



# KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



## การประมาณการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของหาดทรายในหาดไม้ขาวหลังฤดูมรสุม

### Estimation of Beach Profile Changes after Monsoon in the Mai Khao Beach

ธงชัย สุธีรศักดิ์<sup>1\*</sup> วังรวดี ลิ้มสกุล<sup>1</sup> และ วีระพงศ์ เกิดสิน<sup>1</sup>Thongchai Suteerasak<sup>1\*</sup> Wadcharawadee Limsakul<sup>1</sup> and Werapong Koedsin<sup>1</sup><sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดภูเก็ต 83120<sup>1</sup>Faculty of Technology and Environment, Prince of Songkla University, Phuket, 83120, Thailand

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสำรวจสภาพพื้นผิวและการเปลี่ยนแปลงสัณฐานหาดทรายในเบื้องต้นของหาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต ในช่วงก่อนฤดูมรสุมและหลังฤดูมรสุมประจำปี 2564 เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาเลือกพื้นที่สำหรับติดตามปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดไม้ขาว โดยกำหนดสถานีตรวจวัดและเก็บข้อมูลจำนวน 10 พื้นที่ศึกษาย่อยที่มีชาวบ้านและหน่วยงานรัฐในพื้นที่คอยกำกับดูแล การเก็บข้อมูลดังกล่าวเป็นการเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่ง x y z ด้วยกล้องประมวลผลรวม (TOPCON Electronic Total Station) จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติและนำมาสร้างเป็นภาพจำลองสัณฐานหาดทรายของแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย รวมถึงคำนวณค่าความลาดชันหาดทรายเพื่อ ดูการเปลี่ยนแปลงสัณฐานหาดทรายดังกล่าว ผลที่ได้พบว่าสภาพพื้นผิวหาดทรายในบางพื้นที่ศึกษาย่อยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการกัดเซาะของทางน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้พบความลาดชันหาดทรายเฉลี่ยที่ลดลงจากพื้นที่ศึกษาย่อยแรกถึงพื้นที่สุดท้าย และมีการลดลงของความลาดชันหาดทรายหลังช่วงฤดูมรสุม อย่างไรก็ตามมี 5 พื้นที่ศึกษาย่อย ที่ควรเฝ้าระวังและติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวหาดทรายเนื่องจากการกัดเซาะในพื้นที่

#### ABSTRACT

This research was conducted to preliminarily survey the surface condition and changes in beach profiles of the Mai Khao beach, Phuket Province, before and after the monsoon season of the year 2021. The information obtained was considered for choosing an area that was suitable for tracking coastal erosion problems leading to the change in Mai Khao beach area. Ten measurement stations were set up and monitored by the local people and the local government. The data collection of x y z coordinates was done using TOPCON Electronic Total Station camera. The collected data were then used to create 3D model of beach profile of each area. Moreover, the slope value of the beach was calculated to study the beach profile change. The results showed that the surface condition of some areas were changed due to the erosion of the waterway that flowed into the sea. In addition, the average slope value of the beach

\*Corresponding Author, E-mail: [thongchai.s@phuket.psu.ac.th](mailto:thongchai.s@phuket.psu.ac.th)

decreased from the first area to the final area and the decrease in slope value of the beach occurred in a period of monsoon season. However, there have five areas that should be monitored and tracked beach surface due to erosion in the area.

**คำสำคัญ:** กล้องประมวลผลรวม หาดไม้ขาว การเปลี่ยนแปลงชายหาด การกัดเซาะชายฝั่ง

**Keywords:** Electronic Total Station Camera, Mai Kaow Beach, Beach Profile, Coastal Erosion

## บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่งทะเลมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ต้นเหตุของปัญหาส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของพื้นที่ชายฝั่งทะเลในระดับภูมิภาค ปัจจัยเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเกิดร่วมกันและผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งดังกล่าว ได้แก่ การเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลกลาง การเกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surge) น้ำขึ้นน้ำลงและคลื่นทะเลแปรปรวนในช่วงฤดูมรสุม เป็นต้น (Toimil *et al.*, 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลื่นลมทะเลที่ต้นตัวขึ้นมาและกระแสน้ำในพื้นที่ชายฝั่งที่สร้างปัญหาทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่ที่ตั้งอยู่ติดกับชายฝั่งทะเลหลายพื้นที่ (Stockdon *et al.*, 2014) นอกจากนี้ปัจจัยที่มาจากการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่พบความเชื่อมโยงถึงการกัดเซาะชายฝั่ง (Leatherman *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากร่วมเข้ากับคลื่นลมทะเลที่เคลื่อนที่เข้าหาฝั่งอย่างรุนแรงในช่วงฤดูมรสุมหรือช่วงเวลาที่มรสุมพายุพัดขึ้นสู่ฝั่งอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศชายฝั่งทะเลของพื้นที่ที่ตั้งอยู่ติดทะเลดังกล่าวได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น หลายพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทยพบกับปัญหาที่เกิดจากการกัดเซาะชายฝั่งดังกล่าวเนื่องจากมีพื้นที่ที่ติดกับทะเลทั้งสองฝั่งทั้งทะเลฝั่งอ่าวไทยและทะเลฝั่งอันดามัน (Thampanya *et al.*, 2006) ปัจจัยทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งนอกจากมาจากธรรมชาติดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้อีกปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งได้คือปัจจัยเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ และการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ (Cheablum, 2015; Chanjaron *et al.*, 2017) รวมถึงการสร้างสิ่งปลูกสร้างรุกล้ำเข้าไปในพื้นที่ชายฝั่ง (Truttung, 2020) ปัจจุบันการกัดเซาะชายฝั่งเป็นหนึ่งในปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่กระทบกับความสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติและชุมชนในพื้นที่ (Chanjaron *et al.*, 2017) การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เกิดจากการกัดเซาะอย่างรุนแรงด้วยอัตรา 7.89 เมตรต่อปี (Truttung, 2020) ส่วนพื้นที่ฝั่งอันดามันก็พบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งเช่นกัน เช่น ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณอ่าวสิเกาที่ทำให้เกิดการสูญเสียแนวชายฝั่งไปมากถึง 753.194 ไร่ (Inkerd *et al.*, 2018) ทั้งนี้หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต เป็นหาดที่เป็นที่นักท่องเที่ยวนิยมเข้ามาท่องเที่ยวและพักผ่อนในพื้นที่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากหาดไม้ขาวมีความสวยงามของพื้นที่ชายหาดและสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมถึงมีระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์ เหมาะแก่การอยู่อาศัยของจิ้งจันทะเลที่เป็นสัตว์ทะเลพื้นถิ่นในพื้นที่ โดยหาดไม้ขาวอยู่ภายใต้การดูแลของอุทยานแห่งชาติสิรินาถ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น และชุมชนต่างๆ ในพื้นที่ (Limsakul *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตามหาดดังกล่าวเป็นพื้นที่หนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่ง เนื่องจากหาดไม้ขาวตั้งอยู่ทางฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่งในหาดไม้ขาวอาจส่งผลกระทบต่อหลายด้าน เช่น ด้านการท่องเที่ยว ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ชายฝั่ง ด้านวิถีชีวิตหรือการใช้ชีวิตของชุมชนในพื้นที่ และด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศชายฝั่งในพื้นที่ดังกล่าว

การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การสำรวจด้วยวิธีการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) ที่อาศัยการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในหลายช่วงเวลา ตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของ Poolsawat *et al.* (2020) และงานของ Mou *et al.* (2020) การสำรวจด้วยการรับรู้ ระยะไกลร่วมกับวิธีการทางระบบภูมิสารสนเทศ ดังเช่นที่รวบรวมไว้ในงานของ Apostolopoulos และ Nikolakopoulos (2021) การสำรวจด้วยระบบพิกัดดาวเทียมบนพื้นโลก (GPS) เช่นที่ใช้ใน

