การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอำเภอขนอมโดยใช้แบบจำลอง Crenulated Bay Shape Model และความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม

A study of coastal changes in Khanom District using the Crenulated Bay Shape Model and its relationship with environmental factors

กนกกร ห่อแก้ว[1,*] ณัฐพล แก้วทอง[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
Corresponding author; E-mail address: kanokkorn.hk@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาความสมดุลของหาดและการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยแวดล้อม เช่น ทิศทางลม กระแสน้ำ และการสะสมตัวของตะกอน โดยใช้แบบจำลอง Crenulated Bay Shape Model เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่ง จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงปี 2014-2021 ในพื้นที่หาดแขวงเภา ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงปี 2015-2021 ในพื้นที่อ่าวท้องโหนด และภาพถ่ายดาวเทียมช่วงปี 2015-2017,2019 และ2021 สำหรับหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอ่าวท้องโหนดเป็นอ่าวที่กำลังปรับเข้าสมดุลคงที่ สำหรับหาดแขวงเภา มีการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทั้งการกัดเซาะและการทับถมชายฝั่ง จึงทำให้หาดมีลักษณะสมดุลพลวัต และหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม เป็นหาดแบบไม่คงที่

คำสำคัญ: การกัดเซาะชายฝั่ง, การทับถม, Crenulated Bay Shape Model

Abstract

This study focuses on the coastal changes in Khanom District, Nakhon Si Thammarat Province, which are influenced by environmental factors such as wind direction, ocean currents, and sediment deposition. The Crenulated Bay Shape Model was employed to analyze shoreline changes using satellite images. Based on satellite imagery from 2014–2021 for Kwang Pao Beach, from 2015–2021 for Thong Not Bay, and from 2015–2017, 2019, and 2021 for the Khanom Power Plant Beach, the study found that Thong Not Bay is in the process of adjusting toward a stable equilibrium. Kwang Pao Beach has experienced both coastal erosion and sediment deposition, indicating a state of dynamic equilibrium. In contrast, the Khanom Power Plant Beach is considered an unstable beach.

Keywords: Coastal erosion, Sediment deposition, Crenulated Bay Shape Model

1. คำนำ

วิวัฒนาการของชายฝั่งทั่วโลกนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งอยู่ตลอดเวลาอันเนื่องจากฤดูกาลทางธรรมชาติ ทั้งนี้ปัจจุบันอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากสภาวะโลกร้อน ส่งผลให้ธารน้ำแข็งในหลายพื้นที่ทั่วโลกละลายระดับน้ำทะเลจึงเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งจาการกัดเซาะในหลายๆพื้นที่ อีกทั้งยังมีการลุกล้ำพื้นที่ชายฝั่งจากกิจกรรมของมนุษย์

จากการศึกษาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทางภาครัฐของแต่ละประเทศจึงมีนโยบายสำหรับการป้องกันและแก้ไขปัญหาชายฝั่ง เพื่อให้ชายฝั่งนั้นมีเสถียรภาพคงที่และยั่งยืน ชายหาดอ่าวแหลม (Headland-Bay Beach) ถูกนิยามว่าเป็นชายหาดที่ตั้งอยู่ในเงาของแหลม และได้รับผลกระทบจากคลื่นที่มีทิศทางหลักในการเข้าปะทะ ชายหาดประเภทนี้มักมีรูปทรงเว้าเข้าด้านในเนื่องจากการกัดเซาะที่เกิดจากการหักเห (Refraction) การเลี้ยวเบน (Diffraction) และการสะท้อนของคลื่นที่พัดเข้าสู่บริเวณเงาของแหลม สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาพื้นที่ชายฝั่งทะเล ในประเทศมาเลเซียได้มีการใช้เขื่อนกันคลื่น (Breakwater) เพื่อลดพลังงานของคลื่นที่เคลื่อนเข้าหาชายฝั่ง ใช้รอดักทราย (Groin) ในการสร้างเสถียรภาพของชายฝั่งในแถบตะวันออกของคาบมหาสมุทรมาเลเซียให้เป็นรูปโค้งเว้า [1].

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งนิยมใช้เครื่องมือต่างๆในการช่วยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ซึ่งการศึกษาผลกระทบของการกัดเซาะชายฝั่งในประเทศอินโดนีเซีย[2]. ใช้ Digital Shoreline Analysis System (DSAS) ในการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งร่วมกับภาพถ่ายทางดาวเทียม และการประเมินเสถียรภาพของชายหาดที่มีลักษณะเป็นหาดที่มีความโค้งเว้า นิยมใช้แบบจำลอง Parabolic Bay Shape Equation [3]. อีกทั้งในหลายประเทศใช้แบบจำลองนี้ในการวางแผนและออกแบบการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง [4-5]. รวมถึงประเทศไทยได้ใช้แบบจำลองนี้ในการประเมินเสถียรภาพของชายหาดระยอง [6].

