานพยาบาลไม่สะดวกที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน โดยระยะทางที่ไกลที่สุดจากสถานพยาบาลของตำบลอยู่ห่างไกลเป็นระยะทาง 6.004 กิโลเมตร โดยเฉลี่ยระยะห่างจากสถานพยาบาลห่างเป็นระยะทาง 2.8 กิโลเมตร

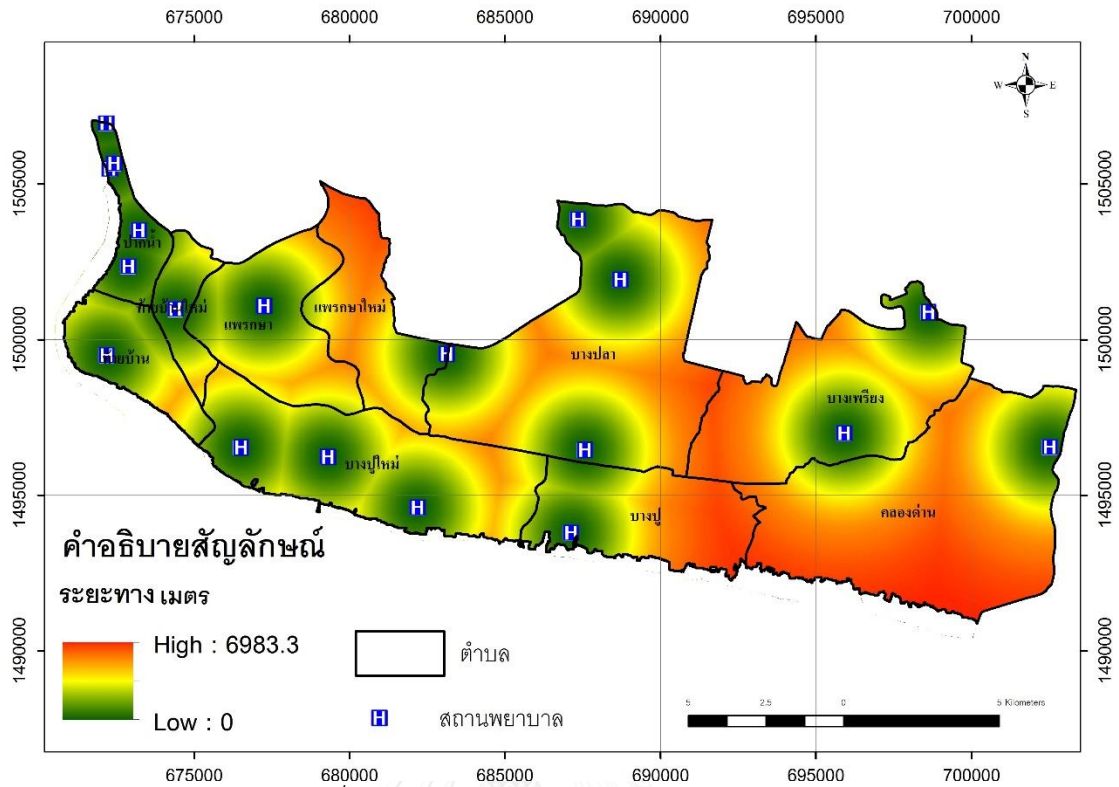
หากจำนวนสถานพยาบาลยังเท่าเดิม แต่มีการขยายตัวของพื้นที่เมืองต่อไปใน พ.ศ. 2569 และ 2589 พบว่า มีเพียงตำบลแพรกษา และท้ายบ้าน เท่านั้นที่การเดินทางไปยังสถานพยาบาลสะดวกขึ้น กล่าวคือ การขยายตัวของเมืองไปในทิศทางที่เข้าใกล้สถานพยาบาล ทำให้ระยะทางเฉลี่ยของพื้นที่ไปยังสถานพยาบาลลดลงจากปีก่อนหน้า ส่วนพื้นที่เมืองของตำบลอื่นๆ นั้น ต่างขยายตัวไปในทิศทางที่ห่างจากแหล่งที่ตั้งสถานพยาบาลทั้งสิ้น ดังแสดงในตารางที่ 42 และภาพที่ 48-49

ตารางที่ 42 การเปลี่ยนแปลงระยะทางไปยังสถานพยาบาลปัจจุบันและอนาคต (กม.)

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	1.323	0.588	1.323	0.595	1.323	0.603
2	แพรक्षाใหม่	4.755	2.611	4.774	2.704	4.774	2.656
3	บางปลา	4.405	1.799	4.513	1.840	4.521	1.960
4	แพรक्षा	2.512	1.218	2.512	1.243	2.535	1.262
5	ท้ายบ้านใหม่	3.042	1.375	3.112	1.440	3.137	1.486
6	บางเพรียง	4.277	1.974	4.373	2.011	4.390	2.079
7	ท้ายบ้าน	2.652	1.322	2.652	1.318	2.652	1.305
8	บางปูใหม่	3.042	1.247	3.042	1.273	3.042	1.374
9	คลองด่าน	6.004	2.800	6.004	2.762	6.326	3.109
10	บางปู	5.093	2.437	5.093	2.433	5.473	2.623



ภาพที่ 48 ระยะทางไปยังสถานพยาบาล (กิโลเมตร)



ภาพที่ 49 ระยะทางไปยังสถานพยาบาล พ.ศ. 2559

5.3.4 ดัชนีความสามารถในการรับมือ

ปัจจัยด้านความอ่อนไหวประกอบด้วย 3 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีการศึกษา ดัชนีสาธารณสุข และดัชนีเศรษฐกิจ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงดัชนีของแต่ละปัจจัยด้านความสามารถในการปรับตัว และสุดท้ายคือการวิเคราะห์ดัชนีด้านความสามารถในการปรับตัวโดยการนำดัชนีเหล่านี้มารวมกัน

5.3.4.1 ดัชนีการศึกษา

ดัชนีการศึกษาได้จากวิธีการนอร์มอลไลซ์ข้อมูลการศึกษาในระดับอุดมศึกษาของประชากร จากการวิเคราะห์พบว่า เป็นไปตามตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ค่าดัชนีการศึกษา พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	0.104	0.087	0.156	0.072	1.000	0.068
2	บางเพรียง	0.054	0.010	0.054	0.015	0.054	0.020
3	บางปลา	0.148	0.054	0.246	0.054	0.351	0.054
4	ท้ายบ้านใหม่	0.167	0.104	0.355	0.156	1.000	0.998
5	คลองด่าน	0.104	0.000	0.129	0.000	0.129	0.000

ตารางที่ 43 (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
6	แพรกาใหม่	0.167	0.148	0.355	0.246	0.815	0.352
7	แพรกา	0.167	0.167	0.355	0.355	1.000	0.814
8	ท้ายบ้าน	0.104	0.104	0.156	0.107	1.000	0.108
9	บางปู	0.104	0.104	0.129	0.129	0.129	0.129
10	บางปูใหม่	0.167	0.104	0.355	0.107	1.000	0.108

5.3.4.2 ดัชนีเศรษฐกิจ

ดัชนีการเศรษฐกิจ ได้จากวิธีการนอร์มอลไลซ์ข้อมูลรายได้ของประชากร จากการวิเคราะห์พบว่าเป็นไปตามตารางที่ 44

ตารางที่ 44 ค่าดัชนีเศรษฐกิจ พ.ศ. 2559 พ.ศ.2569 และพ.ศ.2589

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559		พ.ศ. 2569		พ.ศ. 2589	
		มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	0.142	0.029	0.293	0.150	0.596	0.393
2	บางเพรียง	0.190	0.190	0.354	0.354	0.681	0.681
3	บางปลา	0.224	0.141	0.397	0.291	0.742	0.592
4	ท้ายบ้านใหม่	0.368	0.143	0.579	0.294	1.000	0.596
5	คลองด่าน	0.190	0.000	0.354	0.114	0.681	0.342
6	แพรกาใหม่	0.368	0.225	0.579	0.397	1.000	0.743
7	แพรกา	0.368	0.368	0.579	0.578	1.000	0.999
8	ท้ายบ้าน	0.142	0.142	0.293	0.293	0.596	0.595
9	บางปู	0.190	0.142	0.354	0.293	0.681	0.595
10	บางปูใหม่	0.368	0.143	0.579	0.294	1.000	0.596

5.3.4.3 ดัชนีสาธารณสุข

ดัชนีการศึกษาได้จากวิธีการนอร์มอลไลซ์ข้อมูลระยะห่างจากโรงพยาบาล โดยในการศึกษากำหนดให้มีจำนวนโรงพยาบาลคงที่ตลอดการศึกษา จากการวิเคราะห์พบว่า เป็นไปตามตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ค่าดัชนีสาธารณสุข พ.ศ. 2559 พ.ศ.2569 และพ.ศ.2589

ลำดับ	ตำบล	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	1.000	0.913
2	บางเพรียง	1.000	0.693
3	บางปลา	1.000	0.721
4	ท้ายบ้านใหม่	1.000	0.818
5	คลองด่าน	1.000	0.546
6	แพรกษาใหม่	1.000	0.630
7	แพรกษา	1.000	0.766
8	ท้ายบ้าน	1.000	0.811
9	บางปู	1.000	0.636
10	บางปูใหม่	1.000	0.795

5.3.4.4 ดัชนีความสามารถในการรับมือ

การวิเคราะห์ดัชนีความสามารถในการรับมือ ของพื้นที่ศึกษานั้นได้จากการนำเอาดัชนีขององค์ประกอบความสามารถในการรับมือ ข้างต้น มาคูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ AHP โดยผลการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยได้ผลลัพธ์สมการที่ 24 ดังนี้

$$CI = (E * 0.394) + (I + 0.351) + (H * 0.255) \quad \text{สมการที่ 24}$$

โดยที่ E คือ ดัชนีด้านการศึกษา

I คือ ดัชนีด้านเศรษฐกิจ

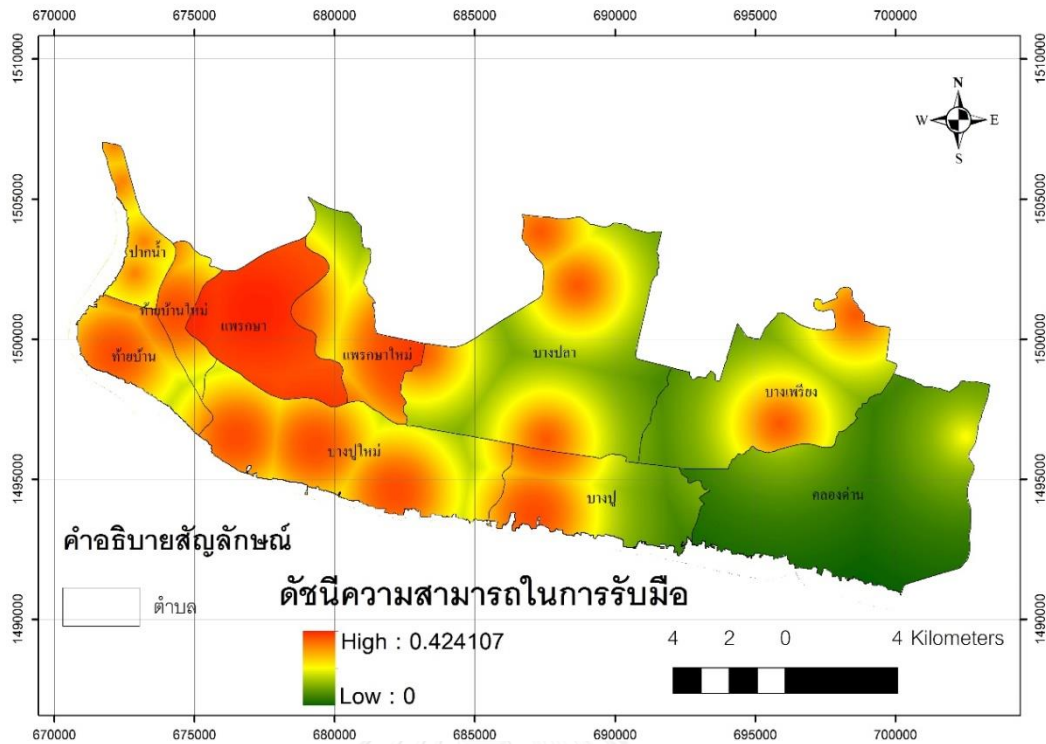
H คือ ดัชนีด้านสาธารณสุข

เมื่อนำสมการข้างต้นวิเคราะห์ด้วยวิธีการทับซ้อนในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 46 และภาพที่ 50-52 ดัชนีความสามารถในการรับมือมีการ