งานของ Cheng *et al.* (2016) การสร้างแบบจำลองทางเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ตัวอย่างเช่นในงานวิจัยของ Sarajit และ Nakhapakorn (2013) Prasad และ Kumar (2014) Baig *et al.* (2020) การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาลักษณะของคลื่นทะเลที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ เช่นในงานวิจัยของ Stockdon *et al.* (2014) งานของ Briganti *et al.* (2016) และการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม เช่นที่พบในงานวิจัยของ Cheng *et al.* (2016) ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวเป็นการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้กล้องประมวลผลรวม (total station) โดยมีการใช้ RTK - GPS มารระบุตำแหน่งจุดอ้างอิงฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของชายหาด การใช้ RTK - GPS ดังกล่าวให้ค่าผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงระยะเชิงตัวเลขที่ค่อนข้างแม่นยำ ด้วยค่าความผิดพลาดในการวัดต่ำสุดในระดับแนวระดับ 2 เซนติเมตรและแนวตั้ง 3 - 6 เซนติเมตร ประกอบกับความละเอียดของกล้องประมวลผลรวมมีค่าพิสัยการวัดอยู่ในระดับมิลลิเมตร ดังนั้นวิธีการสำรวจโดยใช้กล้องประมวลผลรวมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ค่อนข้างมากในการสำรวจเชิงพื้นที่ในงานภาคสนามที่ต้องการความละเอียดสูง ซึ่งผลที่ได้จากการสำรวจสามารถเก็บข้อมูลเป็นพิกัดตำแหน่ง x y z หรือหากใช้ร่วมกับ RTK - GPS สามารถเก็บข้อมูลเป็นพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกในระบบ UTM ได้เช่นกัน (Kizil และ Tisor, 2011) อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือการใช้งานมีเฉพาะบางหน่วยงานที่มีใช้งาน รวมถึงในงานภาคสนามต้องใช้เวลาทำงาน 2 - 3 คนเป็นอย่างน้อย (Cheng *et al.*, 2016)

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวและสัณฐานของหาดทรายของหาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต ด้วยการประยุกต์ใช้กล้องประมวลผลรวม การสำรวจและการประมวลผลสภาพพื้นผิวในรูปแบบของเส้นชั้นข้อมูลและสภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติ ในมุมมองที่ผู้วิจัยสามารถเลือกดูได้ สามารถใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงสัณฐานหาดทรายในเบื้องต้น โดยการศึกษาดังกล่าวทำในสองช่วงเวลา คือ ช่วงก่อนฤดูมรสุมและภายหลังฤดูมรสุมที่เกิดขึ้นทางฝั่งอันดามัน ด้วยสมมติฐานที่ว่าปัจจัยเนื่องจากคลื่นลมทะเลช่วงฤดูมรสุมชักนำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่หรือไม่ ทั้งนี้ผลลัพธ์ในรูปของภาพการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวหาดทรายและการเปลี่ยนแปลงของสัณฐานของหาดทรายในสองช่วงเวลา อาจนำเสนอให้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หาดที่อาจสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งได้ในเบื้องต้น งานวิจัยนี้อาจนำไปใช้ประกอบการพิจารณาหาแนวทางติดตามปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดไม้ขาว และใช้ประกอบการบริหารจัดการและแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ในอนาคต

## วิธีการดำเนินการวิจัย

### 1. พื้นที่ศึกษา

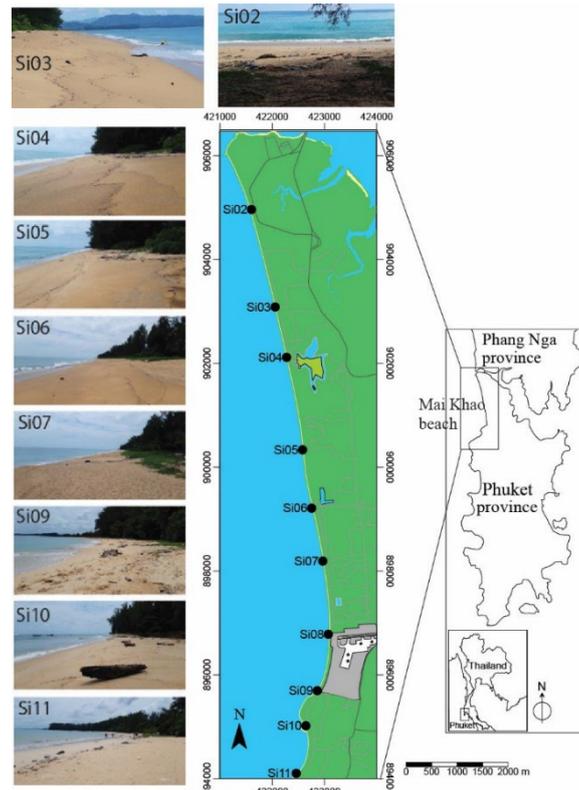
พื้นที่หาดไม้ขาวตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะภูเก็ต มีสภาพพื้นที่เป็นหาดทรายยาวประมาณ 10 กิโลเมตร ซึ่งตอนบนของหาดไม้ขาวเชื่อมต่อกับหาดทรายแก้ว ส่วนตอนล่างเชื่อมต่อกับหาดในยาง โดยภูมิประเทศของหาดไม้ขาวมีความลาดชันแตกต่างกันไปในแต่ละจุด เกิดจากอิทธิพลของคลื่นทะเลซัดเข้าสู่ฝั่งค่อนข้างรุนแรงในช่วงฤดูมรสุม ทั้งนี้กำหนดพื้นที่ศึกษาย่อยในพื้นที่หาดไม้ขาวจำนวน 10 พื้นที่ (รูปที่ 1) ซึ่งแต่ละพื้นที่เก็บข้อมูลตั้งอยู่ห่างจากกันประมาณ 700 ถึง 1,500 เมตร โดยมีพื้นที่บางส่วนครอบคลุมถึงหาดทรายแก้วจังหวัดภูเก็ต ทั้งนี้ในพื้นที่ศึกษามีบางพื้นที่ที่พบการกัดเซาะจากการไหลออกของน้ำจากทางน้ำอย่างชัดเจน ได้แก่ พื้นที่ศึกษาย่อย Si05 Si08 และ Si10 ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งทางน้ำดังกล่าวเป็นทางน้ำขยายตัวจากท่อน้ำทิ้ง ทางน้ำไหลออกจากบึงพักน้ำทิ้ง และเป็นร่องน้ำระบายน้ำลงสู่ทะเล ตามลำดับ การกัดเซาะดังกล่าวเกิดขึ้นรอบปากทางน้ำและมีการขยายขอบเขตการกัดเซาะช่วงที่มีน้ำไหลออกมาอาจส่งผลต่อพื้นที่ใกล้เคียงปากทางน้ำ อย่างไรก็ตามพื้นที่ศึกษาอื่นไม่สามารถประเมินการกัดเซาะพื้นที่หาดได้อย่างชัดเจน หากประเมินด้วยสายตา จำเป็นต้องศึกษาและนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปประกอบการแก้ปัญหาในอนาคต