ประเทศไทยมีพื้นที่ชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 3,148 กิโลเมตร แบ่งเป็นชายฝั่งทะเลอันดามัน และชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพื้นที่ชายฝั่งอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ในหลายๆด้าน ได้แก่ ด้านการท่องเที่ยว ด้านการประมง การค้าและบริการในชุมชน อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนอีกด้วย พื้นที่ชายฝั่งดังกล่าวมีลักษณะทางภูมิประเทศเฉพาะตัวและได้รับอิทธิพลจากปัจจัยแวดล้อมหลายประการ เช่น ทิศทางลม กระแสน้ำ พายุมรสุม การสะสมตัวของตะกอน อันส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งและอาจกระทบต่อเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของชุมชนได้ จากการศึกษาชายฝั่งขนอมส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มีอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 1 เมตร/ปี เพื่อความยั่งยืนของชายฝั่งขนอม จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่และความสมดุลของชายฝั่งอำเภอขนอม ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ Crenulated Bay Shape Model เป็นแบบจำลองที่มีการใช้งานคล้ายกับแบบจำลอง Parabolic Bay Shape Equation อันเนื่องมาจากลักษณะหาดในอำเภอ

ขนอมนั้นส่วนใหญ่มีความโค้งเว้า ดังนั้น จึงเลือกใช้ Crenulated Bay Shape Model ในการวิเคราะห์หาความสมดุลของหาด อีกทั้งยังเป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รวบรวมสมการที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาความสมดุลของหาดโค้งไว้ ได้แก่ สมการ Parabolic Static-Parabolic Dynamic-Parabolic เป็นต้น โดยพิจารณาความสมดุลของกระบวนการทางธรรมชาติที่ส่งผลต่อรูปร่างของชายฝั่ง การนำแบบจำลองนี้มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาชายฝั่งอำเภอขนอมจะช่วยให้เข้าใจถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในระยะยาว รวมถึงสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการและอนุรักษ์พื้นที่ชายฝั่งอย่างยั่งยืน

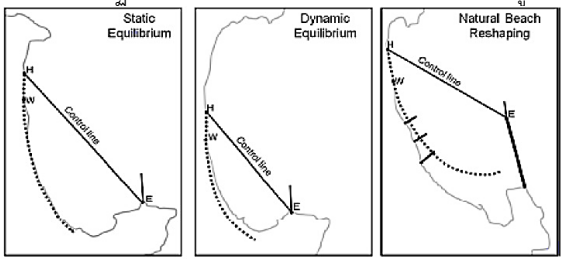
2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ลักษณะของชายหาดรูปโค้ง

หลักการชายหาดโค้ง เป็นชายหาดที่เกิดขึ้นเองจากการปรับตัวตามธรรมชาติ ซึ่งเส้นชายฝั่งเป็นรูปหาดโค้งเกิดจากการเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าสู่ฝั่งให้เกิดการหักเห และเลี้ยวเบน เมื่อชายฝั่งมีหัวหาด (Head land) จะบังคับให้คลื่นเลี้ยวเบนไป ซึ่งลักษณะของชายหาดรูปโค้ง มีอยู่ 3 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1 อ่าวสมดุลคงที่ (static equilibrium) การเกิดคลื่นและการแตกตัวของคลื่นพร้อมๆกันทั่วทั้งอ่าว ลักษณะดังกล่าวนี้ตะกอนชายฝั่งไม่เกิดการเคลื่อนที่ (ชายฝั่งคงสภาพอยู่ได้ ถ้าตะกอนไหลเข้าลดลง) ดังแสดงในรูปที่ 1ก. อ่าวสมดุลพลวัต (dynamic equilibrium) ชายหาดที่มีตะกอนไหลเข้าชายหาด รวมถึงตะกอนทราย จากในแม่น้ำ และชายฝั่งนั้นยังคงสภาพอยู่ได้ (จะเกิดการกัดเซาะได้ ถ้าตะกอนไหลเข้าลดลง) ดังแสดงในรูปที่ 2ข. อ่าวปรับสมดุลใหม่ / ชายฝั่งไม่คงที่ (natural reshaping / unstable) ชายฝั่งปรับแนวชายฝั่งใหม่ตามอิทธิพลของการก่อสร้างท่าเรือเขื่อนกันคลื่น เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3ค.