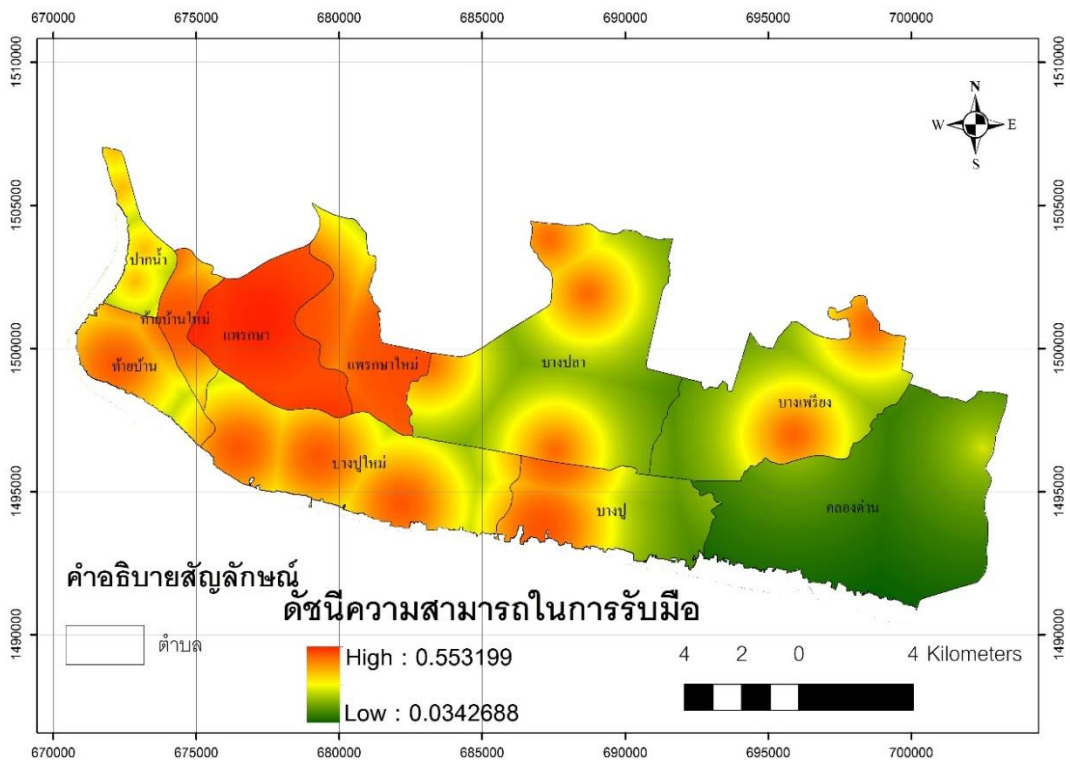
เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา นั้นหมายความว่าประชาชนในพื้นที่ที่จะมีความสามารถในการรับมือมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยย่อย โดยตำบลท้ายบ้านใหม่และตำบลแพรกษามีดัชนีความสามารถในการปรับตัวสูงที่สุดอย่างก้าวกระโดดใน พ.ศ. 2589 (ภาพที่ 53) เนื่องจากจำนวนรายได้ต่อหัวประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นและจำนวนประชากรที่มีระดับการศึกษาในอุดมศึกษาเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 46 ดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2559 2569 และ 2589

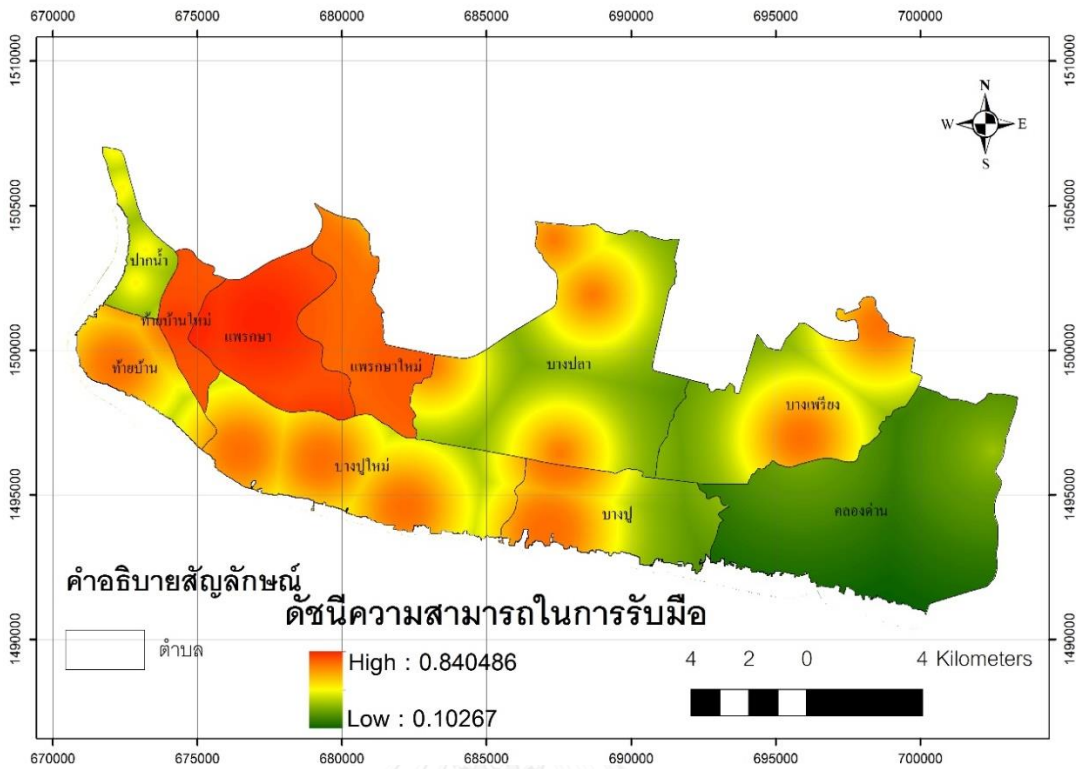
ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559			พ.ศ. 2569			พ.ศ. 2589		
		น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
1	ปากน้ำ	0.246	0.296	0.272	0.280	0.360	0.300	0.349	0.745	0.375
2	บางเพรียง	0.155	0.316	0.237	0.190	0.370	0.290	0.258	0.467	0.389
3	บางปลา	0.151	0.372	0.245	0.200	0.460	0.290	0.287	0.599	0.381
4	ท้ายบ้านใหม่	0.242	0.394	0.288	0.280	0.520	0.350	0.350	0.810	0.737
5	คลองด่าน	0.023	0.284	0.140	0.060	0.340	0.170	0.126	0.436	0.243
6	แพรกษาใหม่	0.200	0.379	0.280	0.280	0.510	0.370	0.368	0.796	0.507
7	แพรกษา	0.261	0.424	0.364	0.330	0.550	0.490	0.487	0.840	0.780
8	ท้ายบ้าน	0.237	0.334	0.286	0.280	0.380	0.330	0.349	0.759	0.424
9	บางปู	0.112	0.334	0.242	0.150	0.390	0.300	0.215	0.479	0.387
10	บางปูใหม่	0.205	0.370	0.282	0.250	0.500	0.330	0.341	0.786	0.420



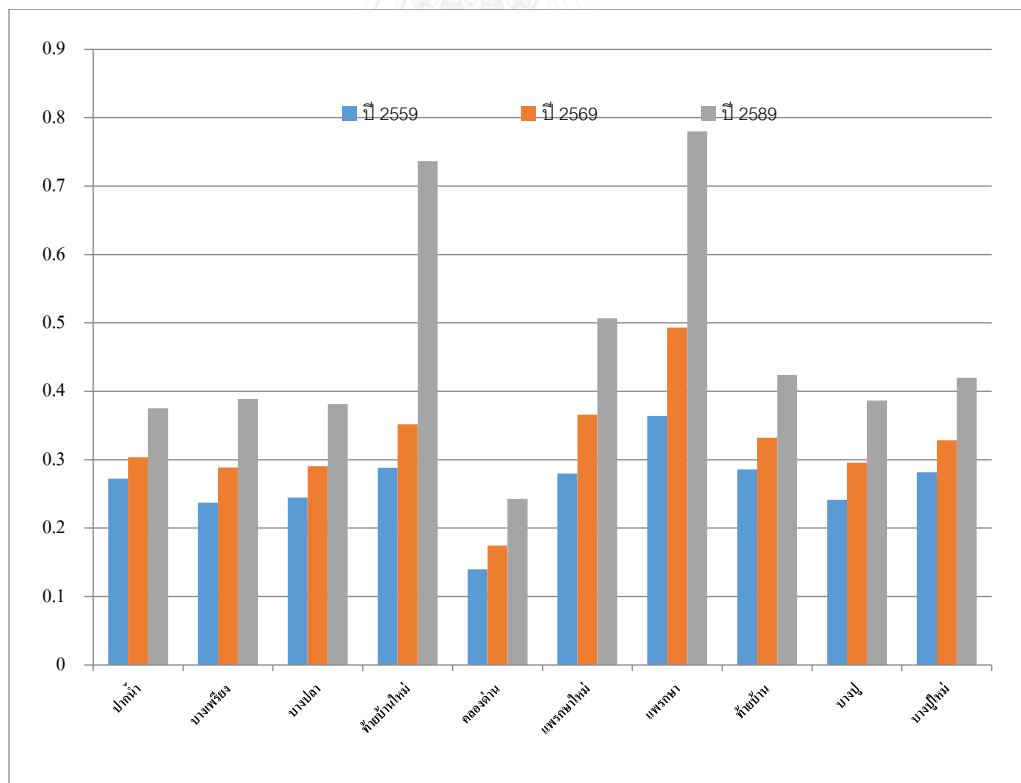
ภาพที่ 50 แผนที่ดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2559



ภาพที่ 51 แผนที่ดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2569



ภาพที่ 52 แผนที่ดัชนีความสามารถในการรับมือ พ.ศ. 2589



ภาพที่ 53 ค่าเฉลี่ยดัชนีความพร้อมในการรับมือ

5.4 ดัชนีความเปราะบาง

5.4.1 การหาค่าน้ำหนักของปัจจัย

ผลค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และปัจจัยย่อย ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยการให้ค่าคะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ซึ่งมีค่าความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ จากนั้นจึงหาค่าน้ำหนักปัจจัย และนำค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นตัวแทนของค่าน้ำหนักปัจจัยนั้นๆ (ภาคผนวก ค) สุดท้ายจึงค่าน้ำหนักที่จะนำไปใช้สำหรับแต่ละปัจจัยในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ตารางที่ 47)

