

## การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดท่องเที่ยว จังหวัดภูเก็ต

### The Projection of Shoreline Changes in Tourism Beaches, Phuket Province

นิรัตติยากร แสนนาใต้<sup>1,\*</sup>, สมปรารถนา ฤทธิพิริ้ง<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร

\* Corresponding author address: nirratyikorn.s@ku.th

#### บทคัดย่อ

ชายฝั่งทะเลจังหวัดภูเก็ต มีการใช้ประโยชน์ด้านการท่องเที่ยวสูง การสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งจึงส่งผลกระทบต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต ปี ค.ศ. 2100 จาก 3 สถานการณ์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยแบบจำลองบรูน และการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากภาพถ่ายดาวเทียม ปี ค.ศ. 2008 ถึง 2022 บริเวณหาดท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต ได้แก่ หาดในทอน หาดกมลา หาดป่าตอง หาดกะรน และหาดกะตะ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอดีตอยู่ระหว่าง -1.73 ถึง -0.43 ม./ปี และการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตจากข้อมูลในอดีต มีระยะการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยเท่ากับ -82.68 ม., การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล มีระยะการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยในสถานการณ์ SSP1 2.6 และ SSP5 8.5 เท่ากับ -32.66 ม. และ -53.81 ม. ส่วนการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS มีระยะการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยเท่ากับ 9.98 ม. พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยในอดีต และจากปัจจัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอย่างการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลพบว่าในอนาคตพื้นที่ชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบกัดเซาะ และหากพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง GENESIS โดยไม่คำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายในทิศทางตั้งฉากกับแนวชายฝั่งมีค่าคงที่ พื้นที่ชายฝั่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบทับถมในอนาคต ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นมาตรการจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลของหาดท่องเที่ยวในประเทศไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง, ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, แบบจำลองบรูน, แบบจำลอง GENESIS, เกาะภูเก็ต

#### Abstract

The Coastal area in Phuket has high utilization of tourism. Declining the beach area affects the country's economic value. This study aimed to propose projection of the shoreline changes

in 2100 B.E. from 3 scenario: The shoreline change in the future based on historical data analysis by Digital Shoreline Analysis System (DSAS), sea level rise from Bruun model, and GENESIS model. By analyzing historical shoreline changes from the 2008–2022 B.E. with satellite imagery. Tourism beaches in Phuket, including Nai Thon Beach, Kamala Beach, Patong Beach, Karon Beach and Kata Beach. The historical rate of shoreline change is -1.73 to -0.43 m./year. The rate of shoreline change in the future from historical data analysis is -25.90 m., from sea level rise at SSP1 2.6 is -32.66, SSP5 8.5 is -53.81 m. and GENESIS model is 9.98 m. The result showed coastal erosion when considering the historical shoreline change trend and the projection of sea level rise. Coastal area will be accretion in the future if considering the long-term change by GENESIS model, which is not concern the sea level rise and cross-shore sediment transport. This study will apply as a guideline for managing the coastal areas of tourism beaches in Thailand.

Keywords: Shoreline Change, Digital Shoreline Analysis System, Bruun Model, GENESIS Model, Phuket Island

#### 1. คำนำ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและมีความหลากหลายทางระบบนิเวศน์ ส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์พื้นที่สูงไม่ว่าจะเป็นด้านการท่องเที่ยว ด้านการประมง รวมไปถึงใช้เป็นสถานที่สำหรับกิจกรรมนันทนาการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดภูเก็ต รายได้หลักของประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่มาจากการท่องเที่ยว ซึ่งจากข้อมูลปี พ.ศ.2565 จังหวัดภูเก็ตมีรายได้จากการท่องเที่ยวมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย โดยมีมูลค่าถึง 127,927 ล้านบาท [1] ในปัจจุบันพื้นที่ชายฝั่งกำลังเผชิญทั้งภัยธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การประกอบอาชีพ การตั้งถิ่นฐาน การท่องเที่ยว ซึ่งการสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งนั้นคือการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เป็นตัวขับเคลื่อนประเทศ [2]

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจะทำให้เข้าใจถึงสภาพชายหาดในปัจจุบันรวมถึงการวางแผนการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การศึกษาที่ผ่านมาในประเทศไทย กรมทรัพยากร

ทางทะเลและชายฝั่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล (Digital Shoreline Analysis System, DSAS) โดยการแปลภาพถ่ายทางดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ [3] โดยงานวิจัยอื่นๆ มักจะใช้วิธีนี้ [4,5,6] รวมถึงงานวิจัยในต่างประเทศมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเช่นเดียวกัน [7,8,9] ต่อมาได้มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาใช้เพื่อการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงชายฝั่งก่อนและหลังการมีโครงสร้างป้องกันชายฝั่ง [10,11,12] การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล [13,14]

เนื่องด้วยข้อมูลทางด้านสมุทรศาสตร์ของประเทศมีอยู่อย่างจำกัด จึงต้องใช้เลือกแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนร่วมกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่มีความแม่นยำในการวิเคราะห์ เพื่อวางแผนจัดการพื้นที่ชายฝั่งและการออกแบบงานป้องกันชายฝั่ง [15] การกำหนดระยะถอยร่น [16,17] และการกำหนดมาตรการต่างๆ ในการจัดการพื้นที่ชายฝั่ง [18] หากใช้ข้อมูลที่มีความถูกต้องก็จะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