สำหรับการศึกษาชายหาดรูปโค้งนั้น มีสมการที่ใช้สำหรับเขียนเส้นชายฝั่งของอ่าวสมดุลมี 3 ลักษณะ คือ สมการก้นหอย (log spiral) สมการพาราโบลิค (Parabolic) และสมการไฮเปอร์โบลิค (Hyperbolic) ดังแสดงไว้ในตารางที่1 โดยพบว่าสมการพาราโบลิคสามารถใช้เขียนเส้นชายฝั่งของอ่าวสมดุลได้ดีที่สุด และให้ผลสอดคล้องกับเส้นชายฝั่งของอ่าวสมดุลที่เกิดขึ้นทั้งในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และอ่าวในสภาพจริง ดังแสดงรูปที่ 2

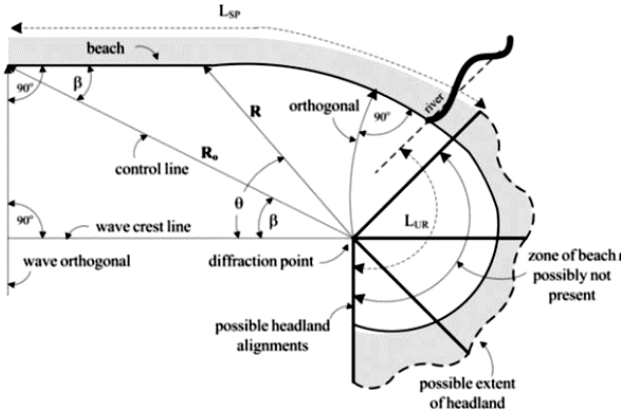


(ก.) (ข.) (ค.)

รูปที่ 1 ชายหาดโค้งแบบสมดุล [1].

ตารางที่ 1 สมการที่ใช้คาดการณ์รูปสมดุลอ่าว

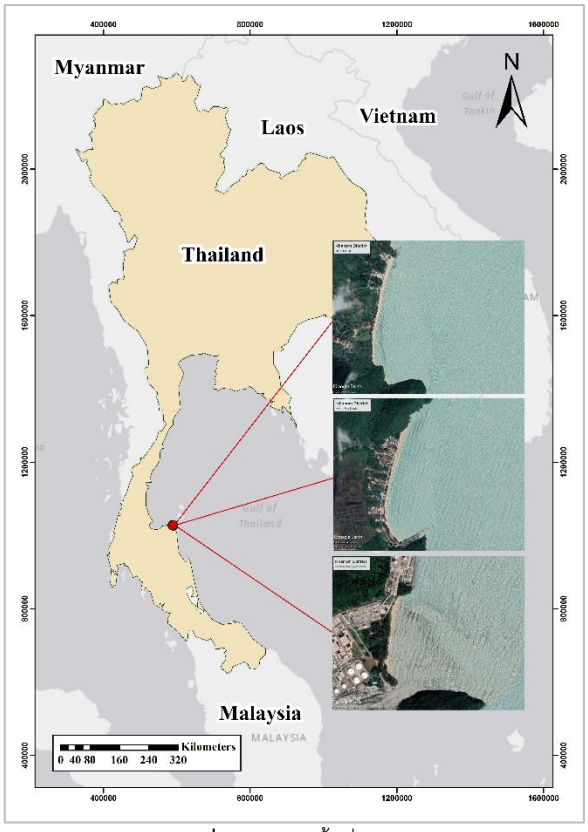
ผู้วิจัย	ลักษณะอ่าวสมดุล		สมการที่ใช้	สัมประสิทธิ์
	สถิต	พลวัต		
Hsu & Evans (1989)	✓		$\frac{R}{R_0} = C_0 + C_1 \cdot \left(\frac{\beta}{\theta}\right) + C_2 \cdot \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$	C_0, C_1, C_2
Tan & Chiew (1994)	✓	✓	$\frac{R}{R_0} = \{1 + \alpha - \beta \cdot cot\beta\} + \{\beta \cdot cot\beta - 2\alpha\} \cdot \left(\frac{\beta}{\theta}\right) + \alpha \cdot \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$	α



รูปที่ 2 อ่าวสมดุลใช้เขียนเส้นชายฝั่ง [7].

2.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ อ่าวท้องโหนด หาดแขวงเภา และหาดหน้าโรงไฟฟ้า ตั้งอยู่บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง แสดงดังในรูปที่ 3 โดยอ่าวท้องโหนด หาดแขวงเภา และหาดหน้าโรงไฟฟ้า มีลักษณะหาดแบบโค้งเว้า เนื่องจากบริเวณหาดมีแหลมที่ก่อตัวขึ้นมาตามธรรมชาติ และรวมถึงโครงสร้างชายฝั่งอย่างท่าเรือที่ยื่นเข้าไปในทะเล ซึ่งทำให้ตะกอนที่เคลื่อนตัวมาทิศทางตั้งฉากกับแหลมหรือโครงสร้างชายฝั่งนั้นถูกกีดขวาง ส่งผลให้บริเวณหัวแหลมมีส่วนโค้งเว้า แสดงดังในรูปที่ 4-6