ตารางที่ 47 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยความเปราะบาง

ปัจจัยความเปราะบาง	ค่าน้ำหนัก	ปัจจัยรอง	ค่าน้ำหนัก	ปัจจัยย่อย	ค่าน้ำหนัก
การเปิดรับต่อภัยพิบัติ	0.357				
ความอ่อนไหวของพื้นที่	0.266	การใช้ที่ดิน	0.416		
		ประชากร	0.584	ความหนาแน่นประชากร	0.495
				อัตราส่วนประชากรพึ่งพิง	0.505
		ผลรวม	1	ผลรวม	1
ความสามารถในการรับมือ	0.377	การศึกษา	0.394		
		เศรษฐกิจ	0.351		
		สาธารณสุข	0.255		
ผลรวม	1	ผลรวม	1		

การหาค่าดัชนีจะใช้สมการ 25 ตามที่แสดงในบทที่ 4 เมื่อแทนค่าด้วยปัจจัยต่าง ๆ จะได้เป็นสมการ

$$VI = ((0.357 * EI) + (0.266 * SI)) - (0.377 CI) \quad \text{สมการที่ 25}$$

โดยที่

VI คือ ดัชนีความเปราะบาง

EI คือ ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่ง

SI คือ ดัชนีความอ่อนไหว

CI คือ ดัชนีความสามารถในการรับมือ

5.4.2 การวิเคราะห์ดัชนีด้วยการซ้อนทับในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

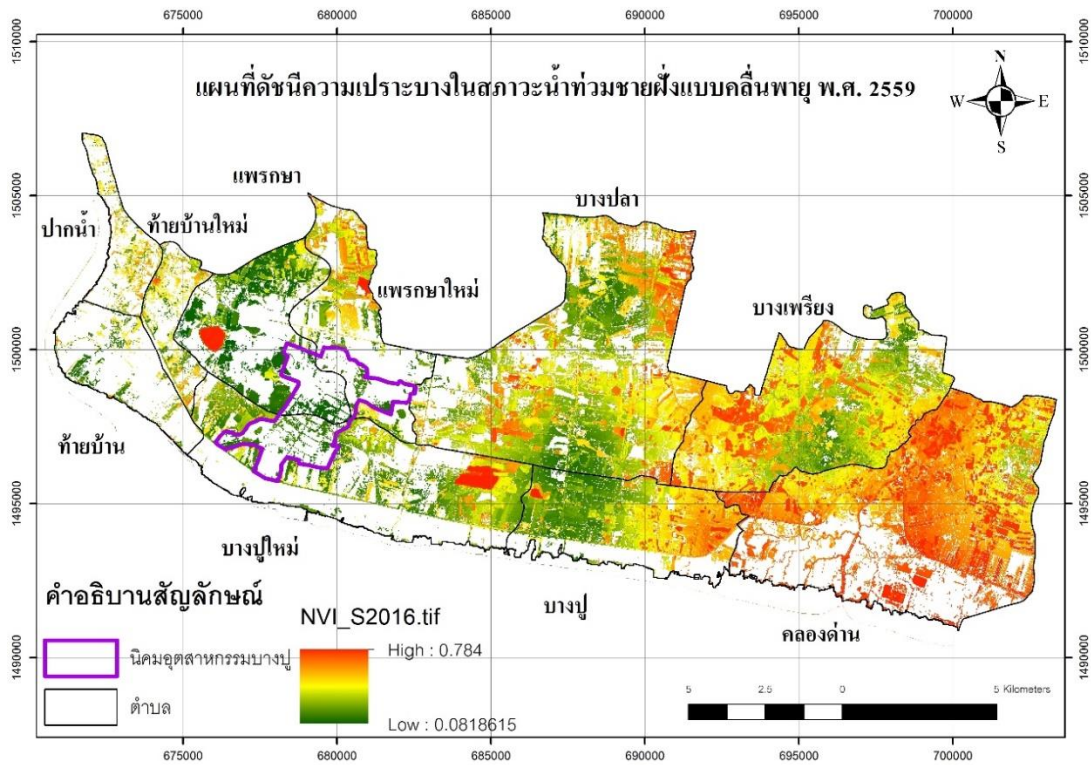
เมื่อนำสมการ 25 มาประยุกต์ใช้ใน GIS ด้วยเทคนิคการซ้อนทับ ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ความเปราะบาง ซึ่งสามารถแบ่งตามแบบจำลองสถานการณ์ได้ 2 สถานการณ์ ได้แก่ สถานะน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากคลื่นพายุ และสถานะน้ำท่วมชายฝั่งปกติไม่มีคลื่นพายุ ดังนี้

5.4.2.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในสถานะที่เกิดจากคลื่นพายุ

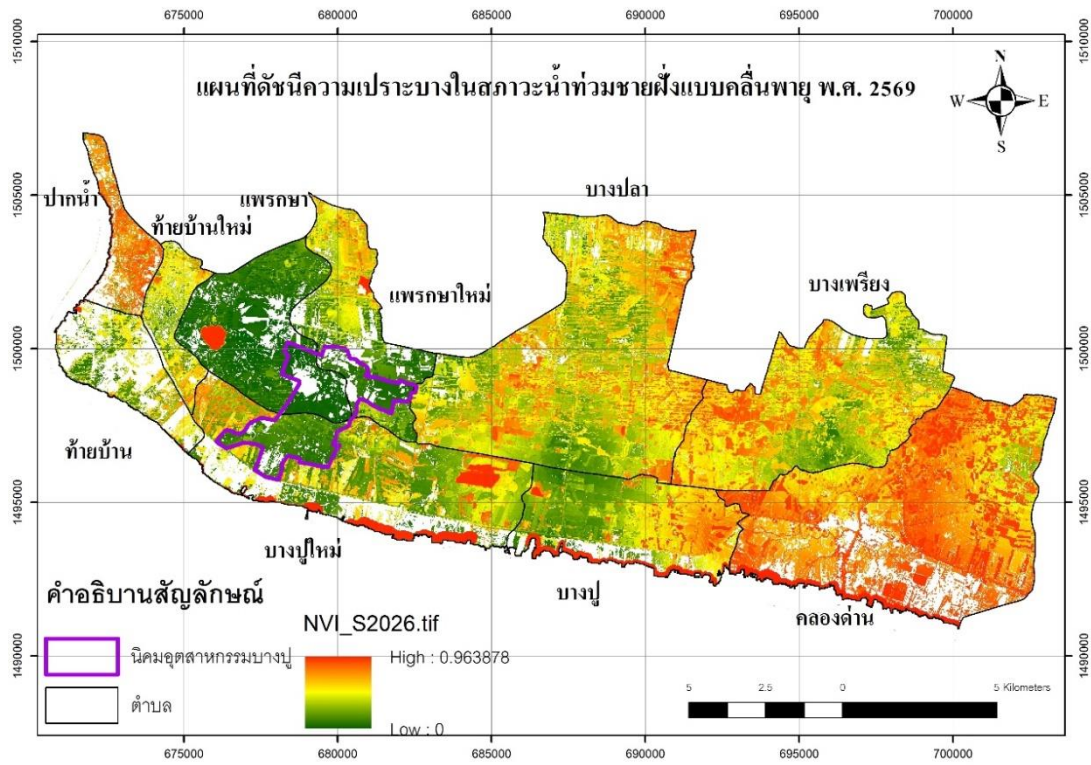
ในสถานะที่เกิดคลื่นพายุ พบว่า ในช่วงระยะเวลาระหว่าง พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2569 ตำบลปากน้ำ ตำบลบางเปรี้ยว ตำบลบางปลา ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลแพรกษา และตำบลท้ายบ้าน ดัชนีมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่เพิ่มขึ้น โดยตำบลปากน้ำมีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปีสูงที่สุดที่ร้อยละ 2.617 ส่วนตำบลที่อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยในอัตราที่ลดลงต่อปีมากที่สุด ได้แก่ ตำบลบางปูใหม่ ตำบลคลองด่าน ตำบลบางปู และตำบลแพรกษาใหม่ ตามลำดับ ซึ่งสามารถอนุมานได้ว่าพื้นที่เหล่านี้จะมีความเปราะบางต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งทะเลที่ลดลง แต่ว่าการเปลี่ยนแปลงในช่วง 30 ปีหลัง พ.ศ. 2569 - 2589 ทุกตำบล ยกเว้นตำบลบางเปรี้ยว ล้วนแล้วแต่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยในอัตราอัตราที่เพิ่มขึ้นต่อทั้งสิ้น โดยตำบลที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปีมากที่สุด ได้แก่ ตำบลบางปูใหม่ ตำบลบางปู และตำบลคลองด่าน ดังแสดงในตารางที่ 48 และภาพที่ 54-56

ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในสถานะที่เกิดจากคลื่นพายุ

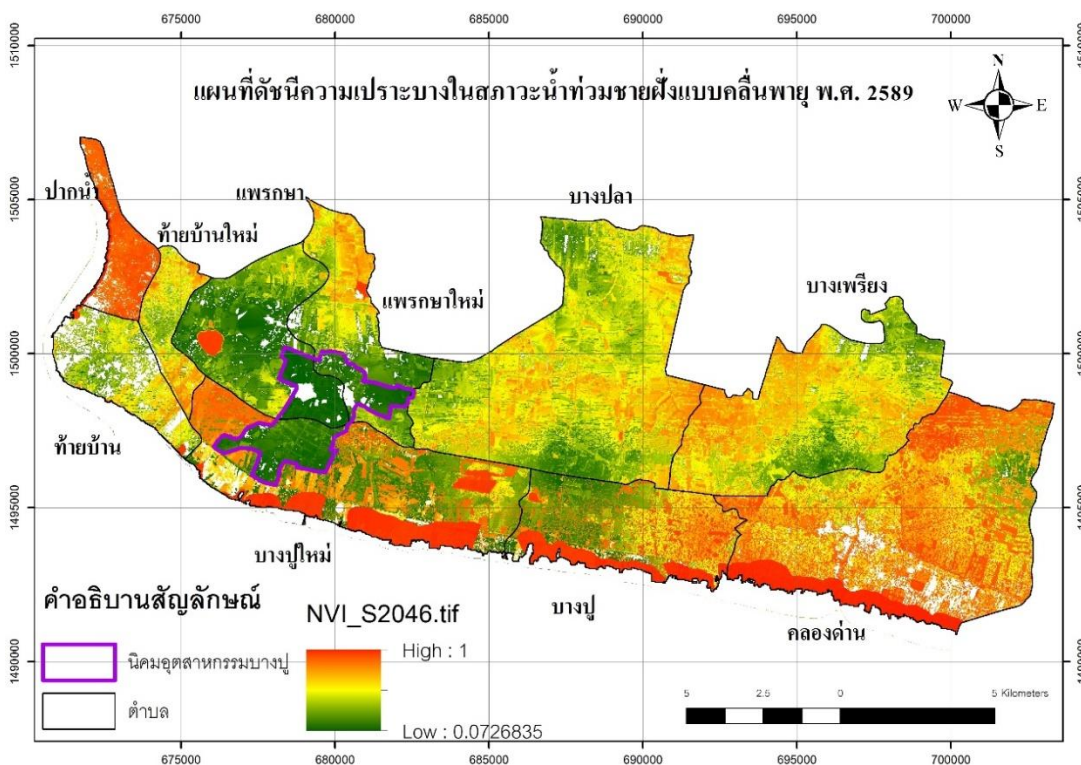
ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2559			พ.ศ. 2569			พ.ศ. 2589			อัตราเปลี่ยนแปลงต่อปี พ.ศ. 2559 - 2569	อัตราเปลี่ยนแปลงต่อปี พ.ศ. 2569 - 2589
		น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย		
1	ปากน้ำ	0.16	0.537	0.232	0.108	0.859	0.276	0.17	0.949	0.409	1.921	2.409
2	บางเปรี้ยว	0.144	0.359	0.234	0.117	0.376	0.222	0.154	0.381	0.272	-0.516	1.132
3	บางปลา	0.127	0.445	0.222	0.118	0.43	0.217	0.156	0.477	0.265	-0.236	1.116
4	ท้ายบ้านใหม่	0.101	0.333	0.219	0.033	0.324	0.206	0.141	0.448	0.276	-0.616	1.713
5	คลองด่าน	0.168	0.758	0.281	0.159	0.964	0.292	0.183	1	0.374	0.420	1.398
6	แพรกษาใหม่	0.108	0.784	0.228	0.036	0.752	0.18	0.123	0.813	0.245	-2.137	1.837
7	แพรกษา	0.084	0.645	0.178	0	0.654	0.11	0.097	0.759	0.217	-3.844	4.897
8	ท้ายบ้าน	0.132	0.326	0.194	0.086	0.803	0.197	0.138	0.949	0.269	0.146	1.837
9	บางปู	0.134	0.702	0.22	0.049	0.88	0.243	0.139	0.973	0.367	1.072	2.548
10	บางปูใหม่	0.106	0.73	0.216	0.058	0.83	0.228	0.115	0.903	0.353	0.569	2.735