## 2. การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นการเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่ง  $x y z$  ด้วยกล้องประมวลผลรวม โดยแบ่งช่วงเวลาเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงเดือนมิถุนายน 2564 และเดือนพฤศจิกายน 2564 โดยช่วงเดือนแรกเป็นข้อมูลที่แทนถึงสภาพพื้นที่หาดทรายที่เกิดในช่วงก่อนฤดูมรสุมที่มักพบการเกิดลมมรสุมพัดเข้ามาในฝั่งทะเลอันดามันในช่วงเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายนของทุกปี ส่วนข้อมูลช่วงเดือนที่สองเป็นข้อมูลที่แทนถึงสภาพพื้นที่หาดทรายที่ผ่านช่วงฤดูมรสุมในพื้นที่ประมาณ 5 เดือน การเลือกพื้นที่ศึกษาผู้วิจัยเลือกพื้นที่สำรวจและศึกษาจำนวน 10 พื้นที่ศึกษาย่อย ดังแสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาในรูปที่ 1 การพิจารณาเลือกพื้นที่ศึกษาดังกล่าว เลือกจากพื้นที่ที่สามารถเดินทางเข้าถึงและเก็บข้อมูลสภาพพื้นที่หาดทรายได้และอยู่ภายใต้การดูแลของอุทยานแห่งชาติและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีความเชื่อมโยงกับชุมชนท้องถิ่นในพื้นที่ดังกล่าว ในส่วนของการเก็บข้อมูลแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย เริ่มจากการกำหนดจุดอ้างอิงชั่วคราวขึ้นมาเพื่อใช้ยึดโยงข้อมูลที่ไต่ใน 2 ช่วงเวลาเข้าด้วยกัน การเก็บข้อมูลช่วงแรกมีการเก็บพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) บนจุดอ้างอิงชั่วคราวก่อนทำการติดตั้งกล้องประมวลผลรวมเพื่อเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งต่างๆ ของพื้นผิวหาดทราย การเก็บพิกัดตำแหน่งดังกล่าวเก็บด้วยเครื่องเก็บพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกแบบมือถือด้วยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง 1 เมตร และมีการเทียบตำแหน่งจุดอ้างอิงชั่วคราวกับต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างถาวรในพื้นที่เพื่อเพิ่มลดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งในการเก็บข้อมูลครั้งที่สอง ค่าความสูงของจุดอ้างอิงชั่วคราวที่บันทึกลงในกล้องประมวลผลรวมกำหนดให้เท่ากับศูนย์ เพื่อใช้เป็นค่าสัมพัทธ์ ส่วนข้อมูลพิกัดตำแหน่งจุดเก็บข้อมูลพื้นผิวหาดทรายที่เก็บจากกล้องประมวลผลรวม โดยมีการกำหนดจากแนวสำรวจเก็บข้อมูลตัดขวางหาดทรายที่ลากจากบนบกสู่ทะเลจำนวน 20 เส้นในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย โดยแต่ละเส้นห่างกันไม่เกิน 10 เมตร ตามความเหมาะสมของพื้นที่ที่สามารถนำเสนอและติดตามการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในเบื้องต้น ทั้งนี้ในแต่ละแนวเส้นกำหนดให้แต่ละจุดเก็บข้อมูลห่างกันประมาณ 5 เมตร ตามความเหมาะสมของพื้นที่ ทั้งนี้จุดสุดท้ายของแต่ละแนวเส้นถูกกำหนดโดยประเมินจากระดับน้ำทะเลและความรุนแรงของคลื่นลมทะเลที่ผู้วิจัยสามารถเก็บข้อมูลได้เพื่อความปลอดภัยของผู้เก็บข้อมูล ส่วนกล้องประมวลผลรวมที่ผู้วิจัยใช้เป็นกล้อง TOPCON Electronic Total Station รุ่น GTS 250 ของบริษัท TOPCON Instrument Co., Ltd. ด้วยความละเอียดของเครื่องมือตรวจวัดในระดับมิลลิเมตร

## 3. การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 3 วิธี วิธีที่แรกเป็นการนำข้อมูลตำแหน่งพิกัด  $x y z$  ที่ได้จากการสำรวจด้วยกล้องประมวลผลรวมในแต่ละแนวสำรวจในแต่ละสถานีตรวจวัดมาจัดทำเป็นข้อมูลสภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติ โดยอาศัยโปรแกรม Surface Mapping System Version 9.0 ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยบริษัท Golden Software Inc. (2010) เพื่อช่วยให้เห็นภาพเชิงเปรียบเทียบหลายมุมมองและทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงไปในเบื้องต้นของสองเวลาเก็บข้อมูลได้อย่างชัดเจน วิธีที่สองเป็นการนำข้อมูลตำแหน่งพิกัด  $x y z$  จากการสำรวจไปจัดทำเป็นแผนที่เส้นชั้นข้อมูลความสูง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลระดับความสูงสองช่วงเวลาในมุมมองพื้นราบที่เกิดขึ้นในพื้นที่หาดทรายของแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย การทำข้อมูลเส้นชั้นความสูงอาศัยโปรแกรม Surface Mapping System Version 9.0 (2010) เช่นกัน ส่วนวิธีที่สามเป็นการจัดทำข้อมูลพื้นฐานของหาดทรายโดยใช้ข้อมูลการสำรวจในแต่ละแนวสำรวจในแต่ละสถานีตรวจวัดมาจัดทำเป็นกราฟเส้นเปรียบเทียบกันในสองช่วงเวลาของแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อย แนวสำรวจพื้นฐานหาดทรายในพื้นที่สามารถนำมาพิจารณาร่วมกับแผนที่เส้นชั้นข้อมูลความสูงเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงข้อมูลพื้นฐานในพื้นที่ติดกับแนวเส้นสำรวจแต่ละแนว การเลือกแนวเส้นสำรวจมาเพียง 3 แนวเส้น แต่ละแนวอยู่ห่างกันประมาณ 50 เมตร รวมถึงคำนวณค่าความลาดชันเฉลี่ยจากข้อมูลระดับความสูงทั้งหมดในแต่ละแนวสำรวจที่เลือกมา 3 แนวเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงความลาดชันของสันฐานหาดในแต่ละช่วงเวลา รวมถึงคำนวณปริมาตรทรายที่เติมเข้ามาและถูกกัดเซาะโดยประมาณจากความแตกต่างของพื้นที่ภาพตัดขวางหาดที่คำนวณได้จากเส้นสันฐานหาดที่แสดงภาพตัดขวางหาดจากช่วงเวลาทั้งสองที่เก็บข้อมูล เพื่อนำมาประเมินเลือกพื้นที่ติดตามและเฝ้าระวังการกัดเซาะชายหาด



รูปที่ 1 ตัวอย่างสภาพพื้นที่หาดทรายและพื้นที่เก็บข้อมูล (ดัดแปลงแก้ไขจาก Limsakul *et al.* (2021))