รูปที่ 3 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 4 อ่าวท้องโหนด

รูปที่ 5 หาดแขวงเภา

รูปที่ 6 หาดหน้าโรงไฟฟ้า

2.3 ข้อมูลที่ใช้

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งพื้นที่อ่าวท้องโหนด หาดแขวงเภา และหาดหน้าโรงไฟฟ้า ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google Earth pro จึงมีข้อจำกัดในเรื่องของช่วงเวลา ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

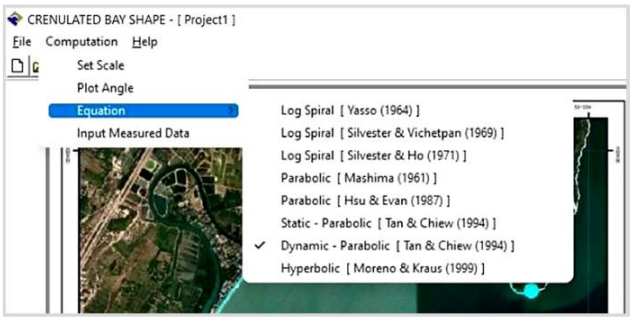
ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูล	ช่วงเวลา (ปี)	แหล่งที่มา
1.ภาพถ่ายดาวเทียมอ่าวท้องโหนด	2015 2016 2017 2018 2019 และ 2021	Google Earth pro
2. ภาพถ่ายดาวเทียมหาดแขวงเภา	2014 2015 2016 2017 2018 2019 และ 2021	Google Earth pro
3. ภาพถ่ายดาวเทียมหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม	2015 2016 2017 2019 และ 2021	Google Earth pro

2.4 เครื่องมือ

ซอฟต์แวร์ Crenulated Bay Shape ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์หาความสมดุลของหาด และช่วยลดรายการคำนวณ เนื่องจากในซอฟต์แวร์ได้รวบรวมสมการที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ ได้แก่ สมการParabolic [Hsu & Evan(1987)]. สมการStatic-Parabolic และสมการ Dynamic – Parabolic [Tan& Chiew (1994)]. เป็นต้น ในการวิเคราะห์จะนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ/ภาพถ่ายทางดาวเทียมเข้าซอฟต์แวร์ Crenulated Bay Shape จากนั้นเลือกสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซอฟต์แวร์นี้จะแสดงเส้นกราฟพิกคอมพิวเตอร์ บ่งชี้ลักษณะความสมดุลของหาดจากเส้นสมการกับแนวชายหาด หากเส้นสมการที่เลือกใช้และแนวชายหาดอยู่ในทิศทางเดียวกันและมีความใกล้เคียงกัน แสดงได้ว่าลักษณะของหาดนั้นเป็นไปดังสมการที่เลือก

ข้อดีของการใช้แบบจำลอง คือ สามารถวิเคราะห์ลักษณะชายหาดโค้งได้ง่าย ข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ สามารถวิเคราะห์ได้แค่หาดที่มีลักษณะโค้งเท่านั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ชายหาดที่เป็นแนวตรงได้