ภาพที่ 54 แผนที่ดัชนีความเปราะบางในสถานะคลื่นพายุ พ.ศ. 2559



ภาพที่ 55 แผนที่ดัชนีความเปราะบางในสถานะคลื่นพายุ พ.ศ. 2569



ภาพที่ 56 แผนที่ดัชนีความเปราะบางในสถานะคลื่นพายุ พ.ศ. 2589

5.4.2.2 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในที่ไม่มีคลื่นพายุ

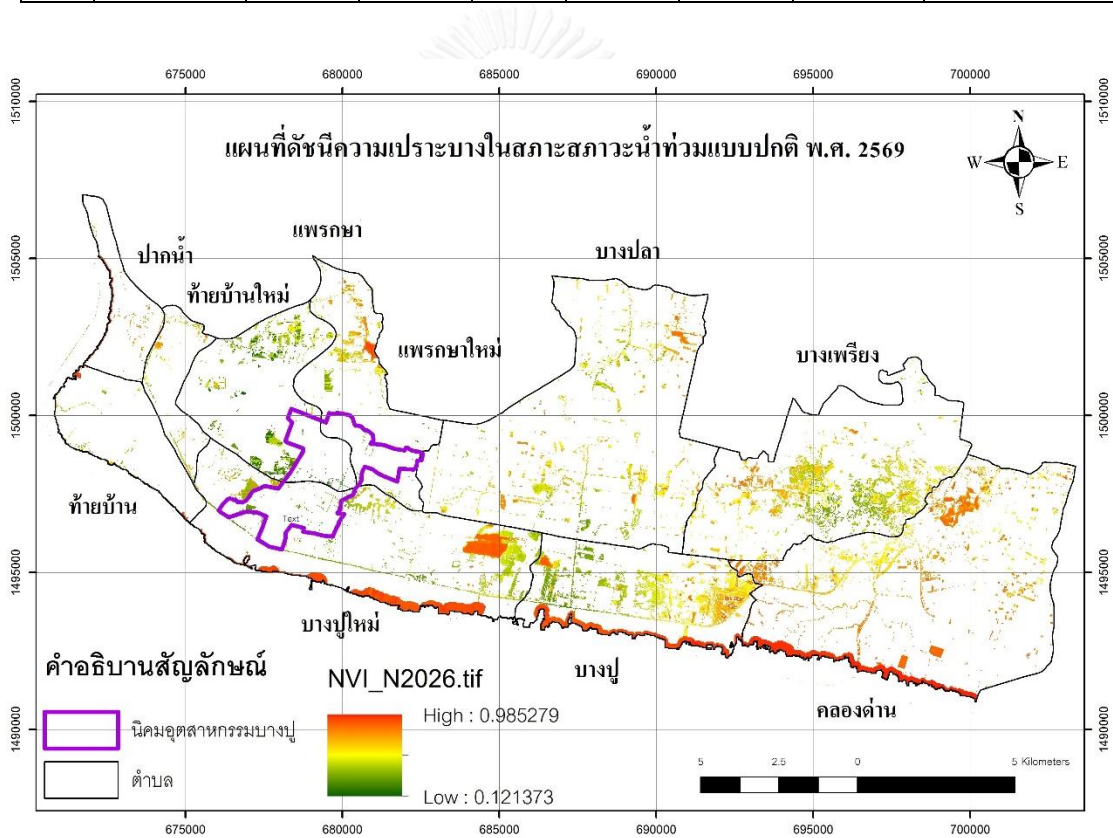
การเปลี่ยนแปลงของดัชนีในสถานะท่วมชายฝั่งปกตินั้น พบว่ามีทั้งการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่ลดลง และเพิ่มขึ้น โดยตำบลที่มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีความเปราะบางลดลงมากที่สุด ได้แก่ ตำบลบางเพรียง ตำบลบางปลา ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลแพรกษาใหม่ และตำบลแพรกษา ตามลำดับ และตำบลที่มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อปีของดัชนีความเปราะบางมากขึ้นมากที่สุด ได้แก่ ตำบลบางปูใหม่ ตำบลคลองด่าน ตำบลบางปู ตำบลท้ายบ้าน และตำบลปากน้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 49 และภาพที่ 57-58)

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเปราะบางในที่ไม่มีคลื่นพายุ

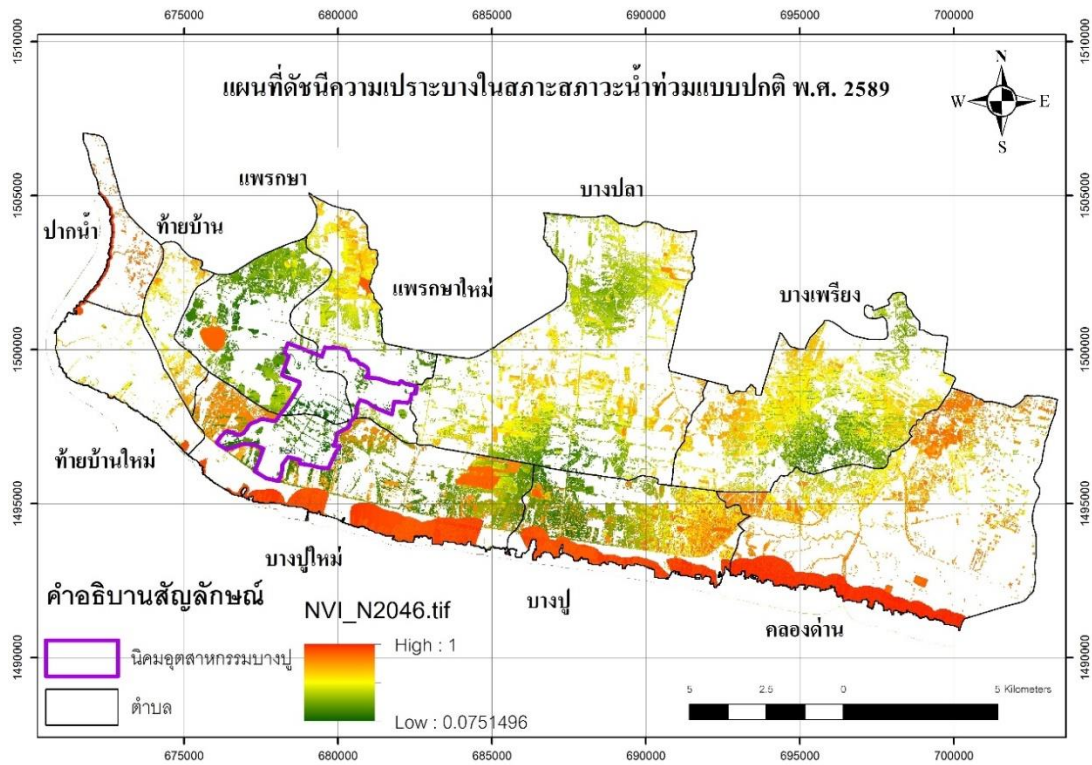
ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2569			พ.ศ. 2589			อัตราเปลี่ยนแปลงต่อปี พ.ศ. 2569 - 2589
		น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	
1	ปากน้ำ	0.17	0.949	0.409	0.161	0.949	0.587	0.503
2	บางเพรียง	0.154	0.381	0.272	0.146	0.325	0.227	-0.635
3	บางปลา	0.156	0.477	0.265	0.143	0.421	0.224	-0.873
4	ท้ายบ้านใหม่	0.141	0.448	0.276	0.144	0.392	0.251	-0.316
5	คลองด่าน	0.183	1	0.374	0.165	1	0.465	0.006

ตารางที่ 49 (ต่อ)

ลำดับ	ตำบล	พ.ศ. 2569			พ.ศ. 2589			อัตราเปลี่ยนแปลง ต่อปี พ.ศ. 2569 - 2589
		น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	
6	แพรกาใหม่	0.123	0.813	0.245	0.12	0.757	0.236	-1.203
7	แพรกา	0.097	0.759	0.217	0.089	0.703	0.214	0.083
8	ท้ายบ้าน	0.138	0.949	0.269	0.157	0.949	0.363	0.963
9	บางปู	0.139	0.973	0.367	0.136	0.973	0.378	-0.140
10	บางปูใหม่	0.115	0.903	0.353	0.1	0.903	0.417	-0.256



ภาพที่ 57 แผนที่ดัชนีความแปรปรวนในสถานะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2569



ภาพที่ 58 แผนที่ดัชนีความแปรปรวนในสถานะปกติไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2589

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งทะเลจากน้ำท่วมชายฝั่ง ของพื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการทางด้านทิศตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยศึกษาความเปราะบางของพื้นที่ในพ.ศ. 2559, พ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงของ (1) พื้นที่ที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ (2) ความพร้อมในการรับมือของพื้นที่ชุมชนชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ และ (3) ประเมินความเปราะบางของพื้นที่ชุมชนชายฝั่งทะเลจากภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการ โดยสามารถสรุปผลการวิจัย ตามลำดับวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นดังนี้

6.1.1 ผลการศึกษาพื้นที่ที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมชายฝั่งทะเล ในพื้นที่สามารถอธิบายได้จากองค์ประกอบด้านการเปิดรับต่อน้ำท่วมชายฝั่ง อันเป็นองค์ประกอบหลักของความเปราะบาง ซึ่งผลการศึกษานั้นมีพิสัยของดัชนีตั้งแต่ 0 - 1 โดยดัชนีเท่ากับ 0 หมายถึง เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุด ส่วนดัชนีเท่ากับ 1 หมายถึงเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่สุด ผลการศึกษานี้สามารถแบ่งออกได้ 2 สถานการณ์จำลอง ได้แก่ ดัชนีการเปิดรับต่อน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะคลื่นพายุ ดัชนีการเปิดรับต่อน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติหรือในสภาวะที่ไม่มีคลื่นพายุ

6.1.1.1 ดัชนีการเปิดรับต่อน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะคลื่นพายุ

พ.ศ. 2559 มีพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมทั้งสิ้น 145.705 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 58.85 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยตำบลที่มีพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ตำบลแพรกษา ตำบลบางปูใหม่ และตำบลบางปู ซึ่งมีดัชนีการเปิดรับต่อน้ำท่วมชายฝั่ง 0.079, 0.065 และที่ 0.046 ตามลำดับ ต่อมาใน พ.ศ. 2569 มีพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมทั้งสิ้น 211.874 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 85.58 ของพื้นที่ทั้งหมด ตำบลที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีการเปิดรับสูงสุดสามลำดับแรกกลับกลายเป็นตำบลบางปู ซึ่งมีค่าดัชนีการเปิดรับต่อน้ำท่วมในระดับ 0.139 รองลงมาคือตำบลบางปูใหม่ และตำบลคลองด่าน ซึ่งมีค่าดัชนีการเปิดรับเฉลี่ยอยู่ที่ 0.124 และ 0.088 ตามลำดับและใน พ.ศ. 2589 มีพื้นที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมทั้งสิ้น 233.991 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 94.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ตำบลที่มีการเปิดรับต่อน้ำท่วมสูงสุดสามตำบลแรกไม่เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ. 2569 โดยตำบลบางปูมีดัชนีการเปิดรับต่อน้ำท่วมชายฝั่งอยู่ที่ระดับ 0.240 ส่วนตำบลบางปูใหม่มีค่าดัชนีการ