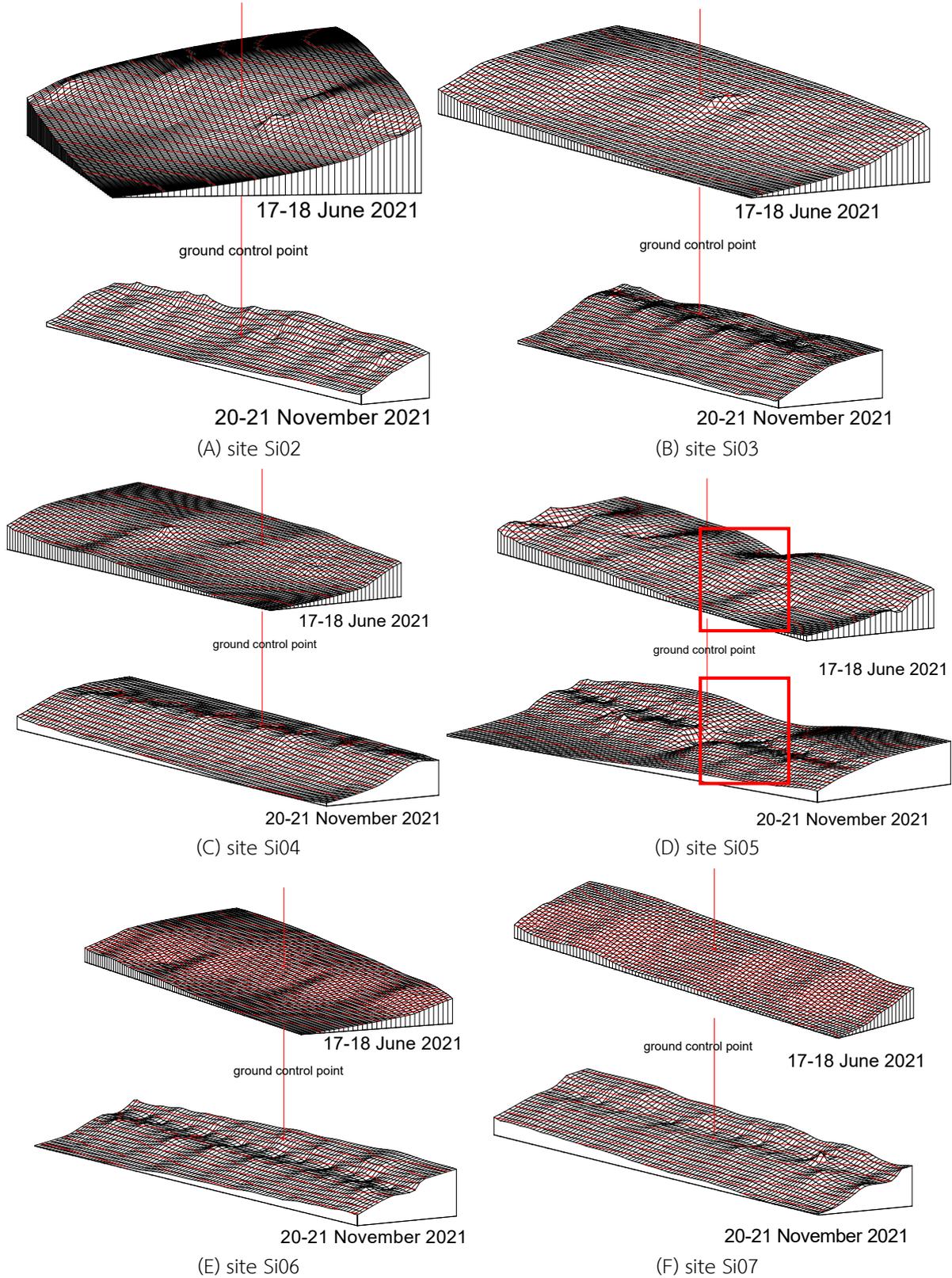


รูปที่ 2 สภาพการกัดเซาะหาดทรายที่เกิดขึ้นในบางพื้นที่มีทางน้ำไหลลงสู่ทะเลของหาดไม้ขาว

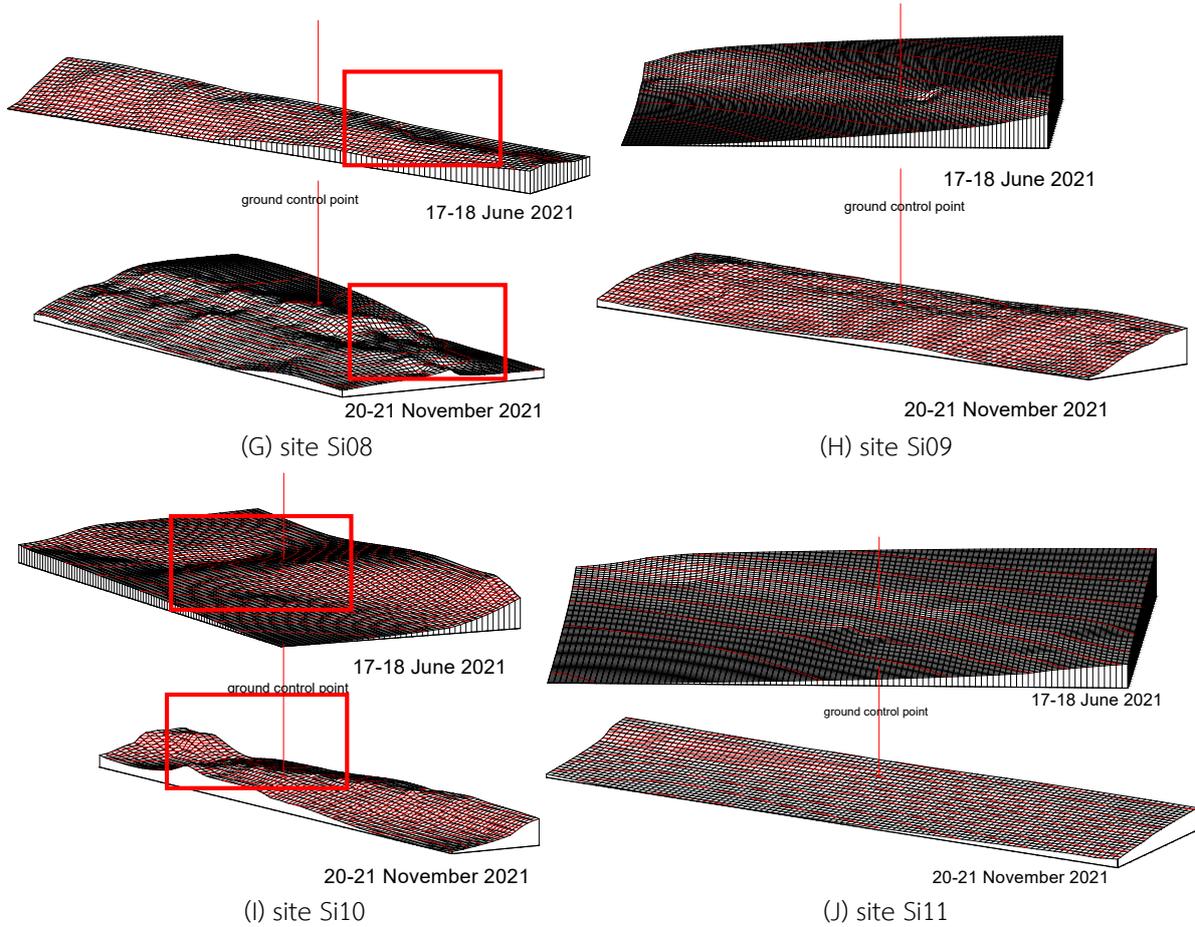
## ผลการวิจัย

ผลจากการจำลองสภาพพื้นผิวของหาดทรายแบบสามมิติจากสถานีเก็บข้อมูล 10 พื้นที่ศึกษาย่อยแสดงผลดังรูปที่ 3 จากภาพจำลองดังกล่าว พบว่า สภาพพื้นผิวของหาดทรายหลังจากช่วงฤดูมรสุมของทุกพื้นที่ศึกษาย่อย สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติในมุมมองที่นำเสนอในรูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงพื้นผิวดังกล่าวมีทั้งที่ประเภทที่สามารถเห็นร่องรอยได้ชัดเจนและสามารถเห็นร่องรอยการเปลี่ยนแปลงได้เพียงบางส่วน โดยพื้นที่ศึกษาย่อย Si05 Si08 และ Si10 สามารถพบเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (พื้นที่ที่รอบสีแดง) ในลักษณะของการหายไปของมวลทรายในพื้นที่ เนื่องจากทั้ง 3 พื้นที่ศึกษาย่อยดังกล่าวมีเส้นทางน้ำไหลออกจากฝั่งสู่ทะเล นอกจาก 3 สถานีเก็บข้อมูลข้างต้น ผลสภาพพื้นผิวแบบ 3 มิติ ใน 8 สถานี พบสภาพพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นร่องและเนินทรายขนาดเล็กพาดตัวตามความลาดชันของหาดทรายที่เกิดขึ้นหลัง

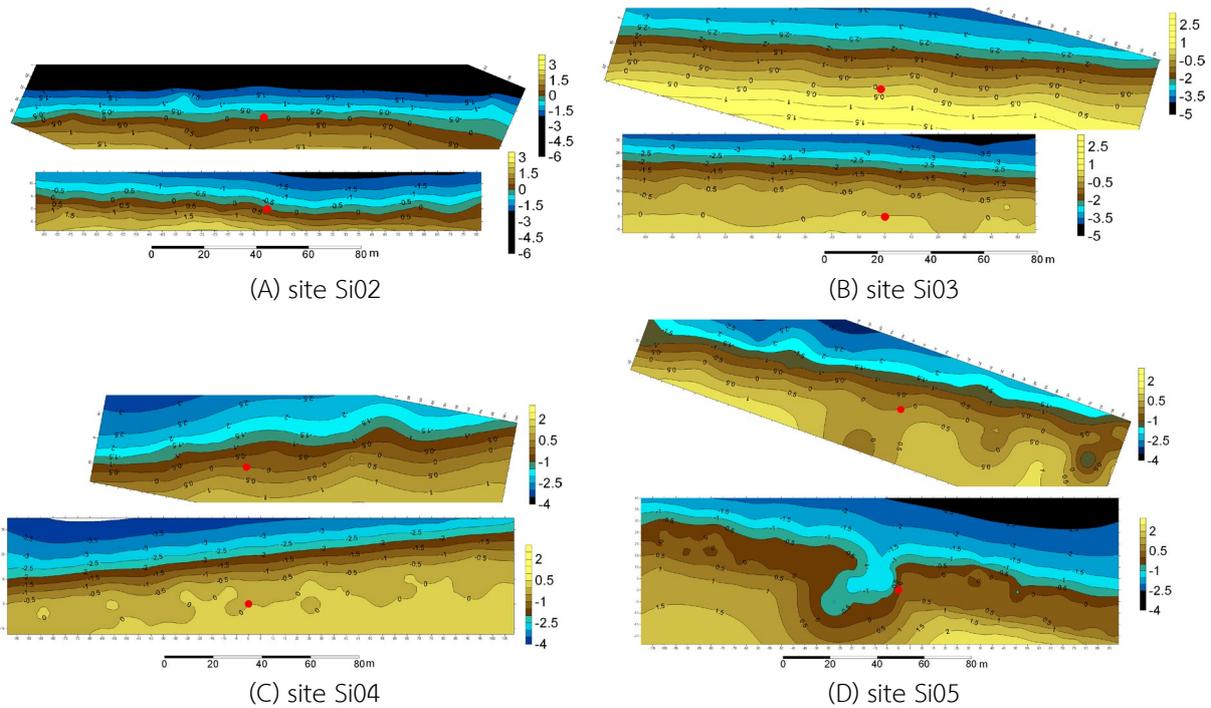
ฤดูมรสุมค่อนข้างชัดเจนในพื้นที่ศึกษาย่อย Si02 ถึง Si08 ในส่วนของพื้นที่ศึกษาย่อย Si09 และ Si11 พบการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นผิวหาดทรายไม่มาก