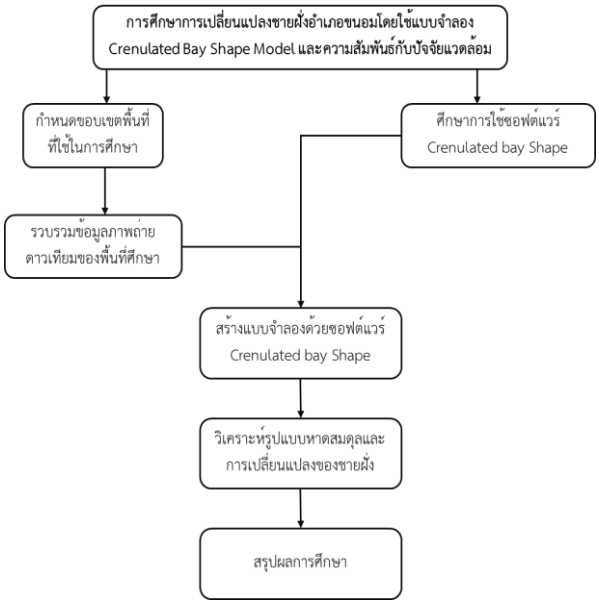


รูปที่ 5 ซอฟต์แวร์ Crenulated bay Shape

2.5 วิธีการศึกษา

สำหรับวิธีการศึกษาในการศึกษานี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่มีลักษณะเว้าโค้ง โดยพิจารณาความสมดุลของชายฝั่งที่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการทางธรรมชาติและปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อรูปร่างของชายฝั่งด้วยแบบจำลอง Crenulated bay Shape โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่มีลักษณะเว้าโค้ง โดยแบบจำลอง Crenulated bay Shape มีขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงาน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอำเภอขนอมได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา จากนั้นรวบรวมภาพถ่ายทางดาวเทียมของแต่ละพื้นที่จากgoogle Earth pro โดยพื้นที่อ่าวท้องโหนดและหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม ได้รวบรวมภาพถ่ายปี 2015-2021 ส่วนหาดแขวงเภาได้รวบรวมภาพถ่ายปี 2014-2021 ต่อมาได้นำภาพถ่ายเข้าซอฟต์แวร์ Crenulated Bay Shape เพื่อสร้างแบบจำลองหาดสมดุล ในการสร้างแบบจำลองต้องเลือกเส้นสมการ Parabolic [Hsu & Evan(1987)]. Static-Parabolic หรือ Dynamic-Parabolic [Tan& Chiew (1994)]. เพื่อวิเคราะห์ดูรูปแบบสมดุลของหาด และนำมาเปรียบเทียบดูการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง จากนั้นการวิเคราะห์จะนำภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่หาดแขวงเภาช่วงปี 2014-2021 และภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่อ่าวท้องโหนดและหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอมช่วงปี 2015-2021 ในการวิเคราะห์ สมดุลหาด หากเส้นสมการ Static-Parabolic ในแบบจำลองอยู่ทิศทางเดียวกับแนวชายฝั่งหรือมีความใกล้เคียง แสดงว่าพื้นที่นั้นเป็นหาดสมดุลคงที่ (static equilibrium bay) สำหรับเส้นสมการ Dynamic -Parabolic อยู่ทิศทางเดียวกับแนวชายฝั่ง แสดงว่าพื้นที่นั้นเป็นหาดสมดุลพลวัต (dynamic equilibrium bay) หากเส้นสมการไม่มีความใกล้เคียงกับแนวชายฝั่งเลยแสดงว่าหาดมีการปรับตัวใหม่ (natural reshaping) และนำแบบจำลองที่ได้ในแต่ละปีของแต่ละพื้นที่ศึกษา มาวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเพื่อดูทิศทางการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งมีการกัดเซาะ หรือมีการทับถม

2.6 การคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายหาด

ในการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายหาด สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (1) และการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสามารถคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$C = A - B \tag{1}$$

$$P = \frac{C}{A} \times 100 \tag{2}$$

โดยที่

P = *เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายหาด*

C = การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายหาด (ตารางเมตร)

A = พื้นที่ของปีเก่า (ตารางเมตร)

B = พื้นที่ของปีใหม่ (ตารางเมตร)

3. วิเคราะห์ผลการศึกษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอำเภอขนอมโดยใช้แบบจำลอง Crenulated Bay Shape Model และความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม อำเภอขนอม 3 หาด ได้แก่ อ่าวท้องโหนด หาดแขวงเภา และหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม โดยใช้แบบจำลอง Crenulated Bay Shape ได้ผลการศึกษาดังนี้

3.1 พื้นที่ศึกษาอ่าวท้องโหนด

จากการศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมของอ่าวท้องโหนด ช่วงปี 2015-2021 พบว่าอ่าวท้องโหนดเป็นหาดธรรมชาติ มีหัวหาด (Headland) ทำให้หาดมีลักษณะรูปโค้ง จากการสร้างแบบจำลอง Crenulated Bay Shape พบว่าอ่าวท้องโหนดเป็นอ่าวกำลังปรับเข้าสมดุลคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 7 และสอดคล้องกับผลการคำนวณพื้นที่ของอ่าวท้องโหนดมีการกัดเซาะของชายฝั่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบปี 2015กับปี 2016 พบว่ามีการกัดเซาะชายฝั่งเป็นพื้นที่ 11300 ตารางเมตร คิดเป็น 31.89% ต่อมาเมื่อเปรียบเทียบปี 2016กับปี 2017 มีการกัดเซาะชายฝั่งเป็นพื้นที่ 1645 ตารางเมตร คิดเป็น 6.82% จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบปี 2017กับปี 2018, ปี 2018 กับปี 2019 และปี 2019 กับปี 2021 พบว่ามีการทับถมของตะกอนเพิ่มขึ้นเป็นพื้นที่ 6695 ตารางเมตร คิดเป็น 29.77% , 2405 ตารางเมตร คิดเป็น 8.24 % และ 165 ตารางเมตร คิดเป็น 0.52% ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