เปิดรับที่ระดับ 0.236 และสุดท้ายตำบลคลองด่านมีดัชนีการเปิดรับ 0.151 จากผลการศึกษายังพบอีกว่าในสภาวะน้ำท่วมจากคลื่นพายุนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงพ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2569 กับ ช่วงพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำบล แต่การเพิ่มขึ้นเป็นอัตราที่ลดลงในแต่ละปี โดยเฉพาะตำบลบางปูเป็นตำบลที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปีของดัชนีจากพ.ศ.2559 และ พ.ศ. 2589 สูงที่สุด ถึงร้อยละ 11.81 ต่อปี ส่วนตำบลที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปีของดัชนีจากพ.ศ. 2559-2589 น้อยที่สุดคือตำบลแพรกษาที่เปลี่ยนแปลงเพียงร้อยละ 0.80 ต่อปีเท่านั้น

6.1.1.2 ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมในสภาวะปกติ

ในสภาวะปกติหรือไม่มีคลื่นพายุ พ.ศ. 2559 บริเวณพื้นที่ศึกษา ไม่มีพื้นที่เสี่ยงการเกิดภัยพิบัติน้ำท่วมแต่อย่างใด แต่ทว่าใน พ.ศ. 2569 นั้นมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยน้ำท่วมชายฝั่งครอบคลุมพื้นที่ทั้งสิ้น 27.451 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.09 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยตำบลที่มีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยน้ำท่วมชายฝั่งสูงที่สุด ได้แก่ ตำบลปากน้ำ ซึ่งมีค่าดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมที่ระดับ 0.586 รองลงมาคือตำบลบางปูใหม่ มีค่าดัชนีอยู่ที่ระดับ 0.453 และตำบลคลองด่าน ซึ่งมีค่าดัชนีอยู่ที่ระดับ 0.333 และใน พ.ศ. 2589 มีพื้นที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งเนื้อที่ 90.578 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 36.58 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยตำบลที่มีค่าเฉลี่ยการเปิดรับต่อภัยพิบัติมากที่สุดสามอันดับแรกนคือตำบลปากน้ำ ตำบลบางปูใหม่ และตำบลคลองด่าน ตามลำดับ เช่นเดียวกับในพ.ศ. 2569 ทว่าค่าเฉลี่ยการเปิดรับต่อภัยพิบัติลดลงจากพ.ศ. 2569 ซึ่งค่าดัชนีการเปิดรับของตำบลที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นอยู่ที่ระดับ 0.415, 0.340 และ 0.297 ตามลำดับ สำหรับตำบลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยต่อปีของดัชนีการเปิดรับมากที่สุด ได้แก่ ตำบลบางปลา ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงถึงร้อยละ -3.96 ต่อปี รองลงมาคือตำบลบางเพรียง มีการเปลี่ยนแปลงถึงร้อยละ -3.88 ต่อปี และตำบลท้ายบ้านใหม่มีการเปลี่ยนแปลงถึงร้อยละ -3.77 ต่อปี ส่วนตำบลที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่งเพียงร้อยละ -0.534 ต่อปี

6.1.2 ผลการศึกษาความพร้อมในการรับมือของชุมชนชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ

การศึกษาความพร้อมในการรับมือหากเกิดภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเลของชุมชน ได้นำเอาปัจจัยย่อย 3 ปัจจัยเข้ามาวิเคราะห์ ได้แก่ รายได้ต่อหัวประชากร ระยะทางจากสถานพยาบาล และอัตราส่วนประชากรที่ศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยนำมาวิเคราะห์ผลเป็นดัชนีความสามารถในการรับมือ ผลการศึกษาพบว่า ในพ.ศ. 2559 ตำบลที่มีดัชนีความพร้อมในการรับมือมากที่สุดคือตำบลแพรกษา โดยมีดัชนีอยู่ที่ระดับ 0.364 รองลงมาคือตำบลท้ายบ้านใหม่ มีดัชนีอยู่ที่ระดับ 0.288 และตำบลท้ายบ้านซึ่งมีดัชนีอยู่ที่ระดับ 0.286 ตามลำดับ ทั้งนี้ตำบลที่มีความสามารถในการรับมือน้อย

ที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน โดยมีดัชนีความสามารถในการรับมือเพียง 0.14 เท่านั้น ในพ.ศ. 2569 ความสามารถในการรับมือของพื้นที่ศึกษามีลักษณะเช่นเดียวกับพ.ศ. 2559 โดยตำบลที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการรับมือมากที่สุดตามลำดับคือ ตำบลแพรกษาตำบลท้ายบ้านใหม่ และตำบลท้ายบ้าน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.493 0.366 และ 0.352 ตามลำดับ ยังคงเป็นตำบลที่มีความสามารถในการรับมือน้อยที่สุดคือ ตำบลคลองด่าน มีค่าดัชนีเพียง 0.174

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นว่าพื้นที่ดัชนีที่มีความสามารถในการรับมือต่อภัยพิบัติ น้ำท่วมมีลักษณะคงเดิมในทุกปีการศึกษา เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการกำหนดให้อัตรากำลังเพิ่มขึ้นของปัจจัยย่อยที่นำมาศึกษา ทั้งรายได้ของประชากร ระยะทางจากสถานพยาบาล และอัตราส่วนประชากรที่ศึกษาในระดับอุดมศึกษามีอัตรากำลังเพิ่มขึ้นแบบคงที่ จึงทำให้ดัชนีความสามารถในการรับมืออยู่ในลำดับคงที่ ทว่าสิ่งที่แตกต่างกันคืออัตรากำลังเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปีของดัชนีความสามารถในการรับมือ โดยเมื่อเปรียบเทียบอัตรากำลังเปลี่ยนแปลงของดัชนีสองช่วง กล่าวคือ ช่วง พ.ศ. 2559 – 2569 กับช่วง พ.ศ. 2569 – 2589 พบว่าทุกตำบล ยกเว้นตำบลท้ายบ้านใหม่และตำบลปากน้ำ ในช่วง 10 ปีแรกมีอัตรากำลังเปลี่ยนแปลงของดัชนีที่เพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงหลัง หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งก็คือ มีการเพิ่มขึ้นของดัชนีในอัตราที่ลดลงนั่นเอง ทั้งนี้หากเปรียบเทียบอัตรากำลังเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปีของดัชนีความสามารถในการรับมือ ตั้งแต่พ.ศ. 2559 – 2589 โดยการเปลี่ยนแปลงของดัชนีที่เพิ่มขึ้นต่อปีนั้นสามารถนำมาอธิบายถึง ความสามารถในการปรับตัวในอนาคตของคนที่อยู่อาศัยในชุมชนชายฝั่งทะเล หากพื้นที่ตำบลใดมีอัตรากำลังเปลี่ยนแปลงต่อปีของความสามารถในการรับมือมาก ก็สามารถอนุมานได้ว่า พื้นที่นั้นๆ สามารถตอบสนองปรับตัวได้ดีกว่าพื้นที่อื่นๆ หากเกิดภัยพิบัติขึ้นในอนาคต จากการศึกษาพบว่า ตำบลท้ายบ้านใหม่มีอัตรากำลังเพิ่มขึ้นของดัชนีสูงที่สุดที่อัตรา 3.84 ต่อปี ตามมาด้วยตำบล แพรกษาที่มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.23 และตำบลแพรกษาใหม่ที่มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.50 ตามลำดับ ส่วนตำบลที่มีอัตรากำลังเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดคือ ตำบลปากน้ำ โดยมีอัตรากำลังเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นต่อปีเพียงร้อยละ 1.17 ต่อปี

6.1.3 ผลการประเมินความเปราะบางของพื้นที่ จากภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล

ผลการประเมินความเปราะบางของพื้นที่ชุมชนในพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งออกได้ 2 สภาวะการณ์ ตามสถานการณ์น้ำท่วมชายฝั่งทะเล กล่าวคือ ความเปราะบางอันเป็นผลมาจากน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากคลื่นพายุ และความเปราะบางอันเป็นผลมาจากน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (สภาวะปกติ) ดังนี้

6.1.3.1 ผลการประเมินความแปรปรวนในสภาวะน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจาก

คลื่นพายุ

ตำบลที่มีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนสูงสามอันดับแรกในพ.ศ. 2559 ได้แก่ ตำบลคลองด่าน ซึ่งมีค่าดัชนีความแปรปรวนเฉลี่ยเท่ากับ 0.281 รองลงมาคือตำบลเพ็ญ มีค่าดัชนีความแปรปรวนเฉลี่ยทั้งตำบลเท่ากับ 0.234 และตำบลปากน้ำ มีค่าดัชนีความแปรปรวนเท่ากับ 0.232 ตามลำดับ ต่อมาใน พ.ศ. 2569 ตำบลที่มีความแปรปรวนมากที่สุดคือตำบลคลองด่าน โดยมีค่าดัชนีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นจากเดิมอยู่ที่ระดับ 0.292 ทว่าในปีนี้ตำบลปากน้ำมีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่ในลำดับที่ 2 ซึ่งจากเดิมที่มีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนมากเป็นอันดับที่ 3 ของตำบลทั้งหมด โดยดัชนีความแปรปรวนเฉลี่ยของตำบลแห่งนี้อยู่ที่ 0.276 ส่วนอันดับที่ 3 เป็นของตำบลบางปู ซึ่งมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 0.243 และในปีสุดท้ายของการศึกษา พ.ศ. 2589 ตำบลที่มีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนมากที่สุดคือ ตำบลปากน้ำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนถึง 0.409 รองลงมาคือ ตำบลคลองด่าน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนมากอยู่ในระดับ 0.374 และตำบลที่มีค่าเฉลี่ยมากเป็นอันดับที่ 3 คือตำบลบางปู โดยมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนอยู่ในระดับ 0.367 ส่วนตำบลที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุดของปีฐานการศึกษา พ.ศ. 2559 คือตำบลบางปูใหม่ ที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.216 ส่วนพ.ศ. 2569 และ พ.ศ. 2589 ตำบลที่มีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ ตำบลแพรกษาใหม่ โดยมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนอยู่ในระดับ 0.110 และ 0.217 ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าในพ.ศ. 2589 ทุกตำบลจะมีความแปรปรวนต่อการเกิดน้ำท่วมที่เพิ่มขึ้น แต่หากพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดัชนีความแปรปรวนในสภาวะน้ำท่วมชายฝั่งที่เกิดจากคลื่นพายุเฉลี่ยจากพ.ศ. 2559 – 2589 ปรากฏว่าทุกตำบลมีแนวโน้มเฉลี่ยต่อปีเพิ่มขึ้น ยกเว้นตำบลแพรกษาใหม่ที่มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงดัชนีความแปรปรวนรายปีติดลบ กล่าวคือ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ -0.150 เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในช่วงพ.ศ. 2559 – 2569 ตำบลแพรกษาใหม่มีค่าดัชนีลดลงจากถึงร้อยละ -2.137 ต่อปี ถึงแม้ว่าดัชนีความแปรปรวนในช่วงพ.ศ. 2569 – 2589 ของตำบลแห่งนี้จะเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 1.837 ต่อปีก็ตาม เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยจึงทำให้ดูเหมือนว่าตำบลแห่งนี้มีแนวโน้มที่จะแปรปรวนลดลงในอนาคต ส่วนตำบลอื่นๆ นั้นในทศวรรษแรกของการศึกษา พ.ศ. 2559 – 2569 มีตำบลที่มีทั้งแนวโน้มความแปรปรวนลดลงได้แก่ ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลแพรกษา ตำบลบางปลา ตำบลบางเพ็ญ และ ตำบลแพรกษาใหม่ และตำบลที่มีแนวโน้มความแปรปรวนมากขึ้น ได้แก่ ตำบลปากน้ำ ตำบลบางปู ตำบลบางปูใหม่ ตำบลท้ายบ้าน และ ตำบลคลองด่าน ทว่าการเพิ่มขึ้นของดัชนีช่วงพ.ศ. 2569 – 2589 ในอัตราส่วนที่สูง จึงทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนแปลงดัชนีความแปรปรวนต่อปี พ.ศ. 2559 – 2589 อยู่ในระดับที่เป็นค่าบวก ซึ่งกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ทุกตำบลมีอัตราการเปลี่ยนแปลงดัชนีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้น หรือทุกตำบลจะยิ่งแปรปรวนมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปในอนาคต