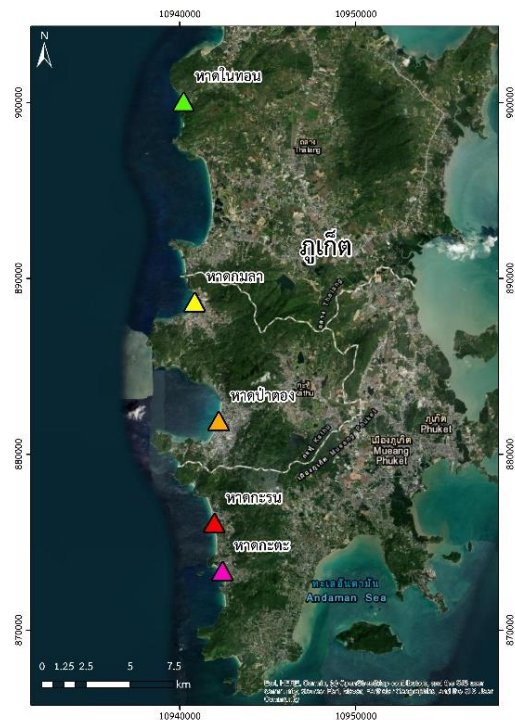
การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต ปี ค.ศ. 2100 จาก 3 สถานการณ์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยแบบจำลองบรุน และการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการแปลภาพถ่ายทางดาวเทียม ปี ค.ศ. 2008 ถึง 2022 บริเวณหาดท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต ได้แก่ หาดไนทอน, หาดกมลา, หาดป่าตอง, หาดกะรน และหาดกะตะ ผลของการศึกษาจะทำให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่เกิดขึ้นในอดีต ปัจจุบัน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางวางแผนพัฒนาและจัดการพื้นที่ชายฝั่งให้เหมาะสมต่อไป

## 2. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยประกอบด้วย พื้นที่ศึกษา, ข้อมูลที่ใช้ และขั้นตอนการศึกษา

### 2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้กับพื้นที่หาดท่องเที่ยวที่เป็นหาดทรายของจังหวัดภูเก็ต ได้แก่ หาดไนทอน, หาดกมลา, หาดป่าตอง, หาดกะรน และหาดกะตะ แสดงดังรูปที่ 1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา แสดงดังรูปที่ 2 ถึง 6



รูปที่ 2 หาดไนทอน ความยาว 1.10 กิโลเมตร



รูปที่ 3 หาดกมลา ความยาว 1.85 กิโลเมตร



รูปที่ 4 หาดป่าตอง ความยาว 3.20 กิโลเมตร



รูปที่ 5 หาดกะรน ความยาว 3.30 กิโลเมตร



รูปที่ 6 หาดกะตะ ความยาว 1.50 กิโลเมตร

## 2.2 ข้อมูลที่ใช้

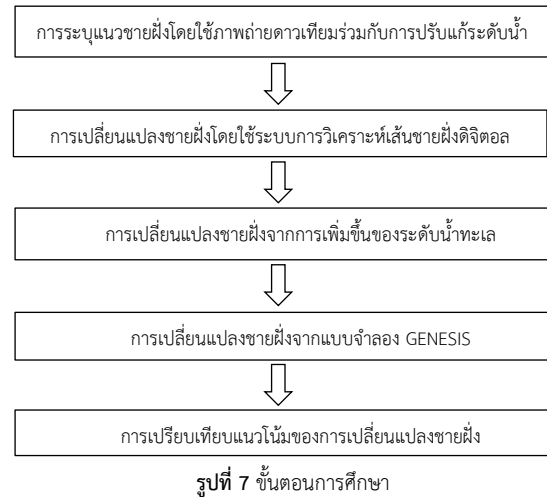
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้จากการข้อมูลภาคสนามและข้อมูลทุติยภูมิ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้	แหล่งที่มา
1. ภาพถ่ายดาวเทียม ปี ค.ศ. 2008-2022	Google Earth
2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ระวัง 4625II และ 4624I	กรมแผนที่ทหาร
3. ความเร็วและทิศทางลม ราย 3 ชั่วโมง ปี ค.ศ. 1981-2021 จากสถานีตรวจอากาศท่าอากาศยานภูเก็ต	กรมอุตุนิยมวิทยา
4. ระดับน้ำทะเลรายชั่วโมงจากสถานีวัดระดับน้ำอ่าวปอ จังหวัดภูเก็ต	กรมเจ้าท่า
5. ความลาดชันชายหาด	การสำรวจภาคสนาม
6. คุณสมบัติของตะกอน	การสำรวจภาคสนาม
7. การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล	CMIP6 model

## 2.3 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย การระบุแนวชายฝั่งโดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการปรับแก้ระดับน้ำ, การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS และเปรียบเทียบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง แสดงดังรูปที่ 7



### 2.3.1 การระบุแนวชายฝั่งโดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการปรับแก้ระดับน้ำ

ในขั้นตอนนี้ นำภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth ตรึงพิกัดให้ถูกต้องตามระบบภูมิศาสตร์และวางซ้อนทับบนแผนที่ภูมิประเทศโดยใช้โปรแกรม ArcGIS จากนั้นทำการระบุแนวชายฝั่ง การศึกษานี้ใช้การระบุแนวชายฝั่งนิยามระดับน้ำตัดกับชายหาดและปรับแก้ให้แนวชายฝั่งอ้างอิงกับระดับทะเลปานกลาง

จากนั้นจึงทำการปรับแก้ผลกระทบจากการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล โดยการระบุเวลาให้ภาพถ่าย จากการวัดมุม Solar azimuth angle ของเงาในภาพและทำการประมาณเวลาของภาพถ่ายจากมุมที่วัดได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ เช่น พิกัด, วันเดือนปีที่ถ่ายภาพ กรอกลงในเว็บไซด์ <https://keisan.casio.com/exec/system> ที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาเวลาของภาพถ่าย นำเวลาที่ได้อ่านค่าระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานีวัดระดับน้ำที่เลือก จะได้ระดับน้ำ ณ เวลาที่ถ่ายภาพ หากเวลาที่ระบุไว้ไม่มีในตารางให้ระบุค่าระดับน้ำโดยการประมาณค่าจากช่วงเวลานั้นๆ โดยใช้ความสัมพันธ์ของ Sine function ดังสมการที่ (1)