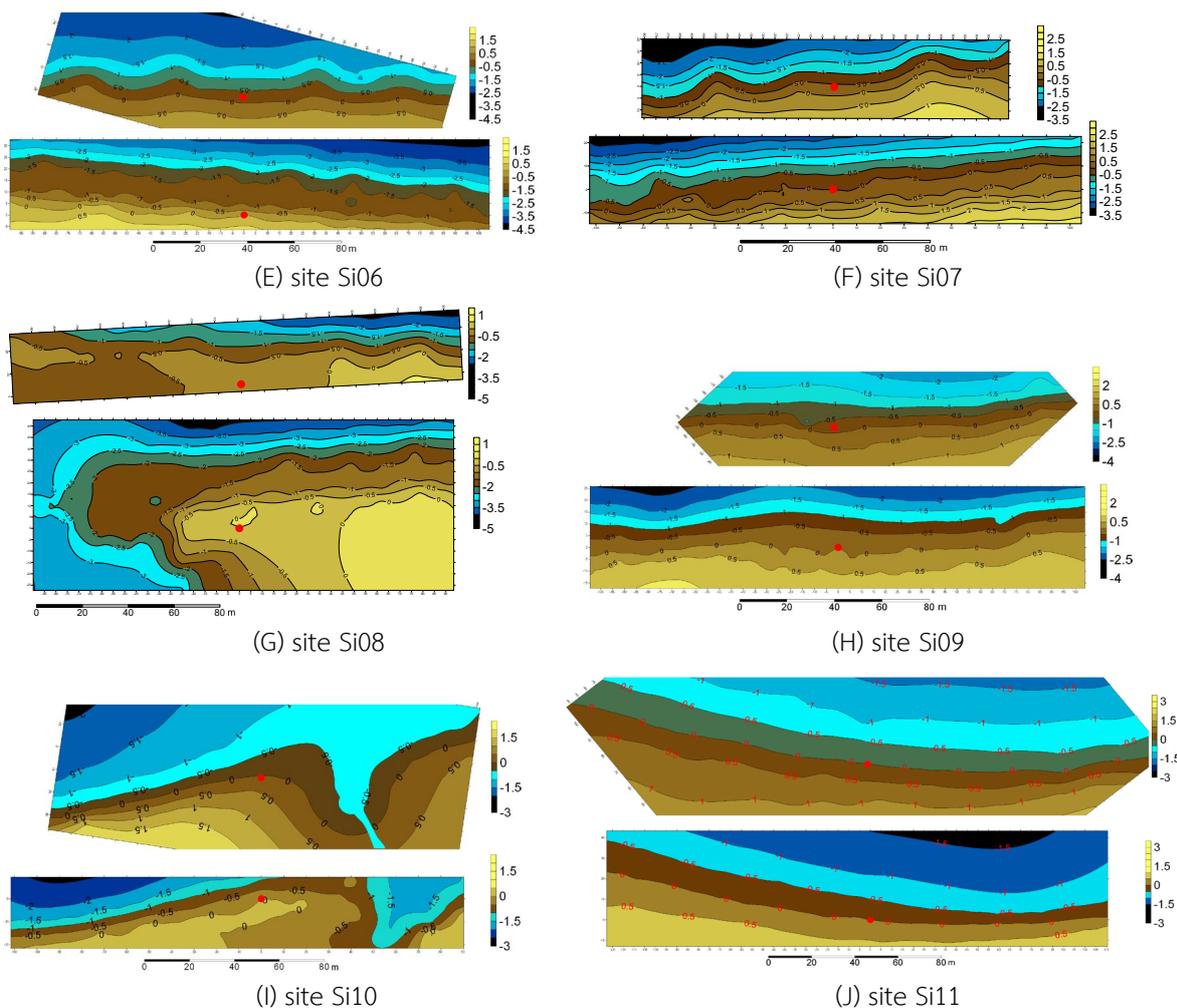
รูปที่ 3 การเปรียบเทียบภาพจำลองแบบ 3 มิติของสภาพพื้นผิวหาดทรายในพื้นที่หาดไม้ขาวจำนวน 10 พื้นที่ศึกษาย่อยในสองช่วงเวลา



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบภาพจำลองแบบ 3 มิติของสภาพพื้นผิวหาดทรายในพื้นที่หาดไม้ขาวจำนวน 10 พื้นที่ศึกษาย่อยในสองช่วงเวลา (ต่อ)