6.1.3.2 ผลการประเมินความเปราะบางในสถานะน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะ

ปกติ

ผลการศึกษาพื้นที่ที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งทะเล ที่ได้กล่าวมาในหัวข้อข้างต้นแล้วนั้น ว่าในสภาวะปกติของพ.ศ. 2559 ไม่ปรากฏน้ำท่วมชายฝั่งทะเลขึ้นในพื้นที่ศึกษา จึงทำให้ไม่มีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมชายฝั่งทะเล จึงไม่มีความไม่เปราะบางต่อการเกิดน้ำท่วมชายฝั่งนั่นเอง ใน พ.ศ. 2569 และ พ.ศ.2589 ตำบลที่มีความเปราะบางมากที่สุดสามอันดับแรกคือตำบลปากน้ำ ตำบลคลองด่าน และตำบลบางปูใหม่ โดยในพ.ศ. 2569 ทั้งสามตำบลมีดัชนีความเปราะบางเฉลี่ย 0.533 0.464 และ0.439 ตามลำดับ ส่วนพ.ศ. 2589 ทั้งสามตำบลมีความเปราะบาง 0.587 0.465 และ0.417 ตามลำดับ

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเปราะบางในสถานะน้ำท่วมชายฝั่งในสภาวะปกติ นั้นพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่ลดลง และเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยตำบลที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นได้แก่ ตำบลท้ายบ้านปากน้ำ ตำบลแพรกษา และตำบลคลองด่าน ซึ่งในกลุ่มนี้ตำบลท้ายบ้านมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความเปราะบางสูงที่สุดถึงร้อยละ 0.96 ต่อปี ส่วนตำบลบางปู ตำบลบางปูใหม่ ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลบางเพรียง ตำบลบางปลา และตำบลแพรกษาใหม่ กลับมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความเปราะบางในอัตราที่ลดลง โดยตำบลแพรกษาจะมีความเปราะบางลดลงมากที่สุดในอนาคต โดยมีอัตราการลดลงของดัชนีความเปราะบางสูงถึงร้อยละ 1.20 ต่อปี

6.2 อภิปรายผล

6.2.1 ดัชนีด้านการเปิดรับต่อภัยพิบัติ

ดัชนีการเปิดรับต่อภัยพิบัติในสภาวะคลื่นพายุมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ ถึงแม้ว่าปริมาตรและความสูงน้ำที่เหนือระดับทะเลปานกลางในสภาวะคลื่นพายุจะมีค่ามากกว่าในสภาวะปกติมาก เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากวิธีการกระจายปริมาตรน้ำที่ไหลล้นจากพนังเข้ามายังพื้นที่ศึกษาโดยวิธีตัดและเติม (cut and fill) โดยในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ น้ำจะท่วมบริเวณที่เป็นทางน้ำหรือคลองในพื้นที่เท่านั้น ซึ่งคลุมพื้นที่น้อยกว่าในสภาวะที่มีคลื่นพายุ สำหรับในสภาวะคลื่นพายุ น้ำจะถูกกระจายไปยังบริเวณอื่นๆ ที่ไม่ใช่คลอง ดังนั้นจึงครอบคลุมพื้นที่มากกว่า ดังนั้นเมื่อนำเอาค่าความลึกของน้ำท่วมมาหารกับค่าพื้นที่น้ำท่วมจึงทำให้ในสภาวะปกติมีดัชนีน้ำท่วมชายฝั่งเฉลี่ยมากกว่าสภาวะคลื่นพายุ นั่นเองที่ทำให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการเปิดรับจะลดลงเมื่อน้ำท่วมครอบคลุมขอบเขตที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ผลการศึกษานี้ยังสามารถอนุมานได้ว่า ในสภาวะคลื่นพายุ นั้นถึงแม้ว่าพื้นที่ศึกษาจะมีพื้นที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งมากกว่าในสภาวะปกติ แต่ทว่ามีความ

รุนแรงโดยเฉลี่ยของน้ำท่วมน้อยกว่าในสภาวะปกติในบริเวณที่ไม่ใช่ทางน้ำหรือพื้นที่ที่ท่วมในสภาวะปกติ

ดัชนีด้านการเปิดรับต่อภัยซึ่งประกอบไปด้วย 2 ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ปัจจัยด้านน้ำท่วมชายฝั่งทะเล และปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีผลต่อการเปิดรับต่อภัยดังนี้ ปัจจัยด้านน้ำท่วมชายฝั่งทะเลปัจจัยที่ส่งผลทำให้พื้นที่ได้รับผลกระทบต่อน้ำท่วมมากที่สุดคือ ปัจจัยด้านคลื่นพายุ เนื่องจากการระดับความสูงและเวลาของคลื่นที่ไหลทะลักใช้เวลามากกว่าในสภาวะที่น้ำท่วมปกติ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลน้อยที่สุดคือ ปัจจัยด้านการเพิ่มสูงของระดับน้ำทะเล แต่ทั้งนี้พื้นที่น้ำท่วมยังมีความสัมพันธ์กับความสูงภูมิประเทศของพื้นที่อีกด้วย กล่าวคือ พื้นที่ที่มีความสูงภูมิประเทศมากกว่าจะได้รับผลกระทบน้อยกว่าพื้นที่ที่มีความสูงภูมิประเทศต่ำ ถึงแม้ว่าพื้นที่เหล่านี้จะอยู่ติดทะเลก็ตาม ตัวอย่างเช่น พื้นที่รอยต่อระหว่างตำบลบางปูและตำบลคลองด่าน พื้นที่ตอนเหนือของตำบลคลองด่าน และตำบลบางเปรี้ยว เป็นต้น ส่วนปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล นั้นถือว่าเป็นปัจจัยที่มีค่าการเปิดรับต่อภัยสูงที่สุด ซึ่งถ้าหากบริเวณใดที่อยู่ในรัศมีการกัดเซาะชายฝั่งจะถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดรับต่อภัยมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา

เมื่อนำสองปัจจัยข้างต้นมาวิเคราะห์ด้วยกันแล้ว จะพบว่าในสภาวะปกตินั้นทุกตำบลชายฝั่งทะเลจะมีดัชนีการเปิดรับเฉลี่ยต่อภัยพิบัติสูงกว่าตำบลที่อยู่ในแผ่นดิน ส่วนในสภาวะคลื่นพายุนั้นตำบลชายฝั่งทะเลจะมีดัชนีการเปิดรับที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคตมากกว่าตำบลที่ตั้งอยู่ในแผ่นดิน เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลนั่นเอง

6.2.2 ดัชนีความอ่อนไหว

ดัชนีความเปราะบางมีรูปแบบการกระจายตัวตามลักษณะการใช้ที่ดินประเภทเมืองและสิ่งปลูกสร้าง ถึงแม้ว่าค่าความสำคัญของการใช้ที่ดินประเภทเมืองน้อยกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ทว่าการใช้ที่ดินประเภทนี้มีความอ่อนไหวต่อภัยพิบัติมากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เนื่องจากเป็นที่อยู่อาศัยของประชากร ซึ่งปัจจัยทางด้านการใช้ที่ดินและปัจจัยทางด้านประชากร ทั้งสองปัจจัยต่างส่งผลต่อความอ่อนไหวที่มีลักษณะสัมพันธ์กัน กล่าวคือปัจจัยทางด้านการใช้ที่ดิน ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทเมืองในอนาคต โดยกำหนดให้การใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินประเภทเมืองเท่านั้น การขยายตัวของเมืองในอนาคตจึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่ ทิศทางและการตั้งถิ่นฐานของประชากรในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากในการศึกษานี้กำหนดให้ประชากรอาศัยอยู่ได้ในการใช้ที่ดินประเภทเมืองเท่านั้น ดังนั้นหากตำบลใดมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเมืองมาก และจำนวนประชากรที่ได้จากการฉายภาพประชากรน้อยตำบลแห่งนั้นก็มีความหนาแน่นประชากรน้อยตามไปด้วย ในทางกลับกันตำบลใดที่มีการใช้ที่ดินประเภท

เมืองในอนาคตน้อย แต่มีจำนวนประชากรมาก ตำบลแห่งนั้นจะมีความหนาแน่นประชากรมาก ตัวอย่างเช่น ตำบลท้ายบ้านใหม่ ตำบลบางปูใหม่ และตำบลแพรกษา ที่มีประชากรหนาแน่นมากที่สุด สามอันดับแรกใน พ.ศ. 2589 ตำบลท้ายบ้านใหม่และตำบลแพรกษา เป็นตำบลที่มีประชากรเกินกว่าหนึ่งแสนคน ส่วนตำบลบางปูใหม่มีประชากรอาศัยเพียง 39,438 คน ทว่าเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านการใช้ที่ดินแล้วตำบลบางปูใหม่มีการใช้ที่ดินประเภทเมืองเพียงร้อยละ 43.12 ของพื้นที่ทั้งหมดเท่านั้น นอกจากนี้แล้วปัจจัยการใช้ที่ดินยังส่งผลต่ออัตราประชากรวัยพึ่งพิงอีกด้วยเนื่องจากการกำหนดให้ประชากรที่อาศัยอยู่ในการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยเท่านั้น โดยตำบลที่มีดัชนีอัตราประชากรวัยพึ่งพิงสูงที่สุดใน พ.ศ. 2589 ได้แก่ ตำบลปากน้ำ ตำบลท้ายบ้าน และตำบลท้ายบ้านใหม่ ต่างเป็นตำบลที่มีการใช้ที่ดินประเภทเมืองครอบคลุมมากกว่าร้อยละ 90 ของการใช้ที่ดินทั้งหมด

6.2.3 ดัชนีความสามารถในการรับมือ

ดัชนีความสามารถในการรับมือประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านการศึกษา ปัจจัยด้านสาธารณสุข และปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ในการศึกษาที่กำหนดให้ปัจจัยทั้งสามมีอัตราคงที่ตลอดทั้งการศึกษา และยังกำหนดให้ปัจจัยด้านการศึกษา และปัจจัยด้านเศรษฐกิจ มีค่าคงที่เดียวกันทั้งตำบล ดังนั้นปัจจัยทางด้านสาธารณสุขจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่าดัชนีความสามารถในการรับมือที่แตกต่างกันในแต่ละเซลล์ของพื้นที่ศึกษาตามระยะห่างโรงพยาบาล โดยบริเวณที่มีดัชนีความสามารถในการรับมือสูงที่สุดของแต่ละตำบลคือบริเวณที่ตั้งอยู่ใกล้โรงพยาบาล นอกจากนี้ยังพบอีกว่าในอนาคต พ.ศ. 2589 ตำบลแพรกษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ และตำบลแพรกษาใหม่ เป็นกลุ่มตำบลมีดัชนีความสามารถในการรับมือมากกว่าตำบลอื่นๆ เนื่องจากดัชนีด้านการศึกษาของตำบลดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดตามจำนวนประชากรในอนาคต ประกอบกับมีดัชนีด้านเศรษฐกิจสูงเป็นลำดับต้นๆ ของพื้นที่ศึกษา ถึงแม้ว่าทั้งสามตำบลจะมีดัชนีด้านสาธารณสุขอยู่ในลำดับที่น้อยกว่าตำบลอื่นๆ เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากค่าน้ำหนักของดัชนีด้านการศึกษาและดัชนีด้านเศรษฐกิจที่มากกว่าดัชนีด้านสาธารณสุข เมื่อคำนวณดัชนีความสามารถในการรับมือทั้งสามตำบลดังกล่าวจึงมีดัชนีความสามารถในการรับมือสูงกว่าตำบลอื่นๆ