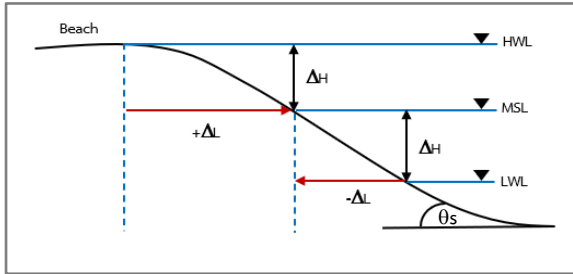
$$y_2 = \frac{y_1 + y_3}{2} + \frac{y_1 - y_3}{2} \cos \left[ \frac{t_2 + t_1}{t_3 + t_1} \pi \right] \quad (1)$$

โดยที่  $y_1$  (ม.รทก.) คือ ระดับน้ำทะเล ณ เวลา  $t_1$  (น.),  $y_3$  (ม.รทก.) คือ ระดับน้ำทะเล ณ เวลา  $t_3$  (น.),  $y_2$  (ม.รทก.) คือ ระดับน้ำทะเล ณ เวลาที่ต้องการ ซึ่งหมายถึงเวลาที่ถ่ายภาพ  $t_2$  (น.)

เมื่อได้ค่าระดับน้ำ ณ เวลาที่ถ่ายภาพแล้ว จากนั้นทำการปรับแนวชายฝั่งให้อ้างอิงกับระดับทะเลปานกลาง โดยใช้ความลาดชันชายหาดประกอบการวิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ 8 กล่าวคือ หากระดับน้ำทะเล ณ เวลาถ่ายภาพมีระดับสูงกว่าระดับทะเลปานกลางจะส่งผลให้แนวชายฝั่งอยู่ประชิดฝั่งมากกว่าความเป็นจริง หากใช้แนวชายฝั่งที่ระดับทะเลปานกลางเป็นเกณฑ์จำเป็นต้องปรับระยะแนวชายฝั่งให้ห่างออกไปเป็นระยะ  $+\Delta L$  ในทางตรงข้าม หากระดับน้ำทะเล ณ เวลาถ่ายภาพมีระดับต่ำกว่าระดับทะเลปานกลางจะส่งผลให้แนวชายฝั่งอยู่ห่างฝั่งมากกว่าความเป็นจริง จำเป็นต้องปรับระยะแนวชายฝั่งให้ห่างออกไปเป็นระยะ  $-\Delta L$  ซึ่งสามารถหาค่า  $\Delta L$  โดยใช้สมการที่ (2)

$$\Delta L = \tan\theta_s \Delta H \quad (2)$$

โดยที่  $\Delta L$  คือ ระยะห่างระหว่างแนวชายฝั่งที่ระบุได้ ณ ช่วงเวลาที่ถ่ายภาพกับระดับทะเลปานกลาง (ม.รทก.),  $\Delta H$  คือ ระดับความแตกต่างระหว่าง HWL กับ MSL หรือ LWL กับ MSL (ม.รทก.) เมื่อ MSL คือ ระดับทะเลปานกลาง, HWL คือ ระดับน้ำที่สูงกว่าระดับทะเลปานกลาง และ LWL คือ ระดับน้ำที่ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง และ  $\theta_s$  คือ ความลาดชันชายหาด (องศา)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ความกว้างชายหาด และความลาดชันชายหาด  
(ที่มา : ดัดแปลงจาก ภัทรกรและสมปรารถนา, 2562)

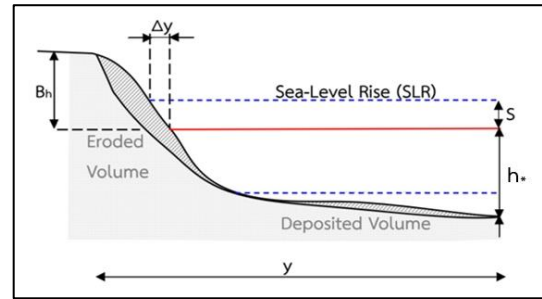
### 2.3.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล

ในขั้นตอนนี้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล (Digital Shoreline Analysis System, DSAS) เป็นเครื่องมือหนึ่งในโปรแกรม ArcGIS ถูกพัฒนาโดยหน่วยสำรวจธรณีวิทยาประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey, USGS) ใช้คำนวณทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหลายช่วงระยะเวลา [19] โดยการข้อมูลที่นำเข้า คือ เส้นแนวชายฝั่ง (Shoreline) และเส้นอ้างอิง (Baseline) เพื่อสร้างเส้นแบ่งระยะที่ตั้งฉากกับเส้นอ้างอิง (Transect) เมื่อระบบสร้างเส้น Transect ให้แล้ว จะได้ระยะห่างของเส้นแนวชายฝั่งจากเส้นอ้างอิง จากนั้นคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในแต่ละปี โดยนำระยะห่างของเส้นแนวชายฝั่งจากเส้นอ้างอิงปีใหม่ลบกับปีเก่า ส่วนระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต ทำได้โดยการนำจำนวนปีคูณกับอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง [3] โดยผลการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่ได้นั้น หากค่าเป็นลบหมายถึงการกัดเซาะและค่าเป็นบวกหมายถึงการทับถม