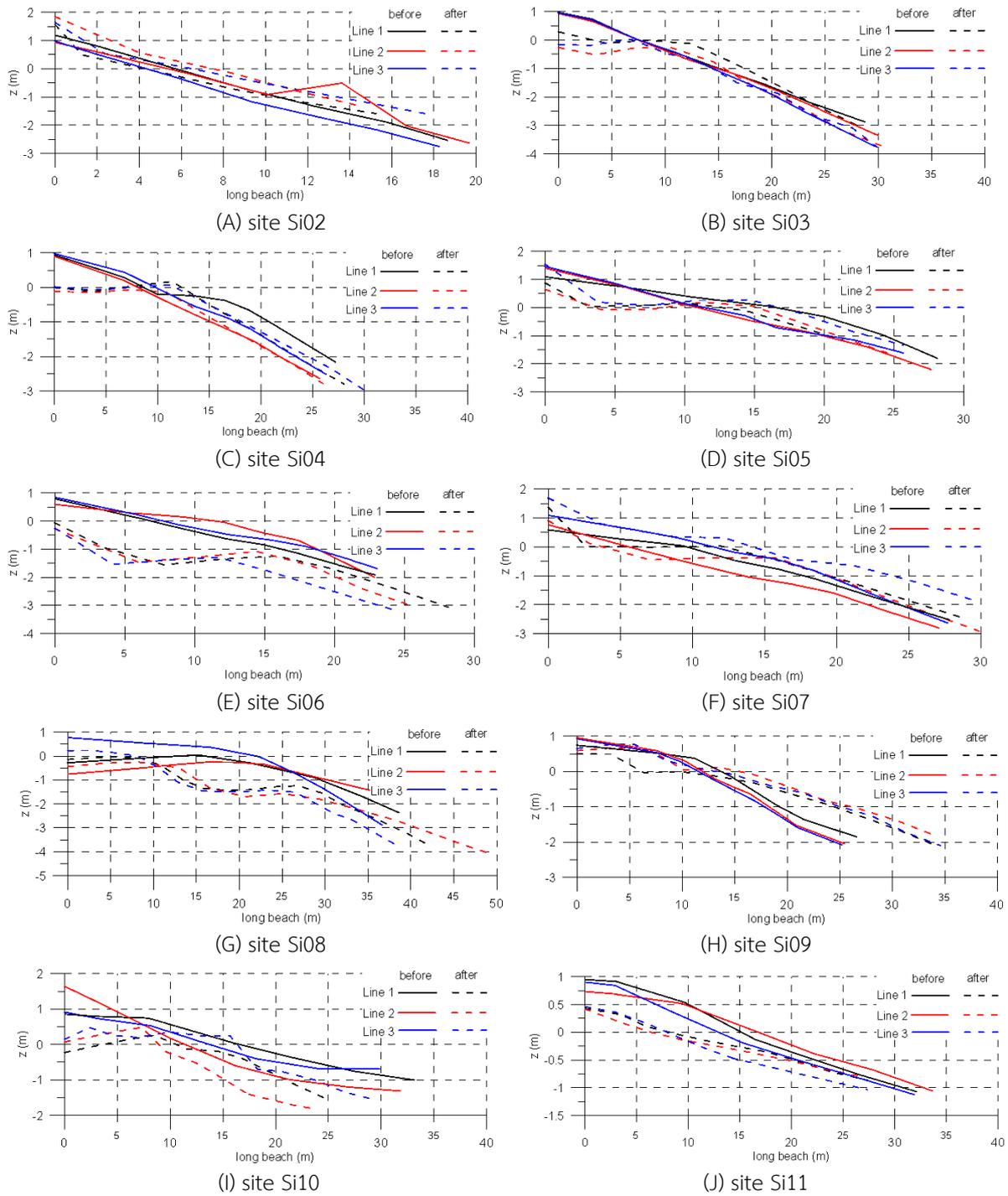


รูปที่ 4 เปรียบเทียบแผนที่เส้นชั้นความสูงในช่วงก่อนฤดูมรสุม (รูปบน) และหลังช่วงฤดูมรสุม (รูปล่าง) ของพื้นที่ศึกษาย่อยในหาดไม้ขาว 10 พื้นที่ศึกษาย่อย



รูปที่ 4 เปรียบเทียบแผนที่เส้นชั้นความสูงในช่วงก่อนฤดูมรสุม (รูปบน) และหลังช่วงฤดูมรสุม (รูปล่าง) ของพื้นที่ศึกษาย่อยใน  
 หาดไม้ขาว 10 พื้นที่ศึกษาย่อย (ต่อ)

พิจารณาผลเส้นชั้นความสูงของหาดทรายทั้ง 10 พื้นที่ศึกษาย่อยในหาดไม้ขาวทั้งสองช่วงเวลา พบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงพื้นผิวหาดทรายดังกล่าวมี 4 ประเภท ประเภทแรกเป็นกลุ่มสถานีตรวจวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงเพียงเล็กน้อย คือ สภาพที่พบในพื้นที่ศึกษาย่อย Si11 (รูปที่ 4J) ส่วนประเภทที่สองเป็นหาดทรายที่มีลักษณะของการขยายตัวของพื้นที่หน้าหาดหรือมีช่วงการต่างระดับของเส้นชั้นความสูงที่กว้างขึ้นของหาดหลังฤดูมรสุม ได้แก่ พื้นที่ศึกษาย่อย Si03 Si04 Si06 และ Si09 ประเภทที่สามเป็นลักษณะหาดที่มีการหดสั้นลงของพื้นที่หน้าหาดหรือมีช่วงการต่างระดับของเส้นชั้นความสูงที่แคบลงของหาดหลังฤดูมรสุม ได้แก่ พื้นที่ศึกษาย่อย Si02 Si04 Si06 และ Si07 โดยพื้นที่ศึกษาย่อย Si06 พบบางช่วงของหน้าหาดหดสั้นและบางช่วงมีการขยายความยาวลงไปสู่ทะเล และประเภทสุดท้ายเป็นลักษณะของหน้าหาดที่มีการกัดเซาะหาดทรายของทางน้ำที่ไหลจากชายฝั่งลงสู่ทะเล ดังแสดงในภาพของพื้นที่ศึกษาย่อย Si05 Si08 และ Si10 (รูปที่ 4D 4G และ 4I ตามลำดับ)



รูปที่ 5 สันฐานของหาดทรายในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อยในช่วงก่อนและหลังฤดูมรสุม

ตารางที่ 1 ค่าความลาดชันของสันฐานหาดทรายเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อยที่ก่อนและหลังช่วงมรสุม

	Si02	Si03	Si04	Si05	Si06	Si07	Si08	Si09	Si10	Si11
Before	0.19	0.15	0.12	0.11	0.10	0.12	0.08	0.14	0.07	0.06
Monsoon	± 0.015	± 0.012	± 0.033	± 0.010	± 0.006	± 0.006	± 0.05	± 0.005	± 0.015	± 0.006
After	0.18	0.12	0.10	0.08	0.09	0.11	0.08	0.08	0.06	0.05
Monsoon	± 0.020	± 0.006	± 0.006	± 0.006	± 0.010	± 0.001	± 0.006	± 0.006	± 0.022	± 0.013

ตารางที่ 2 ค่าประมาณการปริมาตรทราย (ลูกบาศก์เมตร) ที่เติมเข้ามาและที่ถูกพัดพาไปของแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อยหลังช่วงฤดูมรสุม

	Si02	Si03	Si04	Si05	Si06	Si07	Si08	Si09	Si10	Si11
Landfills	941	332	181	545	0	313	96	1570	78	0
Sand erode	195	878	907	1202	3983	1257	5192	250	2396	1440

ในส่วนข้อมูลพื้นฐานของหาดทรายในแต่ละพื้นที่ศึกษาย่อยที่เก็บข้อมูลในช่วงก่อนและหลังฤดูมรสุม ในที่นี้ได้นำมาแสดงเป็นตัวอย่าง 3 แนวตัดขวางหาดทราย คือ แนวตัดขวาง Line 1 Line 2 และ Line 3 ดังแสดงในรูปที่ 5 ผลที่ได้พบว่า ลักษณะของเส้นฐานหาดในช่วงก่อนฤดูมรสุม (เส้นทึบ) ของพื้นที่ศึกษาย่อยส่วนใหญ่มีลักษณะเหมือนกันในลักษณะของเส้นตรงที่มีความโค้งเล็กน้อย ต่างจากเส้นฐานหาดของช่วงหลังฤดูมรสุม (เส้นประ) ที่มีการตัดหายจากแนวก่อนฤดูมรสุมในช่วงต้นของแนวหาดในพื้นที่ศึกษาย่อย Si03 ถึง Si10 จากภาพฐานหาดข้างต้นสามารถหาค่าความลาดชันเฉลี่ยในช่วงก่อนและหลังฤดูมรสุม ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 1 ผลที่ได้พบว่า ความลาดชันหาดทรายมีค่าลดลงจากพื้นที่ศึกษาย่อย Si02 ถึง Si11 ยกเว้นพื้นที่ศึกษาย่อย Si04 Si07 และ Si09 โดยค่าความลาดชันที่พบสูงสุดพบที่พื้นที่ศึกษาย่อย Si02 บางแนวตัดขวางหาดทรายที่มีค่าประมาณ 0.26 ทั้งนี้พบว่าความลาดชันหาดทรายดังกล่าวมีค่าลดลงหลังจากผ่านช่วงฤดูมรสุม โดยพื้นที่ศึกษาย่อยที่แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความลาดชันอย่างชัดเจน ได้แก่ พื้นที่ศึกษาย่อย Si03 Si05 และ Si09 ในช่วงฤดูมรสุม ทั้งนี้ภาพของข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน หากพิจารณาในลักษณะของผลลัพธ์ความลาดชันเฉลี่ยพบว่า ทุกสถานีศึกษาย่อยมีค่าความลาดชันหาดที่เปลี่ยนแปลงไปช่วง 0.01 ถึง 0.04 พิจารณาภาพตัดขวางของหาดทรายที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของการหายไปหรือเพิ่มเติมของมวลทราย ผลดังกล่าวสามารถนำไปประมาณค่าปริมาตรทรายที่เติมเข้ามาและถูกกัดเซาะออกไปของพื้นที่ศึกษาย่อยดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 2 ผลปริมาตรทรายโดยประมาณที่ได้พบการกัดเซาะหายไปของทรายอย่างชัดเจนในหลายพื้นที่ศึกษาย่อย ได้แก่ สถานี Si05 Si06 Si07 Si08 และ Si10 ปริมาตรทรายที่หายไปในพื้นที่ศึกษาย่อยดังกล่าวมีมากกว่า 1,000 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรทรายหายไปมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาย่อย Si08 มากถึง 5,192 ลูกบาศก์เมตร ส่วนผลของพื้นที่ศึกษาย่อยนอกจากที่กล่าวมาแล้วมีปริมาตรทรายที่ถูกกัดเซาะไปน้อยกว่า 1,000 ลูกบาศก์เมตร ในส่วนของการเติมเข้ามาของมวลทรายที่พิจารณาจากประมาณการปริมาตรทรายที่คิดจากภาพตัดขวาง พบว่า มีเพียง 2 พื้นที่ศึกษาย่อยที่ไม่มีการเติมของมวลทราย คือ Si06 และ Si011 ส่วนมวลทรายที่ถูกเติมเข้ามามากกว่ามวลทรายที่กัดเซาะไป พบเพียง 2 พื้นที่ศึกษาย่อย คือ Si02 และ Si09 การเติมเข้ามามากที่สุดเกิดในพื้นที่ศึกษาย่อย Si09 มีปริมาตร 1,570 ลูกบาศก์เมตร ส่วนพื้นที่ศึกษาย่อยอื่นมีการกัดเซาะมากกว่าการเติมกลับมาของทรายทำให้ภาพที่พบจากฐานหาดเสมือนมีทรายบนชายหาดถูกพัดพาไป