6.2.4 ดัชนีความเปราะบาง

ดัชนีความเปราะบางของพื้นที่ศึกษานั้นประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักของความเปราะบาง ได้แก่ ดัชนีการเปิดรับต่อภัย ดัชนีความอ่อนไหว และดัชนีความสามารถในการรับมือ การคำนวณดัชนีความเปราะบางนั้น มีการนำเอาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยดังกล่าวมารวมด้วย ผลการศึกษาจากกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ พบว่าโดยผู้เชี่ยวชาญที่มาจากสาขาที่แตกต่างกัน จึงมีความคิดเห็นต่างกันในการให้ค่าคะแนนความสำคัญ ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญจะให้ค่า

ความสำคัญของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับศาสตร์ของตน เช่น ผู้เชี่ยวชาญสาขาประชากรศาสตร์ และสาขาภูมิศาสตร์ จะให้ความสามารถในการรับมือมากกว่าปัจจัยด้านภัยพิบัติ แต่ในทางกลับกันผู้เชี่ยวชาญสาขาผังเมือง และสาขาสิ่งแวดล้อมศึกษากลับให้ปัจจัยการเปิดรับต่อภัยพิบัติมีความสำคัญที่สุด เป็นต้น

ดัชนีความเปราะบางเฉลี่ยรายตำบลในสภาวะปกติไม่มีคลื่นพายุ มีค่ามากกว่าสภาวะคลื่นพายุ เนื่องจากปัจจัยการเปิดรับในสภาวะคลื่นพายุมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าในสภาวะปกติ จึงเป็นผลให้ค่าเฉลี่ยดัชนีความเปราะบางมีค่าน้อยลงตามไปด้วย ปัจจัยการเปิดรับในพื้นที่นอกจากจะมีผลต่อค่าเฉลี่ยความเปราะบาง แล้วยังเป็นปัจจัยที่กำหนดความเปราะบางอีกด้วย กล่าวคือพื้นที่ใดที่ไม่มีภัยพิบัติพื้นที่นั้นก็เลยไม่มีความเปราะบาง เมื่อพิจารณาความเปราะบางเชิงพื้นที่ จะพบว่า บริเวณที่มีความเปราะบางมากที่สุดคือบริเวณชายฝั่งทะเล ทั้งในสภาวะปกติและสภาวะคลื่นพายุ บริเวณชายฝั่งทะเลที่อยู่ในรัศมีการกัดเซาะชายฝั่งจะมีความเปราะบางต่อภัยน้ำท่วมชายฝั่งมากที่สุด บริเวณที่มีความเปราะบางมากที่สุดของพื้นที่ศึกษาในปฏิธานการศึกษายู่ในตำบลทางทิศตะวันออกของพื้นที่ ได้แก่ ตำบลคลองด่าน ตำบลบางปู และตำบลบางเพรียง ส่วนตำบลปากน้ำในเริ่มแรกความเปราะบางจะพบเพียงบริเวณพื้นที่ที่ติดปากแม่น้ำเท่านั้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปตำบลปากน้ำมีการขยายตัวของความเปราะบางเต็มพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าบริเวณที่เป็นมีลักษณะภูมิประเทศต่ำกว่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดรับมาก จะมีดัชนีความเปราะบางมากกว่าพื้นที่อื่นๆ

รูปแบบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของปัจจัยทั้งสาม พบว่า ปัจจัยด้านการเปิดรับต่อภัยพิบัติเป็นปัจจัยที่ระบุว่าพื้นที่ใดเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบาง ส่วนปัจจัยด้านความอ่อนไหวมีผลต่อรูปแบบการกระจายตัว (Distribution pattern) ของดัชนีความเปราะบาง กล่าวคือ ดัชนีความเปราะบางจะกระจุกตัว และมีค่าสูงในบริเวณที่เป็นการใช้ที่ดินเมืองและสิ่งปลูกสร้างมากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีประชากรอาศัยอยู่ ส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่อุตสาหกรรม บริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปูถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางน้อยที่สุดของพื้นที่ศึกษา อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดรับต่อภัยน้อยที่สุดอีกด้วย สำหรับปัจจัยความสามารถในการรับมือจะมีผลต่อดัชนีความเปราะบางในตำบลอื่นๆ บริเวณที่อยู่ใกล้รอบๆ โรงพยาบาล มากกว่าพื้นที่อื่นๆ ที่ไกลออกไป

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ 3 ประการดังนี้ ประการแรกคือแนวคิดการวิเคราะห์ความเปราะบางในปัจจุบันนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยตระหนักว่าพื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางมากเป็นพิเศษ กล่าวคืออยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 2 เมตร จึงทำให้ผู้วิจัยพัฒนาวิธีการศึกษาให้เป็นวิธีการเชิงราสเตอร์ประกอบกับการทำให้เป็น

มาตรฐานของข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเองในกลุ่มตำบลที่ศึกษา ในอนาคตหากผู้ที่สนใจ นำเอาแนวคิดการวิเคราะห์อื่นๆ วิเคราะห์แล้วเปรียบเทียบผลการศึกษา จะทำให้ทราบถึงผลลัพธ์ที่ แตกต่างกันของแต่ละวิธี อันจะไปสู่การเลือกแนวคิดการวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ เพื่อ ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุดในการไปปรับใช้ ประการที่สองคือ แบบจำลองภัยพิบัติน้ำท่วมชายฝั่ง ทะเลปัจจุบันด้านการเปิดรับต่อภัยพิบัติถือว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดในฐานะตัวบ่งชี้ความ เปรียบบางของพื้นที่

ประการที่สอง ในงานวิจัยนี้คำนวณการไหลของคลื่นน้ำทะเลที่ทะลักเข้าท่วมฝั่งจากความสูง กว่าพั้งเท่านั้น หากนำเอาแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ เพื่อจำลองคลื่นพายุซัดฝั่ง ประกอบกับ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะทำให้ผลลัพธ์ของพื้นที่น้ำท่วมชายฝั่งที่ความแม่นยำมากขึ้นอีกด้วย

ประการสุดท้ายคือการศึกษาครั้งถัดไปนั้น ผู้ที่สนใจอาจศึกษาให้ครอบคลุมถึงความเสี่ยงภัย พิบัติ การลดความเสี่ยงภัยพิบัติ ตลอดจนการศึกษาเชิงด้วยวิธีการทางมนุษยศาสตร์ ถึงความสัมพันธ์ การรับรู้ ตลอดจนทัศนคติต่อภัยธรรมชาติของคนในพื้นที่ เพื่อที่จะสามารถวางกรอบ แผนนโยบาย ให้เป็นชุมชนพลวัต (Resilient community) ที่สามารถรองรับปรับตัวกับภัยธรรมชาติได้ในอนาคต

รายการอ้างอิง

- Alessio Ishizaka, and Philippe Nemery. 2013. *Multi-criteria decision analysis : methods and software*. Chichester, West Sussex : : John Wiley & Sons 58.
- Aobpaet, Anuphao, Miguel Caro Cuenca, Andrew Hooper, and Itthi Trisirisatayawong. 2013. "InSAR time-series analysis of land subsidence in Bangkok, Thailand." *International Journal of Remote Sensing* 34 (8):2969-2982. doi: 10.1080/01431161.2012.756596.
- Balica, S. F., N. G. Wright, and F. van der Meulen. 2012. "A Flood Vulnerability Index for Coastal Cities and Its Use in Assessing Climate Change Impacts. ." *Natural Hazards* 64. doi: 10.1007/s11069-012-0234-1.
- C. Satirapod, I. Trisirisatayawong, L. Fleitout, J.D. Garaud , and W.J.F. Simons. 2012. "Vertical motions in Thailand after the 2004 Sumatra–Andaman Earthquake from GPS observations and its geophysical modelling." *Adv. Space Res.* 51 (8):1565-1571. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2012.04.030>.
- Dulal Chandra Roy, and Thomas Blaschke. 2015. "Spatial vulnerability assessment of floods in the coastal regions of Bangladesh." *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 6 (1):21-44. doi: 10.1080/19475705.2013.816785.
- E.A. Himmelstoss. 2009. *DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide*” in: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. 2009 *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change, U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278*: U.S. Geological Survey.
- EEA. 2008. *Impact of Europe's Changing Climate -2008 Indicator base assessment*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Emiliano Ramieri, Andrew Hartley, Andrea Barbanti, Filipe Duarte Santos, Ana Gomes, Mikael Hilden, Pasi Laihonon, Natasha Marinova, and Monia Santini. 2011. *Methods for assessing coastal vulnerability to climate change*. Copenhagen, Denmark.

- EXIMAP. 2007. Atlas of Flood Maps: Examples from 19 European countries, USA and Japan. Accessed www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/atlas_prim_erov__kartiranja__poplavne_nevarnosti_ogrozenosti.pdf.
- Farida Duriyapong, and Kanchana Nakhapakorn. 2011. "Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study of Samut Sakhon Coastal Zone." *Sonklanakarinn Journal of Science* 33 (4):469–476.
- Gayoung Yoo , A Ra Kim , and Safwan Hadi. 2014. "A methodology to assess environmental vulnerability in a coastal city: Application to Jakarta, Indonesia." *Ocean & Coastal Management* 102:169-177. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.09.018>.
- Gunilla Kaiser. 2007. "Coastal Vulnerability to Climate Change and atural Hazards." Forum DKKV/CEDIM: Disaster Reduction in Climate Change, Karlstuhe University.
- I. Trisirisatayawong, and P. Cheewinsiriwat. 2013. "Assessment of Flooded Area from Sea Level Rise in the Upper Coastal Area of Gulf of Thailand." 2013 South East Asian Survey Congress (SEASC2013), Philippines.
- IPCC. 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Jitraporn Phaksopa, and Pramot Sojisuporn. 2006. "Storm Surge in the Gulf of Thailand Generated by Typhoon Linda in 1997 Using Princeton Ocean Model (POM)." *Kasetsat J. (Nat. Sci.)* 40:260-268.
- Joern Birkmann. 2005. "Danger Need Not Spell Disaster But How Vulnerable Are We?" *United Nations University* no. 1: 1–8.
- Marcel MARCHAND. 2009. *Modelling Delta Valnerability Desegn and Evaluation of a Vulnerability Model for Tropical Storms and Flood., Deltares Selected Series 05/2009*. Amsterdam: IOS Press BV.