### 2.3.3 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองบูรณาการในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล โดยมีสมมติฐานให้แบบจำลองมีลักษณะสองมิติและแนวชายฝั่งอยู่ในสภาวะสมดุล เพื่อพิจารณาปริมาณตะกอนทรายสุทธิตลอดหน้าตัดของแนวชายฝั่งในทิศทางตั้งฉากกับแนวชายฝั่งและหน้าตัดของชายฝั่งมีระดับความลึกที่ลดลงคงที่ ไม่พิจารณาผลกระทบของคลื่น [13] ซึ่งการถอยห่างของชายฝั่งนั้นเกิดจากการกัดเซาะของการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ปริมาณทรายที่ถูกกัดเซาะจากบนฝั่งจะ

ถูกถ่ายเทมาที่ถมด้านล่าง ซึ่งปริมาณทรายที่ถูกกัดเซาะจะเท่ากับปริมาณทรายที่เกิดการทับถม [20] แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของชายหาดจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล  
(ที่มา : ดัดแปลงจาก ขวัญชนกและสมปรารถนา, 2564)

ในการวิเคราะห์ระยะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) ถึง (8)

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{S}{h_* + B_n} \quad (3)$$

โดยที่  $\Delta y$  คือ ระยะแนวชายฝั่งที่หายไปจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล (ม.),  $y$  คือ ความยาวของชายหาดที่พิจารณา (ม.),  $S$  คือ ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น (ม.),  $h_*$  คือ ความลึกของระดับน้ำเดิมถึงระดับต่องเดิมเป็นระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงตะกอน (ม.) และ  $B_n$  คือ ความสูงของตะกอนทรายก่อนเกิดการกัดเซาะ (ม.)

ส่วนความยาวหน้าตัดชายหาด คำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$h_* = Ay^{2/3} \quad (4)$$

โดยที่  $h_*$  คือ ความลึกของระดับน้ำเดิมถึงระดับต่องเดิมเป็นระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงตะกอน (ม.),  $y$  คือ ความยาวของชายหาดที่พิจารณา (ม.),  $A$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์  $A$  ( $A$  value) ที่ปรับตามลักษณะของตะกอนที่ได้ตามลักษณะของตะกอนทราย ( $D_{50}$ )

ความลึกของระดับน้ำเดิมถึงระดับต่องเดิมเป็นระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงตะกอน คำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$h_* = 2.28H_{e,t} - 68.5\left(\frac{H_{e,t}^2}{gT_{e,t}^2}\right) \quad (5)$$

โดยที่  $h_*$  คือ ความลึกของระดับน้ำเดิมถึงระดับต่องเดิมเป็นระดับที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงตะกอน (ม.),  $H_{e,t}$  คือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญสูงสุด (ม.),  $T_{e,t}$  คือ คาบคลื่นนัยสำคัญสูงสุด (วินาที) และ  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที<sup>2</sup>)

ความสูงคลื่น ณ บริเวณคลื่นแตกตัว คำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$H_b = (\tan\alpha)^{0.2} - 68.5\left(\frac{H_s}{L_s}\right)^{-0.25} \quad (6)$$

โดยที่  $H_b$  คือ ความสูงคลื่น ณ บริเวณคลื่นแตกตัว (ม.),  $\alpha$  คือ ความลาดชันชายหาด (องศา),  $H_s$  คือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ย (ม.),  $L_s$  คือ ความยาวคลื่นนัยสำคัญ (ม.)

ความยาวคลื่นนัยสำคัญ คำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$L_s = \frac{gT_s^2}{2\pi} \quad (7)$$

โดยที่  $L_s$  คือ ความยาวคลื่นนัยสำคัญ (ม.),  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที<sup>2</sup>),  $T_s$  คือ คาบคลื่นนัยสำคัญ (วินาที)

ความสูงของตะกอนทรายก่อนเกิดการกัดเซาะ คำนวณได้จากสมการที่ (8)

$$B_h = 0.125H_b^{5/8}(gT_s^2)^{3/8} \quad (8)$$

โดยที่  $B_h$  คือ ความสูงของตะกอนทรายก่อนเกิดการกัดเซาะ (ม.),  $H_b$  คือ ความสูงคลื่น ณ บริเวณคลื่นแตกตัว (ม.),  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที<sup>2</sup>),  $T_s$  คือ คาบคลื่นนัยสำคัญ (วินาที)

### 2.3.4 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS

ในการศึกษาที่ใช้แบบจำลอง GENESIS (GENERalized model for Simulating Shoreline change) ซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะยาวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง โดยมีหลักการคือคำนวณการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยปริมาณมวลทรายที่เคลื่อนที่เข้าและเคลื่อนที่ออก พิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายตามแนวชายฝั่ง (Long-shore sediment transport) และสมมติให้อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายตามแนวขวางชายฝั่ง (Cross-shore sediment transport) มีค่าสม่ำเสมอ [12]

สมมติฐานของแบบจำลองที่ใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งได้แก่ รูปแบบของชายฝั่งไม่เปลี่ยนแปลง, ขอบเขตด้านฝั่งและด้านทะเลของรูปตัดชายฝั่งไม่เปลี่ยนแปลง, ตะกอนทรายถูกพัดพาไปตามแนวชายฝั่งโดยแรงกระทำของคลื่นแตกตัว และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจะเป็นไปในระยะยาว [12] ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองคือ แนวชายฝั่งในอนาคต, ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง และปริมาณการเคลื่อนที่สุทธิในแต่ละช่วงปีที่ต้องการวิเคราะห์ด้วย

ในการวิเคราะห์ระยะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในอนาคตของแบบจำลอง GENESIS มีหลักการคำนวณดังสมการที่ (9) ถึง (11)

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{(D_s + D_c)} \left[ \frac{\partial Q}{\partial x} - q \right] = 0 \quad (9)$$

โดยที่  $y$  คือ เส้นชายฝั่ง (ม.),  $x$  คือ ระยะตามแนวชายฝั่ง (ม.),  $t$  คือ ระยะเวลา (ปี),  $Q$  คือ อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนขนานชายฝั่ง (ลบ.ม./ปี),  $D_s$  คือ ความสูงคลื่นเหนือระดับน้ำเฉลี่ยหรือเหนือระดับอ้างอิง (ม.),  $q$  คือ อัตราการเข้าหรือออกของทรายในแนวขวางชายฝั่ง (ลบ.ม./ปี),  $D_c$  คือ ความลึกน้ำประสิทธิผล (ม.)