## วิจารณ์ผลการวิจัย

จากภาพจำลองสภาพพื้นผิวหาดทรายไม้ขาวแบบสามมิติและภาพเส้นชั้นข้อมูลความสูงที่นำเสนอภาพของการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวหาดทรายหาดไม้ขาวหลังช่วงฤดูมรสุม มีสามพื้นที่ศึกษาย่อยพบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าหาดจากการกัดเซาะหาดทรายของทางน้ำค่อนข้างรุนแรง ซึ่งทางน้ำที่ทำให้เกิดการกัดเซาะทั้ง 3 พื้นที่ศึกษาย่อยตรวจวัดค่อนข้างแตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ พื้นที่ศึกษาย่อย Si05 เป็นน้ำที่ออกมาจากท่อระบายน้ำไหลสู่หน้าหาด พื้นที่ศึกษาย่อย Si08 เป็นน้ำที่ระบายจากท่อน้ำทิ้งสนามบินภูเก็ตลงสู่แอ่งน้ำก่อนเกิดเป็นทางน้ำระบายน้ำจากแอ่งน้ำลงสู่ทะเล และพื้นที่ศึกษาย่อย Si10 เป็นเส้นทางน้ำระบายจากเส้นทางน้ำขนาดเล็กในอุทยานแห่งชาติสิรินาถลงสู่ทะเล นอกจากนี้พบว่า หลายพื้นที่ศึกษาย่อยมีพื้นที่ภาพตัดขวางฐานหาดที่แสดงภาพมวลทรายใกล้พื้นที่ชายฝั่งถูกพัดพาจากพื้นที่สูงกว่าลงสู่ทะเลซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำกว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสันนิษฐานว่ามาจากหลายปัจจัย ปัจจัยแรกคือ ปัจจัยในเรื่องของ

ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นตามช่วงเวลาต่างๆ ปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวชักนำหรือช่วยยกระดับการพัดของคลื่นทะเลให้เข้าถึงพื้นที่ชายฝั่ง ซึ่งอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งเสริมในเรื่องการกัดเซาะชายฝั่งได้มากขึ้น (Leatherman *et al.*, 2000) ปัจจัยถัดมาเป็นปัจจัยในเรื่องของความแรงของคลื่นลมทะเลที่พัดเข้าหาฝั่ง ปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวช่วยในการพัดเอาทรายจากชายทะเลส่วนในและชายทะเลส่วนนอกให้ตกสะสมในพื้นที่ชายทะเลใกล้ฝั่ง รวมถึงเป็นตัวช่วยในการปรับระดับความลาดชันให้มีค่าลดลงหรือชันมากขึ้น (Stockdon *et al.*, 2014) ทั้งนี้ปัจจัยที่เสริมความแรงของคลื่นลมทะเลคือความเร็วและแรงลมที่พัดให้คลื่นทะเลมียอดคลื่นที่สูงขึ้นและเข้าสู่พื้นที่ชายฝั่งและชายทะเล (Callaghan *et al.*, 2013) ในพื้นที่หาดไม้ขาว จังหวัดภูเก็ต มาจากพายุหรือลมมรสุมที่พัดเข้าสู่พื้นที่ฝั่งอันดามันที่มีในช่วงเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน พื้นที่ที่พบผลจากปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ พื้นที่ศึกษาย่อย Si02 Si05 Si06 และ Si08 นอกจากนี้ปัจจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อีกปัจจัยที่ทำให้เกิดการกัดเซาะและเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดทรายคือ ปัจจัยเชื่อมโยงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือกิจกรรมของมนุษย์ (Cheablum, 2015; Chanjaron *et al.*, 2017) ในพื้นที่นี้เป็นผลกระทบจากทางน้ำที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายหาด ซึ่งน้ำที่ไหลมาจากทางน้ำที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ไหลจากพื้นที่ฝั่งลงสู่ทะเลในพื้นที่นี้มาจากทางน้ำทั้งในอุทยานแห่งชาติสิรินาถ น้ำที่ออกมาจากท่อระบายน้ำไหลสู่หน้าหาด และน้ำจากแอ่งรองรับน้ำทิ้งสนามบินนานาชาติจังหวัดภูเก็ต โดยการระบายน้ำดังกล่าวทำให้เกิดเป็นร่องน้ำที่อาจขยายตัวตามความแรงของน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลในช่วงฤดูมรสุม เมื่อน้ำที่ระบายออกจากแหล่งทางน้ำดังกล่าวปะทะกับคลื่นทะเลที่พัดพาน้ำให้ย้อนกลับมาสู่ฝั่งทำให้เกิดการกระแสน้ำผวนของน้ำในพื้นที่ปากทางน้ำกัดเซาะมวลทรายชายหาดปลายทางน้ำ ดังที่พบการขยายตัวของร่องน้ำและปริมาตรทรายที่ถูกกัดเซาะมากกว่า 1,000 ลูกบาศก์เมตร หลังฤดูมรสุมในพื้นที่ศึกษาย่อย Si05 Si08 และ Si10 การแก้ปัญหาพื้นที่ที่มีร่องน้ำดังกล่าวอาจต้องใช้ความระมัดระวังในการติดตามและแก้ปัญหาอย่างมาก เนื่องจากการสร้างสิ่งปลูกสร้างหรือการกระทำสิ่งใดในพื้นที่ชายหาดอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตทางทะเลที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว รวมถึงอาจมีอุปสรรคในการแก้ปัญหาเนื่องจากติดข้อกำหนดของพื้นที่ เช่น พื้นที่ศึกษาย่อย Si10 ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติสิรินาถ และพื้นที่ศึกษาย่อย Si08 ที่ตั้งอยู่ใกล้ท่าอากาศยานนานาชาติจังหวัดภูเก็ต หากสรุปพื้นที่ที่ควรติดตามการเกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดไม้ขาวจากผลการสำรวจเบื้องต้นประกอบด้วยพื้นที่ศึกษาย่อย Si02 Si05 Si08 และ Si10 การติดตามและแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นสิ่งที่หน่วยงานหรือผู้ดูแลพื้นที่ดังกล่าวควรให้ความสนใจเนื่องจากปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอาจส่งผลกระทบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อทรัพยากรท่องเที่ยวชายฝั่งที่เป็นตัวกำหนดมูลค่าของเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนในพื้นที่ (Cheablum *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นเพียงการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นให้กับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อนำเสนอข้อมูลหลักฐานสภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายหาดและการเปลี่ยนแปลงสัญญาณชายหาดที่ช่วยประกอบการตัดสินใจเลือกพื้นที่ที่ควรเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของชายหาดที่เป็นผลมาจากการกัดเซาะโดยคลื่นลมทะเลอย่างชัดเจน รวมถึงการนำข้อมูลดังกล่าวมาประกอบการดูแลและแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในอนาคต ดังนั้นในงานวิจัยถัดไปจะเป็นการสำรวจที่ละเอียดมากขึ้นโดยใช้การสำรวจด้วยกล้องประมวลผลรวมร่วมกับ RTK - GPS ด้วยช่วงเวลาในการสำรวจติดตามที่มีความถี่มากกว่านี้ รวมถึงอาจนำเทคโนโลยีทางภูมิสารสนเทศมาช่วยในการติดตามผลในระยะยาวเนื่องจากวิธีการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการติดตามที่น้อยกว่าวิธีการสำรวจภาคสนาม ทั้งนี้ผู้วิจัยอาจมีการสร้างหมุดหลักฐานให้กับกรมอุทยานแห่งชาติหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ดูแลพื้นที่หาดไม้ขาวเพื่อติดตามเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงชายหาดในพื้นที่รับผิดชอบอย่างใกล้ชิดในลำดับถัดไป