3.2 พื้นที่ศึกษาหาดแขวงเภา

ศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงปี 2014-2021 ซึ่งหาดแขวงเภาอยู่ใกล้กับอ่าวท้องโหนด อยู่ระหว่างโขดหินที่เป็นหัวหาดทั้ง 2 ข้าง ทำให้หาดมีลักษณะรูปโค้ง อีกทั้งบริเวณนี้มีโครงสร้างท่าเรือเก่า มีความยาว 136 เมตร ขนานกับหัวหาด จากการสร้างแบบจำลอง Crenulated Bay Shape ได้สร้างแบบจำลองจากจุดที่หนึ่ง (A) ซึ่งเป็นหัวหาดที่เป็นโขดหินธรรมชาติ และจุดที่สอง (B) ทำการสร้างแบบจำลองจากโครงสร้างท่าเรือเก่า พบว่าโครงสร้างท่าเรือเก่าทำให้มีการสะสมของตะกอนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นแนวชายหาดปัจจุบันปรับตัวเข้าหาเส้นสมดุลชายหาด (B) ดังแสดงในรูปที่ 8 อย่างไรก็ตามลักษณะของหาดมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ส่งผลให้หาดแขวงเภาเป็นหาดที่มีความสมดุลแบบพลวัต เมื่อเปรียบเทียบปี 2014 กับปี 2015 พบว่ามีการทับถมตะกอนเพิ่มขึ้นเป็นพื้นที่ 10415 ตารางเมตร คิดเป็น 36.38% ต่อมาเปรียบเทียบปี 2015 กับปี 2016 พบว่ามีการกัดเซาะชายฝั่งเป็นพื้นที่ 5338 ตารางเมตร คิดเป็น 13.67 % จากนั้นเปรียบเทียบปี 2016 กับปี 2017 มีการกัดเซาะชายฝั่งเพิ่มขึ้นเป็นพื้นที่ 6265 ตารางเมตร คิดเป็น 18.59 % หลังจากนั้นเปรียบเทียบปี 2017กับปี 2018 พบว่ามีการกัดเซาะชายฝั่งลดลงคิดเป็นพื้นที่ 1126 ตารางเมตร คิดเป็น 4.10 % ได้เปรียบเทียบปี 2018 กับปี 2019 พบว่ามีการทับถมของตะกอนเพิ่มขึ้นคิดเป็นพื้นที่ 5740 ตารางเมตร คิดเป็น 21.81 % และได้เปรียบเทียบปี 2019 กับปี 2021 พบว่ามีการกัดเซาะฝั่งคิดเป็นพื้นที่ 635 ตารางเมตร คิดเป็น 1.98% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

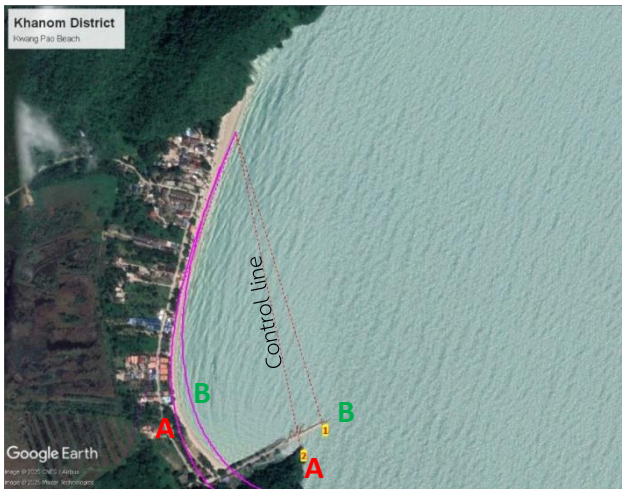
3.3 พื้นที่ศึกษาหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม

ศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงปี 2015 – 2017 , 2019 และปี 2021 จากการสร้างแบบจำลอง Crenulated Bay Shape พบว่าเป็นหาดแบบไม่คงที่ เนื่องจากหาดบริเวณนี้มีหัวหาด (Headland) ที่กีดขวางการเคลื่อนที่ตะกอนชายฝั่ง รวมถึงมีโครงสร้างป้องกันชายฝั่งเพื่อป้องกันการกัดเซาะบริเวณพื้นที่ของโรงไฟฟ้าขนอม ดังแสดงในรูปที่ 9 ทั้งนี้เมื่อเปรียบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม ปี 2015 กับปี 2016 พบว่ามีการกัดเซาะชายฝั่งเป็นพื้นที่ 2181 ตารางเมตร คิดเป็น 8.10 % ต่อมาจากปี 2016 ถึงปี 2017 มีการกัดเซาะชายฝั่งเพิ่มขึ้นเป็นพื้นที่ 4259 ตารางเมตร คิดเป็น 17.22 % จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบปี 2017 กับ 2019 พบว่ามีการทับถมของตะกอนเพิ่มขึ้นคิดเป็นพื้นที่ 3492 ตารางเมตร คิดเป็น 17.05% จากนั้นในปี 2019 ถึงปี 2021 หาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอมกลับมากัดเซาะชายฝั่งคิดเป็นพื้นที่ 4457 ตารางเมตร คิดเป็น 18.59 % ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