ความลึกน้ำประสิทธิผล คำนวณได้จากสมการที่ (10)

$$D_c = 2.28H_s - 68.5 \frac{H_s^2}{gT_s^2} \quad (10)$$

โดยที่  $H_s$  คือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (ม.),  $T_s$  คือ คาบคลื่นนัยสำคัญ (วินาที) และ  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ม./วินาที<sup>2</sup>)

อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนขนานชายฝั่ง คำนวณได้จากสมการที่ (11)

$$Q = (H_b^2 C_{gb}) (K_1 \sin 2\alpha_b - K_2 \cos \alpha_b \frac{\partial H_b}{\partial y}) \quad (11)$$

โดยที่  $Q$  คือ อัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนขนานชายฝั่ง (ลบ.ม./ปี),  $H_b$  คือ ความสูงคลื่น ณ บริเวณคลื่นแตกตัว,  $C_{gb}$  คือ ความเร็วกลุ่มคลื่น ณ ตำแหน่งคลื่นหัวแตก (ม.),  $\alpha_b$  คือ มุมหักเหคลื่น ณ ตำแหน่งคลื่นหัวแตก (องศา),  $y$  คือ ระยะทางตามแนวขนานชายฝั่ง (ม.) และ  $K_1, K_2$  คือ สัมประสิทธิ์การเคลื่อนตัวของชายฝั่ง

สำหรับการสอบเทียบแบบจำลอง เพื่อให้ทราบค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนตัวของชายฝั่ง ( $K_1, K_2$ ) โดยแต่ละหาดจะมีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความลาดชันของชายหาดและแพลตฟอร์มปรับสภาพคลื่นในแบบจำลอง โดยความน่าเชื่อถือของค่า  $K_1$  และ  $K_2$  นั้นตรวจสอบได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of determination,  $R^2$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (12)

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \quad (12)$$

โดยที่  $R^2$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์,  $i$  คือ ลำดับของข้อมูล,  $n$  คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด,  $o_i$  คือ ค่าที่ได้จากการวัดลำดับที่  $i$ ,  $\bar{o}$  คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลจากการวัดทั้งหมด,  $P_i$  คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลองลำดับที่  $i$ ,  $\bar{P}$  คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลจากแบบจำลองทั้งหมด

โดยแบบจำลอง GENESIS มีขั้นตอน คือ แปลงข้อมูลต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง เช่น ข้อมูลคุณสมบัติของตะกอน, ข้อมูลคลื่นรายปี, เส้นแนวชายฝั่ง จากนั้นนำข้อมูลในแบบจำลอง ได้แก่ เอกสารควบคุมหลัก (START), แนวชายฝั่งเริ่มต้น (SHORL), แนวชายฝั่งจากการสำรวจ (SHORM), ตำแหน่งกำแพงกันคลื่น (SEAWL) และข้อมูลคลื่น (WAVES) เมื่อได้แนวชายฝั่งจากแบบจำลองแล้วจากนั้นทำการสอบเทียบแบบจำลองโดยเลือกใช้ข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 2008 และ ค.ศ. 2022 เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $K_1, K_2$ ) ดังสมการที่ (11) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมาก

ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนตัวของชายฝั่ง ( $K_1, K_2$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ของพื้นที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า  $K_1, K_2$  และ  $R^2$

พื้นที่ศึกษา	$K_1$	$K_2$	$R^2$
หาดในทอน	0.1	0.1	0.8874
หาดกมลา	0.1	0.1	0.9832
หาดป่าตอง	0.1	0.1	0.9975
หาดกะรน	0.1	0.1	0.9971
หาดกะตะ	0.1	0.1	0.9905

### 3. วิเคราะห์ผลการศึกษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากกระบวนการข้างต้น ได้ผลการศึกษา คือ การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS, และการเปรียบเทียบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ดังนี้

#### 3.1 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล

ผลการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากข้อมูลในอดีตโดยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล (Digital Shoreline Analysis System, DSAS) จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและปรับแก้เส้นแนวชายฝั่งให้อ้างอิงระดับทะเลปานกลาง พบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง แสดงดังตารางที่ 3

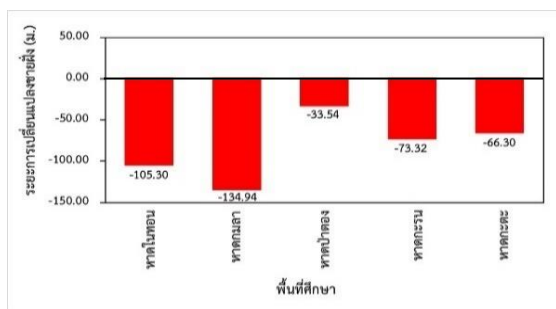
เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งตามเกณฑ์ของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง [21] พบว่า หาดที่มีการกัดเซาะน้อย (อัตราการกัดเซาะ < 1 ม./ปี) ได้แก่ หาดป่าตอง, หาดกะรน และหาดกะตะ หาดที่มีการกัดเซาะปานกลาง (อัตราการกัดเซาะ 1-5 ม./ปี) ได้แก่ หาดกมลาและหาดในทอน

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอดีต

พื้นที่ศึกษา	อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (ม./ปี)
หาดในทอน	-1.35
หาดกมลา	-1.73
หาดป่าตอง	-0.43
หาดกะรน	-0.94
หาดกะตะ	-0.85

ส่วนผลคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตปี ค.ศ. 2100 เทียบกับปัจจุบัน ปี ค.ศ. 2022 มีระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง แสดงดังรูปที่ 10 โดยทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา มีระยะกัดเซาะเฉลี่ยเท่ากับ -82.68 ม. หาดป่าตองมีระยะกัดเซาะน้อยที่สุดเท่ากับ -33.54 ม. และหาดกมลามีระยะกัดเซาะมากที่สุดเท่ากับ -134.94 ม.

เมื่อเทียบกับความกว้างชายหาดจากการสำรวจ ปี ค.ศ. 2022 แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าในอนาคตปี ค.ศ. 2100 ทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ หาดในทอน หาดกมลา หาดป่าตอง หาดกะรน และหาดกะตะ จะสูญเสียชายหาดไปทั้งหมด



รูปที่ 10 ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งวิธี DSAS

#### 3.2 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลโดยใช้แบบจำลองBrun ปี ค.ศ. 2100 เทียบกับปัจจุบัน ปี ค.ศ. 2022 ของ 5 สถานการณ์อนาคตใน ปี ค.ศ.2100 ได้แก่ SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 และ SSP5 8.5 แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 10 พบว่า SSP1 2.6 ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอยู่ระหว่าง -29.30 ถึง -39.96 ม., SSP2 4.5 ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอยู่ระหว่าง -35.60 ถึง -48.56 ม., SSP3 7.0 ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอยู่ระหว่าง -42.09 ถึง -57.40 ม. และ SSP5 8.5 ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอยู่ระหว่าง -48.28 ถึง -65.84 ม. แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 11

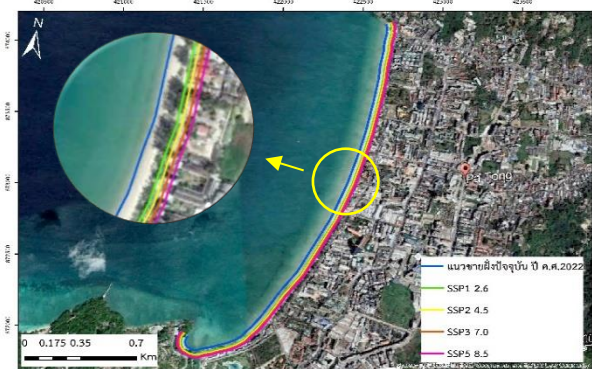
เมื่อเทียบกับความกว้างชายหาดจากการสำรวจ ปี ค.ศ. 2022 แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ในสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (SSP5 8.5) ทั้ง 5 พื้นที่ศึกษาจะสูญเสียชายหาดไปอย่างสิ้นเชิง

ตารางที่ 4 ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลองBrun

พื้นที่ศึกษา	ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (ม.)			
	SSP1 2.6	SSP2 4.5	SSP3 7.0	SSP5 8.5
หาดในทอน	-29.30	-35.60	-42.09	-48.28
หาดกมลา	-39.96	-48.56	-57.40	-65.84
หาดป่าตอง	-30.46	-37.02	-43.76	-50.20
หาดกะรน	-32.80	-39.86	-47.12	-54.05
หาดกะตะ	-30.75	-37.37	-44.18	-50.68

ตารางที่ 5 ความกว้างชายหาดจากการสำรวจ

พื้นที่ศึกษา	ความกว้างชายหาด (ม.)
หาดในทอน	41.3
หาดกมลา	23.4
หาดป่าตอง	44.1
หาดกะรน	38.8
หาดกะตะ	42.3



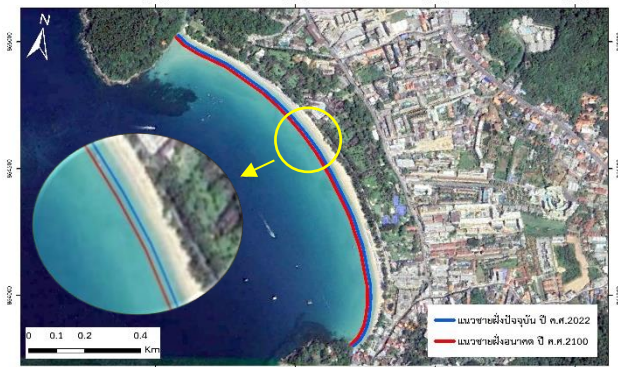
รูปที่ 11 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลของหาดป่าตอง

#### 3.3 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตปี ค.ศ. 2100 เทียบกับปัจจุบัน ปี ค.ศ. 2022 โดยใช้แบบจำลอง GENESIS แสดงดังรูปที่ 12 พบว่า

ระยะการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดในทอนเท่ากับ 10.14 ม., หาดกมลาเท่ากับ 21.84 ม., หาดป่าตองเท่ากับ 5.46 ม., หาดกะรนเท่ากับ 0.78 ม. และหาดกะตะเท่ากับ 11.70 ม.

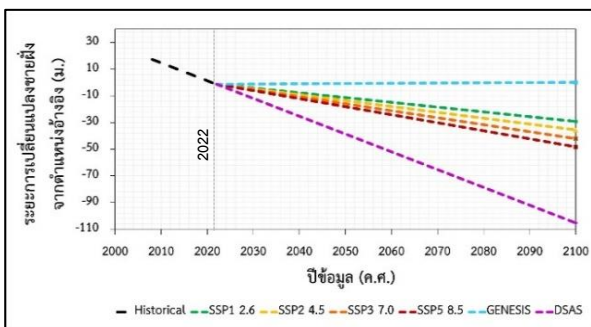
เมื่อเทียบกับความกว้างชายหาดจากการสำรวจ ปี ค.ศ. 2022 แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา มีความกว้างชายหาดเพิ่มขึ้น ได้แก่ หาดในทอนเพิ่มขึ้น 24.54%, หาดกมลาเพิ่มขึ้น 93.33% , หาดป่าตองเพิ่มขึ้น 12.38% หาดกะรนเพิ่มขึ้น 2.01% และหาดกะตะเพิ่มขึ้น 27.61%