## สรุปผลการวิจัย

พื้นที่หาดทรายในทุกพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยในเรื่องของคลื่นลมทะเลในช่วงมรสุมค่อนข้างชัดเจน ในส่วนของความลาดชันหาดทรายที่ประเมินจากข้อมูลสัญญาณหาดทรายพบค่าความลาดชันเฉลี่ยที่ลดลงจากพื้นที่ศึกษาอยู่ Si02 ไปลงไปถึงพื้นที่ศึกษาอยู่ Si11 และมีการลดลงของความลาดชันหาดทรายในหลายพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ในช่วงฤดูมรสุมเพียงเล็กน้อย แต่พื้นที่ศึกษาอยู่ Si06 Si08 และ Si10 มีการกัดเซาะมวลทรายออกไปค่อนข้างมาก โดยอิทธิพลของคลื่นลมทะเล และระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้มวลทรายจากชายทะเลส่วนในและชายทะเลส่วนนอกพัดไปตกสะสมในพื้นที่ชายทะเล ใกล้ฝั่ง นอกจากนี้การกัดเซาะของเส้นทางน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หาดทรายค่อนข้างรุนแรงในพื้นที่ศึกษาอยู่ Si05 Si08 และ Si10 หากพิจารณาในภาพรวมของพื้นที่ศึกษาอยู่ ควรเฝ้าระวังและติดตามการเปลี่ยนแปลง พื้นที่ผิวหาดทรายเนื่องจากการกัดเซาะในพื้นที่ ควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ศึกษาอยู่ Si05 Si06 Si07 Si08 และ Si10 อย่างใกล้ชิด โดยควรเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในช่วงฤดูมรสุมและหลังเกิดพายุพัดเข้าฝั่งเพิ่มเติม และอาจเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาอยู่อื่นเพิ่มเติมเพื่อประกอบการตัดสินใจเพิ่มพื้นที่เฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย สถานภาพและการแพร่กระจายของจักจั่นทะเลตามธรรมชาติเพื่อการจัดการท่องเที่ยวชุมชนหาดไม้ขาวอย่างยั่งยืน ที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สวทช. งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินงานสำเร็จ ได้ลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ที่ได้ให้การสนับสนุน อุปกรณ์และสถานที่ทำวิจัย ขอขอบคุณอุทยานแห่งชาติสิรินาถ สำหรับความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยในพื้นที่ ขอขอบคุณเทศบาลตำบลไม้ขาว สำหรับการอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยในพื้นที่

## เอกสารอ้างอิง

- Apostolopoulos, D. and Nikolakopoulos, K. (2021). A review and meta-analysis of remote sensing data, GIS methods, materials and indices used for monitoring the coastline evolution over the last twenty years. *European Journal of Remote Sensing* 54(1): 240–265.
- Baig, M.R.I., Ahmada, I.A., Shahfahad, Tayyaba, M. and 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.
- Briganti, R., Torres-Freyermuth, A., Baldock, T.E., Brocchini, M., Dodd, N., Hsu, T.J., Jiang, Z., Kim, Y., Pintado-Patiño, J.C. and Postacchini, M. (2016). Advances in numerical modelling of swash zone dynamics. *Coastal Engineering* 115: 26-41.
- Callaghan, D.P., Ranasinghe, R. and Roelvink, D. (2013). Probabilistic estimation of storm erosion using analytical, semi-empirical, and process based storm erosion models. *Coastal Engineering* 82: 64-75.
- Cheablum, O. (2015). Coastal change and tourism resources: problems and consequences. *Journal of Environmental Management* 11(2): 134-145.
- Chanjaron, T., Srimala, V. and Sawangthum, N. (2017). Coastal Change Detection Monitoring Technics: A Case Study of Klong Hok Village, Ko Proet Subdistrict, Laem Sing District, Chanthaburi Province. *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal* 11(3): 170-183.

- Cheng, J., Wang, P. and Guo, Q. (2016). Measuring Beach Profiles along a Low-Wave Energy Microtidal Coast, West-Central Florida, USA. *Geosciences* 6(44): 1-12.
- Inkerd, S., Onsri, N., Kwanthong, N., Klompong, N. and Khankajorn, T. (2018). Remote Sensing Applications for Change Detection in The Andaman Sea Coastal Region, Sikao District, Trang Province. *Wichcha Journal* 37(Special Issues): 84-98.
- Kizil, U. and Tisor, L. (2011). Evaluation of RTK - GPS and Total Station for applications in land surveying. *Journal of Earth System Science* 120(2): 215-221.
- Leatherman, S.P., Zhang, K. and Douglas, B.C. (2000). Sea Level Rise Shown to Drive Coastal Erosion. *Eos Transactions American Geophysical Union* 81(6): 55-57.
- Limsakul, W., Suteerasak, T., Koedsin, W., Tanchana, S. and Chongsrirattanakun, W. (2021). The quantity of metal elements in Sand of Mai Khao Beach Phuket Province. *Burapha Science Journal* 26(3): 1456-1475.
- Mou, F.I., Bhuiyan, N.T., Alvee, F.M., Rahman, A. and Maliha, M. (2020). Estimation of Erosion-Accretion Using Remote Sensing Approach: A Case Analysis on Teknaf Coastline. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Advances in Civil Engineering (ICACE 2020)*. CUET, Chattogram, Bangladesh.
- Prasad, D.H. and Kumar, N.D. (2014). Coastal Erosion Studies—A Review. *International Journal of Geosciences* 5(3): 341-345.
- Poolsawat, S., Triampo, W., Amornsamankul, S., Pimpunchat, B. (2020). Spatial and Temporal Shoreline Changes of the Bang Pakong Subdistrict (Thailand) in 2009–2018. *International Journal of Simulation Systems, Science & Technology* 21(4): 6.1-6.9.
- Sarajit, O. and Nakhapakorn, K. (2013). Geo-information Application for Coastal Erosion Situation, Phetchaburi Province. *Thammasart Science and Technology Journal* 22(6): 789-800.
- Smith, D., Wall, W., Branes, R. Simons, B. and Chen, Z. (2010). *Surfer Version 9.9.785 Surface Mapping Systeme (Computer program)*. Golden Software, Inc.
- Stockdon H.F., Thompson, D.M., Plant, N.G. and Long, J.W. (2014). Evaluation of wave runup predictions from numerical and parametric models. *Coastal Engineering* 92: 1-11.
- Thampanya, U., Vermaat b, J.E., Sinsakul, S. and Panapitukkul, N. (2006). Coastal erosion and mangrove progradation of Southern Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68: 75-85.
- Toimil, A., Camus, P., Losada, I.J., Le Cozannet, G., Nicholls, R.J., Idier, D. and Maspataud, A. (2020). Climate change-driven coastal erosion modelling in temperate sandy beaches: Methods and uncertainty treatment. *Earth-Science Reviews* 202: 103110.
- Truttung, W. (2020). Study of Shoreline Change Using Geographic Information System. *Journal of Science and Technology* 3(1): 55-65.
- Zhang, K., Douglas, B.C. and Leatherman, S.P. (2004). Global Warming and Coastal Erosion. *Climatic Change* 64: 41-58.