3.4 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายหาดที่ศึกษา 3 แห่ง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอำเภอขนอม ดังแสดงในรูปที่ 10 พื้นที่อ่าวท้องโหนด ในช่วงปี 2015 ถึง 2017 มีพื้นที่ชายหาดลดลง คิดเป็นพื้นที่ 12945 ตารางเมตร จากนั้นในช่วงปี 2018 ถึง 2021 มีพื้นที่ชายหาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นพื้นที่ 9265 ตารางเมตร สำหรับพื้นที่หาดแขวงเภา ในช่วงปี 2014 ถึง 2015 มีพื้นที่ชายหาดเพิ่มขึ้น คิดเป็นพื้นที่ 10415 ตารางเมตร จากนั้นในช่วงปี 2016 ถึง 2018 มีพื้นที่ชายหาดลดลง คิดเป็นพื้นที่ 12729 ตารางเมตร หลังจากนั้นในช่วงปี 2019 ได้มีพื้นที่ชายหาดเพิ่มขึ้น คิดเป็น 5740 ตารางเมตร และในปี 2021 มีพื้นที่ชายหาดลดลง คิดเป็นพื้นที่ 635 ตารางเมตร และสำหรับพื้นที่หาดหน้าโรงไฟฟ้าในช่วงปี 2015 ถึง 2017 มีพื้นที่ชายหาดลดลง คิดเป็นพื้นที่ 6440 ตารางเมตร จากนั้นในปี 2019 ได้มีพื้นที่ชายหาดเพิ่มขึ้น คิดเป็น 3492 ตารางเมตร และในปี 2021 มีพื้นที่ชายหาดลดลง คิดเป็นพื้นที่ 4457 ตารางเมตร ดัง แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายหาดทั้งการกัดเซาะและการทับถมทั้ง 3 พื้นที่ อีกทั้งเป็นการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการของชายฝั่งและตามฤดูกาล

รูปที่ 7 แบบจำลองอ่าวท้องโหนด



รูปที่ 8 แบบจำลองหาดแขวงเภา

รูปที่ 9 แบบจำลองหาดหน้าโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 3 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่อ่าวท้องโหนด

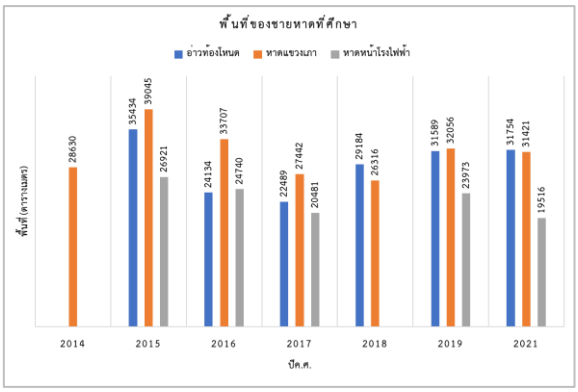
พื้นที่ศึกษา : อ่าวท้องโหนด			
ช่วงปี	พื้นที่ (ตร.ม.)	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (ตร.ม.)	%การเปลี่ยนแปลง
2014	0	-	-
2015	35434	0	0
2016	24134	-11300	-31.89
2017	22489	-1645	-6.82
2018	29184	6695	29.77
2019	31589	2405	8.24
2021	31754	165	0.52

ตารางที่ 4 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดแขวงเภา

พื้นที่ศึกษา : หาดแขวงเภา			
ช่วงปี	พื้นที่ (ตร.ม.)	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (ตร.ม.)	%การเปลี่ยนแปลง
2014	28630	-	-
2015	39045	10415	36.38
2016	33707	-5338	-13.67
2017	27442	-6265	-18.59
2018	26316	-1126	-4.10
2019	32056	5740	21.81
2021	31421	-635	-1.98

ตารางที่ 5 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม

พื้นที่ศึกษา : หาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอม			
ช่วงปี	พื้นที่ (ตร.ม.)	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (ตร.ม.)	%การเปลี่ยนแปลง
2014	0	-	-
2015	26921	0	0
2016	24740	-2181	-8.10
2017	20481	-4259	-17.22
2019	23973	3492	17.05
2021	19516	-4457	-18.59