- Oz Sahin, Sharif Mohamed. 2013. "Spatial Temporal Decision Framework for Adaptation to Sea level Rise." *Environmental Modelling & Software* Volume 46 (August 2013):129-141. doi: 10.1016/j.envsoft.2013.03.004.
- Pijanowski, Bryan C., Snehal Pithadia, Bradley A. Shellito, and Konstantinos Alexandridis. 2005. "Calibrating a neural network-based urban change model for two metropolitan areas of the Upper Midwest of the United States." *International Journal of Geographical Information Science* 19 (2):197-215. doi: 10.1080/13658810410001713416.
- Pijanowski et al. 2006. "Modelling urbanization patterns in two diverse regions of the world." *Land Use Science* 1 (2):83-108.
- R.T. Cooper, P. Cheewinsirawat, I. Trisirisatayawong, W.A. Marome, and K. Nakhapakorn. 2014. "FLOOD MANAGEMENT IN BANGKOK: ADVANCING KNOWLEDGE AND ADDRESSING CHALLENGES." 6 th International Conference on Flood Management Sao Paolo, Brazil.
- Roachanakanan, Thongchai. 2015. "Bangkok and Asian Cities in Compation " In *Article in Planning Review of Town and Country Planning in Thailand*, 54-79.
- Tim L. Webster. 2010. "Flood Risk Mapping Using LiDAR for Annapolis Royal, Nova Scotia, Canada." *Remote Sensing* 2010 (2):2060-2082. doi: 10.3390/rs2092060.
- WorldBank. 2015. *East Asia's Changing Urban Landscape Measuring a Decade of Spatial Growth, Urban Development Series*. Washington, DC: World Bank.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2557. การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการบริหารจัดการชายฝั่งทะเล. กรุงเทพฯ: คลาสสิกแอสแกน.
- กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 2551. ผังภาคกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี พ.ศ. 2600 = *Bangkok and Vicinities Regional Plan*. กรุงเทพฯ: กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
- กัทลี คุรุกุล, and กาญจนา นาคะภากร. 2557. "การประเมินหาพื้นที่เปราะบางชายฝั่งโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ จังหวัดสมุทรสงคราม." *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 22 (6).
- กาญจนา ตั้งชลทิพย์. 2550. "กรุงเทพมหานคร: เมืองโตเต็มวตลอดกาลของประเทศไทย." งานประชุมประจำปี "ประชากรและสังคม" ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร.

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาหาสาเหตุการทรุดตัวของแผ่นดินบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เสนอต่อ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

สุกัลยา หมดทอง. 2558. "ดัชนีประเมินความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาในชุมชนเทศบาลนครภูเก็ต." ปริญาวิทยาสตรมหาบัยชิต, เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ แบบสอบถามและผลการวิเคราะห์ AHP

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ภาควิชา/คณะ	มหาวิทยาลัย
1	ผศ. ดร. วิจิตรบุษบา มารมย์	สาขาวิชาการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2	ผศ. ดร. วิราภรณ์ โพธิศิริ	วิทยาลัยประชากรศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3	อาจารย์ Alexis Richard C. Claridades	Department of Geodetics Engineering, College of Engineering	University of the Philippines Diliman
4	อาจารย์ Revi Hernina	Department of Geography, Faculty of Mathematics and Natural Science	Universitas Indonesia
5	อาจารย์ ดร. Zulfa Hanan Asha'ari	Faculty of Environmental Studies	Universiti Putra Malaysia

ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม

Questionnaire

VULNERABILITY ASSESSMENT OF COASTAL COMMUNITIES TO COASTAL FLOOD: A CASE STUDY OF COASTAL AREA IN SAMUT PRAKAN PROVINCE

Haphifi Sama-ae, Master student in Geography and Geoinformatics
Department of Geography, Faculty of Arts, Chulalongkorn University

Introduction

Samut Prakan province is a part of the Bangkok Metropolitan Region (BMR) where urbanization, development projects and economic activities are expanded from BMR. According to Thailand National Plan 2057, the province is planned to be advanced industrial and logistics hub. On the other hand, Samut Prakan province is exposed to coastal flood because it is a coastal province where located at the Chaopraya river mouth. Moreover, the physical geography of the province is lowland and swamp that aggravate the flood. In conclusion, vulnerability assessment is important because of the evaluation can help to project the initial and future condition of the study area and support policy makers to decide the effective decision.

Objectives

1. To assess the risk of coastal inundation.
2. To study coping capacity of the coastal communities.
3. To Evaluate vulnerability to coastal flood of the coastal communities.

Conceptual framework of Vulnerability Model

Vulnerability is a function of exposure (E) ,sensitivity (S) and coping capacity (IPCC) (fig.1) ,That is express as follow (Sahin and Mohamed : 2012) :

$$V(t,s) = f \{E(t,s), S(t,s), CC(t,s)\}$$

Where t = temporal dimension

s = spatial dimension (3 dimension in x,y,z axis)

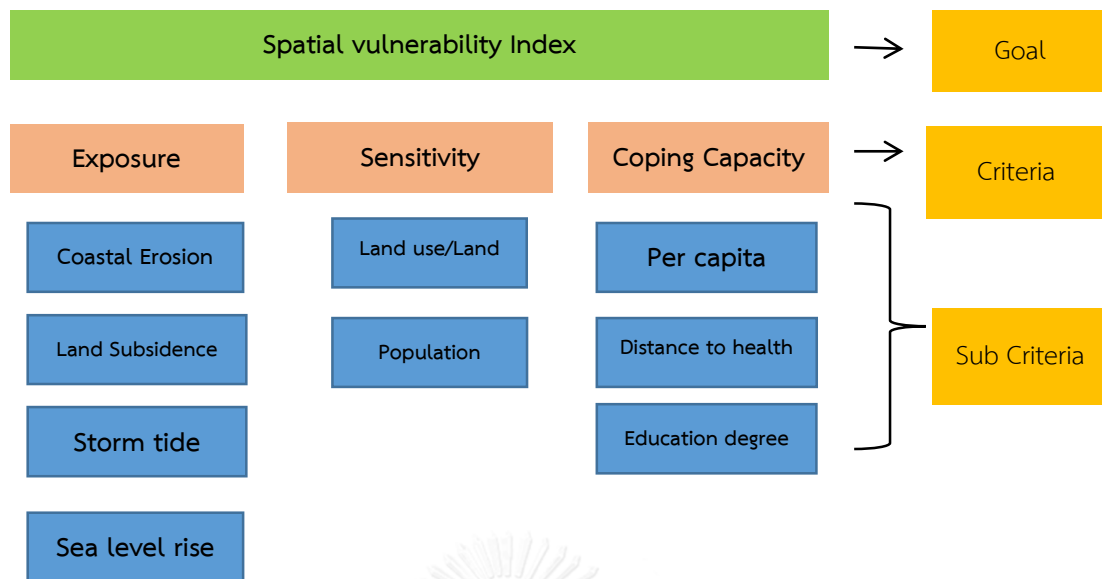


Fig. 1 Spatial vulnerability framework with AHP structure

Definitions

Vulnerability is the degree to which a system is susceptible to, and unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate change and variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity. (IPCC, 2007)

Exposure is the nature and extent of changes that a region's climate is subject to, with regard to variables such as temperature, precipitation, extreme weather events and sea level rise. (Brenkert and Malone: 2005)

Sensitivity is the degree to which a system is affected, either adversely or beneficially, by climate variability or change. The effect may be direct (e.g., a change in crop yield in response to a change in the mean, range or variability of temperature) or indirect (e.g., damages caused by an increase in the frequency of coastal flooding due to sea-level rise). (IPCC, 2007)

Coping capacity is the ability of a system to adjust to climate change (including climate variability and extremes) to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences. (IPCC, 2007)

The analytic hierarchy process (AHP) is applied to the study. AHP, as a Multi-criteria decision analysis method, is a decision-making process which is a useful tool for the researcher to weight for criteria by compare each pair of the criterion and then calculate how important of each criterion is.

AHP Scoring

	Equal	Weak	Moderate Importance	Moderate plus	Strong importance	Strong plus	Very strong importance	Very very strong	Extreme Importance
Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Example

Vulnerability Assessment

Do you think which criterion is more important? Compare each of the following pair of the criterion, and mark the place along the segment.

Exposure	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensitivity
Exposure	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Coping Capacity
Sensitivity	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Coping Capacity

Meaning

Exposure is very strong important than sensitivity.

Coping Capacity is extremely important than exposure.

Questions

Part I Information

Name:.....

Institution:.....

Part II Vulnerability Assessment

Do you think which criterion is more important? Compare each of the following pairs of the criterion, and mark the place along the segment.

Exposure	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sensitivity
Exposure	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Coping Capacity
Sensitivity	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Coping Capacity

1. Sensitivity criteria

Do you think which criterion is more important? Compare each of the following pair of the criterion, and mark the place along the segment.

Demographic	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Land use / Land cover
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------------------

1.1 Demographic variables

Do you think which variable is more sensitive to climate change? Compare each of the following pair of the variables, and mark the place along the segment.

Number of population	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dependency ratio of the population
----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------

1.2 Land use and land cover variables

Do you think which variable is more sensitive to climate change?

Compare each of the following pairs of the variables, and mark the place along the segment.

Residential	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Agriculture
Residential	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aquaculture /swamp
Residential	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Industrial Estate
Agriculture	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aquaculture /swamp
Agriculture	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Industrial Estate
Aquaculture /swamp	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Industrial Estate

2. Coping capacity criteria

Do you think which variable is makes people gains more capacity to cope problems from climate change, and mark the place along the segment.

Tertiary education ratio	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distance to health center
Tertiary education ratio	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Per capita income
Per capita income	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Distance to health center

ภาคผนวก ค

ค่าน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5

การประเมินความ ประะบาง	ผู้เชี่ยวชาญที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญที่ 3	ผู้เชี่ยวชาญที่ 4	ผู้เชี่ยวชาญที่ 5	ค่าเฉลี่ย
การเปิดรับต่อภัยพิบัติ	0.716	0.056	0.333	0.627	0.052	0.357
ความอ่อนไหวของ พื้นที่	0.224	0.263	0.333	0.289	0.221	0.266
ความสามารถในการ รับมือ	0.060	0.681	0.333	0.085	0.727	0.377
1. ปัจจัยหลักด้านความอ่อนไหวของพื้นที่						
ประชากร	0.125	0.800	0.143	0.111	0.900	0.416
การใช้ที่ดิน	0.875	0.200	0.857	0.889	0.100	0.584
1.1 ปัจจัยรองด้านประชากร						
ความหนาแน่น ประชากร	0.875	0.500	0.100	0.500	0.500	0.495
อัตราส่วนประชากร พึ่งพิง	0.125	0.500	0.900	0.500	0.500	0.505
1.2 ปัจจัยรองการใช้ที่ดิน						
เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	0.249	0.426	0.259	0.070	0.149	0.230
พืช	0.097	0.049	0.112	0.615	0.466	0.268
แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุ่ม น้ำ	0.042	0.100	0.593	0.252	0.337	0.265
อุตสาหกรรม	0.612	0.426	0.036	0.062	0.049	0.237
2. ปัจจัยหลักด้านความสามารถในการรับมือ						
คนที่เรียนต่อชั้น อุดมศึกษา	0.079	0.361	0.068	0.737	0.727	0.394
รายได้	0.654	0.306	0.667	0.075	0.052	0.351
ระยะไป สถานพยาบาล	0.267	0.333	0.265	0.189	0.221	0.255

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายฮาฟีฟ สะมะแอ ภูมิลำเนาเดิมเป็นชาวจังหวัดนราธิวาส สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนธรรมวิทยามูลนิธิ จังหวัดยะลา ต่อมาในปีการศึกษา 2553 ได้ทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษาชาวไทยที่นับถือศาสนาอิสลามในจังหวัดชายแดนภาคใต้ กระทรวงมหาดไทย เข้าศึกษาต่อในสาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อมาในปีการศึกษา 2557 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ และภูมิสารสนเทศ และได้รับทุนผู้ช่วยสอน คณะอักษรศาสตร์ ปีการศึกษา 2557 ต่อมาปีการศึกษา 2558 เป็นผู้ช่วยนักวิจัยวิจัย ที่ศูนย์ศึกษามหานครและเมือง วิทยาลัยรัฐกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต