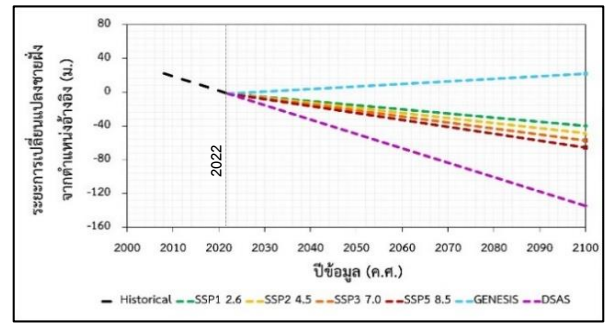
รูปที่ 12 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS ของหาดกะตะ

### 3.4 การเปรียบเทียบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

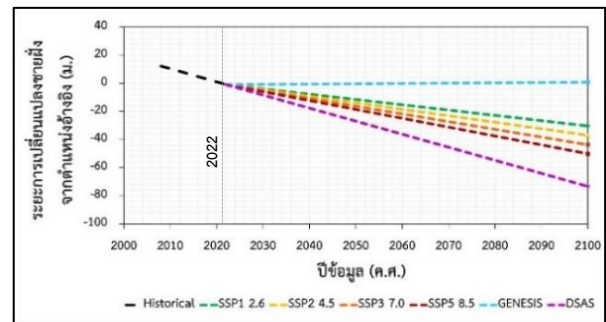
ผลการเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต ปี ค.ศ. 2100 จากทั้ง 3 สถานการณ์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยแบบจำลองบูรณ และการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS พบว่า หาดในทอน, หาดกมลา, หาดกะรน และหาดกะตะ การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลอง GENESIS เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบที่ขม ในขณะที่ยังมีการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบกึ่งขม โดยการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัลมีระยะกึ่งขมมากกว่าการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล แสดงดังรูปที่ 13 ถึง 16



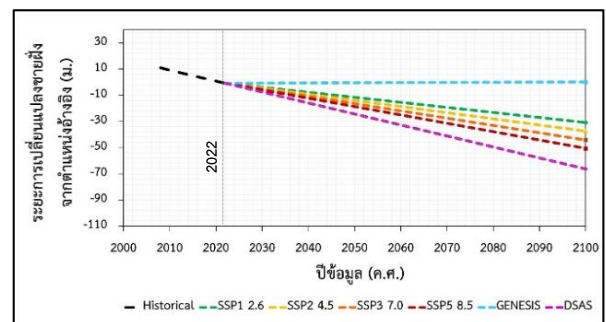
รูปที่ 13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดในทอน



รูปที่ 14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดกมลา

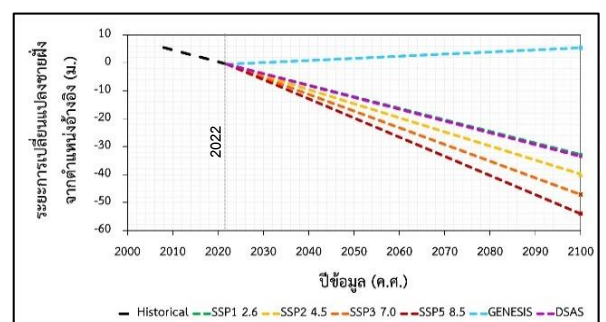


รูปที่ 15 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดกะรน



รูปที่ 16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดกะตะ

ในส่วนของหาดป่าตอง การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบที่ขม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบกึ่งขม โดยการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล มีระยะกึ่งขมใกล้เคียงกับสถานการณ์ SSP1 2.6 จากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล แสดงดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของหาดป่าตอง

โดยภาพรวมของทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยในอดีตจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัลและการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองบูรณ จะเห็นได้ว่าในอนาคตพื้นที่ชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบกัดเซาะ และหากพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลอง GENESIS โดยไม่คำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล และการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายในทิศทางตั้งฉากกับแนวชายฝั่งมีค่าคงที่พบว่าในอนาคตพื้นที่ชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบทับถม

#### 4. บทสรุป

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอดีตจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการปรับแก้ระดับน้ำ ปี ค.ศ. 2008 ถึง 2022 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ หาดในทอน หาดกมลา หาดป่าตอง หาดกะรน และหาดกะตะ พบว่า มีอัตราการกัดเซาะเฉลี่ยเท่ากับ -1.06 ม./ปี โดยหาดป่าตองมีอัตราการกัดเซาะน้อยที่สุดเท่ากับ -0.43 ม./ปี และหาดกมลามีอัตราการกัดเซาะมากที่สุดเท่ากับ -1.73 ม./ปี

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต ปี ค.ศ. 2100 เทียบกับปีปัจจุบัน ค.ศ. 2022 จาก 3 สถานการณ์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล, การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยแบบจำลองบูรณ และการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS พบว่า การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งของทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบกัดเซาะทั้งหมด มีระยะกัดเซาะเฉลี่ยเท่ากับ -82.68 ม. โดยหาดป่าตองมีระยะกัดเซาะน้อยที่สุดเท่ากับ -33.54 ม. และหาดกมลามีระยะกัดเซาะมากที่สุดเท่ากับ -134.94 ม.

การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยแบบจำลองบูรณของทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา พบว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบกัดเซาะทั้งหมด โดยในสถานการณ์ที่ตีที่สุด (SSP1 2.6) หาดในทอนมีระยะกัดเซาะน้อยที่สุดเท่ากับ -29.30 ม. และหาดกมลามีระยะกัดเซาะมากที่สุดเท่ากับ -39.96 ม. และสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (SSP5 8.5) หาดในทอนมีระยะกัดเซาะน้อยที่สุดเท่ากับ -47.48 ม. และหาดกมลามีระยะกัดเซาะมากที่สุดเท่ากับ -65.84 ม. ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ขวัญชนก คุณกิตติ (2564) ซึ่งวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลด้วยแบบจำลองบูรณ พื้นที่หาดกะรน จังหวัดภูเก็ต [16]

การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากแบบจำลอง GENESIS ของทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา พบว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบทับถมทั้งหมด มีระยะทับถมเฉลี่ยเท่ากับ 9.98 ม. โดยที่หาดในทอนมีระยะทับถมมากที่สุดเท่ากับ 21.84 ม. และหาดกะรนมีระยะทับถมน้อยที่สุดเท่ากับ 0.78 ม. โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2565) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยแบบจำลอง GENESIS บริเวณชายฝั่งทางด้านทิศตะวันตกของจังหวัดภูเก็ต [3]

การเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต ปี ค.ศ. 2100 จากทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่า หาดในทอน, หาดกมลา, หาดกะรน และหาดกะตะ การเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลอง GENESIS เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบทับถม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบกัดเซาะ โดยการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัลมีระยะกัดเซาะมากกว่าการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ในส่วนของหาดป่าตอง การเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลอง GENESIS เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบทับถม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบกัดเซาะ โดยการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตโดยใช้ระบบการวิเคราะห์เส้นชายฝั่งดิจิทัล มีระยะกัดเซาะใกล้เคียงกับสถานการณ์ SSP1 2.6 จากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

โดยผลของการศึกษานี้จะทำให้เข้าใจถึงภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่เกิดขึ้นในอดีต ปัจจุบัน และการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อประกอบการตัดสินใจในการวางแผนพัฒนาและจัดการพื้นที่ชายฝั่งในอนาคตต่อไป

#### กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษานี้ ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล และขอขอบคุณ นางสาวขวัญชนก คุณกิตติ, นางสาวภัทรกร นิธิราษฎร์ และนายศรัญ ปรุกบุญจันทร์ สำหรับคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://www.thaigov.go.th/infographic/contents/details/6464> เข้าถึงวันที่ 10 เมษายน พ.ศ.2566
- [2] ขวัญชนก คุณกิตติ และ สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง. (2564). การเปลี่ยนแปลงของชายหาดบ้านกรูดจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26*. หน้า 51-56.
- [3] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2565). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดจ้างเก็บข้อมูลสมุทรศาสตร์และจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [4] Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. *Journal of coastal research*, 688-703.
- [5] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2554). *การจัดการการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในประเทศไทย*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [6] เอกรัักษ์ ใฝ่บุญ และ วุฒิพงษ์ แสงมณี. (2562). การตรวจสอบและการพยากรณ์ผลกระทบจากโครงสร้างวิศวกรรมชายฝั่งทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งบริเวณปากร่องน้ำทะเลสาบสงขลาโดยใช้



- เทคนิคเชิงพื้นที่. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*. ปีที่ 11. ฉบับที่ 3. หน้า 165-179.
- [7] Nassar, K., Mahmood, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2019). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), 81-95.
- [8] Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4), 361-376.
- [9] Siyal, A. A., Solangi, G. S., Siyal, P., Babar, M. M., & Ansari, K. (2022). Shoreline change assessment of Indus delta using GIS-DSAS and satellite data. *Regional Studies in Marine Science*, 53, 102405.
- [10] กรมเจ้าท่า. (2540). โครงการศึกษาสำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างเขื่อนป้องกันกีดกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล บริเวณหาดสะกอม อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา.
- [11] วันชัย จันทร์ละเอียด. (2548). การประเมินการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งตั้งบ้านต้นหยงเปาว์ถึงบ้านบางตาเว จังหวัดปัตตานี โดยแบบจำลอง GENESIS. *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- [12] Hanson, H., and Kraus, N. C. (1989). *Genesis: Generalized model for simulating shoreline change*. Report1. Technical report CERC-89-19, US. Army Engineering Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS.
- [13] Bruun, P. (1962). Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the Waterways and Harbors division*, 88 (1), 117-132.
- [14] กิรพัฒน์ พชรพิชชากร และ สมปรารถนา ฤทธิพริ้ง (2555). การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในประเทศไทย. *วิศวกรรมลาดกระบัง*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 3, หน้า 56-60.
- [15] ภัทรกร นิธิรางกูร และ สมปรารถนา ฤทธิพริ้ง. (2562). การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการระบุแนวชายฝั่งทะเล. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24*, หน้า 2106-2113.
- [16] ขวัญชนก คุณกิตติ. (2564). การกำหนดระยะถอยร่นชายฝั่งทะเล. *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- [17] Lincke, D., Wolff, C., Hinkel, J., Vafeidis, A., Blickensdörfer, L., & Povh Skugor, D. (2020). The effectiveness of setback zones for adapting to sea-level rise in Croatia. *Regional Environmental Change*, 20, 1-12.
- [18] ภัทรกร นิธิรางกูร. (2562). การศึกษามาตรการปรับตัวและขีดความสามารถในการรองรับนักท่องเที่ยวต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล หาดท่องเที่ยวประเทศไทย. *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- [19] Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2018). Digital shoreline analysis system (DSAS) version 5.0 user guide (No. 2018-1179). *US Geological Survey*.
- [20] Dean, R. G. (1991). Equilibrium beach profiles: characteristics and applications. *Journal of coastal research*, 53-84.
- [21] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2563). *รายงานสถานภาพชายฝั่ง พ.ศ.2563*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.