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายหาดที่ศึกษา

4. บทสรุป

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอำเภอขนอมโดยใช้แบบจำลอง Crenulated Bay Shape Model และความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม พบว่าอ่าวท้องโหนด กำลังเข้าสมดุลคงที่ เนื่องด้วยปี 2018 มีการทับถมของตะกอนเพิ่มขึ้นจากปี2017 29.77 % จากนั้นในปี 2018 ถึงปี 2019 และปี 2019 ถึงปี 2021 มีการเพิ่มขึ้นของตะกอนน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับหาดแขวงเภา มีลักษณะเป็นแบบสมดุลพลวัต เนื่องด้วยกระบวนการของชายฝั่งและฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีการกัดเซาะและการทับถมของตะกอน ทั้งนี้หาดแขวงเภาเป็นหาดที่มีการปรับเส้นแนวชายฝั่งเข้าสมดุลใหม่ เนื่องจากโครงสร้างท่าเรือเก่าที่มีความยาว 136 เมตร ยื่นไปในทะเลทำให้มีการสะสมของตะกอนเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าความยาวของโครงสร้างนี้มีความเหมาะสม เช่นเดียวกับประเทศมาเลเซียได้วิเคราะห์ความสมดุลของหาดที่มีโครงสร้างชายฝั่งโดยใช้แบบจำลอง [1]. และหาดหน้าโรงไฟฟ้าขนอมมีลักษณะเป็นหาดแบบไม่คงที่ เนื่องจากหาดนี้มีโครงสร้างป้องกันชายฝั่งและหัวหาดกีดขวางการเคลื่อนตัวของตะกอน ทำให้หาดบริเวณนี้เกิดการกัดเซาะมากกว่าการทับถมของตะกอน ทั้งนี้การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตามฤดูกาล ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของตะกอน ดังนั้นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสน้ำจะไหลเวียนแบบตามเข็มนาฬิกา ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของตะกอนเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสน้ำ ทำให้การเคลื่อนที่ของตะกอนโดนกีดขวางและกระจายตัวออก ตะกอนบางส่วนก็ทับถมอยู่บริเวณหลังของแหลมหรือโครงสร้าง ทำให้บริเวณหัวหาดแต่ละแห่งมีตะกอนเข้ามาสะสมน้อยกว่าท้ายหาด อีกทั้งระดับน้ำทะเล และปริมาณน้ำฝน และความเร็วลม ในแต่ละปีนั้นส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอนเช่นกัน สำหรับแบบจำลอง Crenulated Bay Shape Model นั้นสามารถใช้ในการวิเคราะห์สมดุลหาดที่มีลักษณะโค้งเว้าเท่านั้น โดยผลการศึกษานี้สามารถใช้สำหรับเป็นแนวทางด้านวิศวกรรมในการวางแผนและออกแบบมาตรการป้องกันพื้นที่ชายฝั่งอำเภอขนอมได้ อีกทั้งเป็นแนวทางในการประเมินความสมดุลในพื้นที่อื่นๆ เพื่อความยั่งยืนของชายฝั่งในประเทศไทย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีนี้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการตัดสินใจว่าควรนำวิธีดังกล่าวไปใช้หรือไม่ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษานี้ ขอขอบคุณอุตุนิยมวิทยานครศรีธรรมราช และขอขอบคุณ อาจารย์ณัฐพล แก้วทอง อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นายณฐ ตุ้ม

สุวรรณ สำหรับคำแนะนำในการดำเนินเนินงานวิจัย และนางสาวศุภรักษ์ สกุลวงค์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Mohd Shahrizal Ab Razak, Nurhamizah Jamaludin and Nur Ariffah Zaimah Mohd Nor. (2018). The planform stability of embayed beaches on the west coast of Peninsular Malaysia. Sciences & Engineering, 80:4, pp. 673-678.

[2] Tubagus Solihuddin, Karlina Triana, Rima Rachmayani, Semeidi Husrin, Fajar Adi Pramudya, Hadiwijaya Lesmana Salim, Aida Heriati and Devi Dwiyanti Suryono. (2024). The impact of coastal erosion on land cover changes in Muaragembong, Bekasi, Indonesia: a spatial approach to support coastal conservation. *Coastal Conservation,* 28:43.

[3] John R.-C. Hsu, Melissa M.-J. Yu, F.-C. Lee and Richard Silvester. (2009). Headland-Bay Beaches for Recreation and Shore Protection. *Coastal and Ocean Engineering*, pp. 825-842.

[4] Ahmed I. Elshinnawy, Raúl Medina and Mauricio Gonz´alez. (2022). Equilibrium planform of pocket beaches behind breakwater gaps: On the shape of the equilibrium shoreline. *Coastal Engineering,* 174, pp. 104-112.

[5] M. S. AB RAZAK, N. A. Z. MOHD NOR and N. JAMALUDDIN. (2018). Planform stability of embayed beaches along the east coast of Peninsular Malaysia. *Engineering Science and Technology*, 2, pp. 435-448.

[6] Siraset Apichanungkul, Santi Pailoplee, and Montri Choowong. (2024). Application of MEPBAY for beach stability evaluation: a preliminary test on Rayong Beach, Eastern Thailand. *Earth Sciences*, 1, pp. 19-28.