

การพัฒนาความถูกต้องของอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล ด้วยสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง Improving the Accuracy of Sea Level Change Rates Using GNSS Continuously Operating Reference Station

วรินทร์ วรโชติศักดิ์ดาร์^{1,*} ชัยพร กิจประชา² และ เฉลิมชนม์ สติระพจน์³

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: D.tuta@hotmail.com

บทคัดย่อ

การติดตามระดับน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทยมีความสำคัญในด้านต่างๆ ของประเทศ ในการติดตามระดับน้ำทะเลจะใช้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ แต่เนื่องจากสถานีวัดระดับน้ำได้รับผลกระทบจากการทรุดตัวของพื้นดิน ในงานวิจัยนี้จะทำการปรับแก้อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากผลกระทบการทรุดตัวของพื้นดิน ณ สถานีวัดระดับน้ำด้วยข้อมูลดาวเทียม GNSS จากสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง จากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลบริเวณทะเลอ่าวไทยเป็นเวลา 12 ปี โดยการใช้ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก และสถานีวัดระดับน้ำเกาะมัตโปน จำนวน 2 สถานี จากนั้นอัตราการเคลื่อนตัวของพื้นดินบริเวณสถานีวัดระดับน้ำโดยใช้ข้อมูลจากสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง จำนวน 2 สถานีเป็นระยะเวลา 5 ปี ได้แก่ สถานี PJRK และสถานี CMPN จากการศึกษาพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลของสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักและเกาะมัตโปน มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นในระดับ 2.4-8.4 มม./ปี ในขณะที่ผลลัพธ์ของอัตราการทรุดตัวของพื้นดินจากสถานี PJRK และ สถานี CMPN อยู่ที่ 4.9-7.7 มม./ปี จากนั้นแก้ไขด้วยผลลัพธ์ของการทรุดตัวของพื้นดิน พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงของสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักอยู่ที่ 0.7 มม./ปี และสถานีเกาะมัตโปนมีอัตราลดลง 2.1 มม./ปี จากผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าอัตราการเคลื่อนตัวของพื้นดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GNSS ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: สถานีวัดระดับน้ำ, อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล, สถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง, อัตราการเคลื่อนตัวของพื้นดิน

Abstract

Coastal sea level monitoring in Thailand is crucial for various aspects of the country. Tide gauges are commonly used in sea

level monitoring; however, since they are affected by land subsidence, this research aims to correct the rate of sea level change by accounting for the impact of land subsidence at the tide gauges using GNSS data from a Global Navigation Satellite System Continuously Operating Reference Station (GNSS CORS). The study analyzed the rate of sea level change in the Gulf of Thailand over a 12-year period, using data from two tide gauges: Ko Lak and Ko Mattaphon. Vertical land displacement rates at the tide gauges were measured using GNSS CORS data over a 5-year period, from the PJRK and CMPN stations. The study found that the sea level change rates at Ko Lak and Ko Mattaphon increased at rates of 2.4-8.4 mm/year. Meanwhile, land subsidence rates from PJRK and CMPN were found to be 4.9-7.7 mm/year. After correcting for land subsidence, the sea level change rates were adjusted to 0.7 mm/year at Ko Lak and -2.1 mm/year at Ko Mattaphon. The results demonstrate that vertical land movement, as measured by GNSS satellite data, significantly influences the sea level change rate.

Keywords: Tide gauges, Sea level change, GNSS CORS, Land subsidence

1. คำนำ

การศึกษาระดับน้ำทะเลเฉลี่ยทั่วโลกขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization : WMO) ในปี ค.ศ.2021 พบว่าระดับน้ำทะเลมีอัตราเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.4 มม./ปี [1] ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ โดยปรากฏการณ์เรือนกระจกทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลสูงขึ้นส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นตาม [2] ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นนั้นสามารถทำให้เกิดคลื่นในทะเลสูงและมีความรุนแรงมากขึ้น จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง

ในประเทศไทยมีหน่วยงานที่ได้ทำการติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่ กรมอุทกศาสตร์ กรมเจ้าท่า เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลค่าระดับน้ำทะเลไปใช้ในหน่วยงานในลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากโครงสร้างของสถานีวัดระดับน้ำมีรากฐานอยู่บนชั้นหินหรือชั้นตะกอนจึงได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนตัวของพื้นดินในทางดิ่งที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ส่งผลให้การติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในภูมิภาคเดียวกันให้ผลลัพธ์ไม่เท่ากัน

ในอดีตได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยร่วมกับการใช้ข้อมูลดาวเทียม GPS (Global Positioning System) จากหมวดในโครงการ GEODYSSSEA/THAICA ของกรมแผนที่ทหาร [3] พบว่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยบริเวณต่างๆของอ่าวไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นประมาณ 3-5 มม./ปี และไม่พบว่าบริเวณใดของอ่าวไทยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลที่ลดลง

ในปัจจุบันประเทศไทยมีหน่วยงานที่ได้ทำการติดตั้งสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง (Global Navigation Satellite System Continuously Operating Reference Station, GNSS CORS) เป็นสถานีฐานถาวร สามารถนำข้อมูลดาวเทียม GNSS ของสถานีนั้นๆไปประมวลผลหาค่าพิกัดที่มีความถูกต้องสูง เพื่อใช้ในการตรวจสอบการเคลื่อนตัวของแผ่นดินทั้งทางราบและทางดิ่งที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการพัฒนาความถูกต้องของอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลโดยปรับแก้จากการเคลื่อนตัวของพื้นดินทางดิ่งที่ได้จากสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง เพื่อให้ได้อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในระยะยาวต่อไป

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

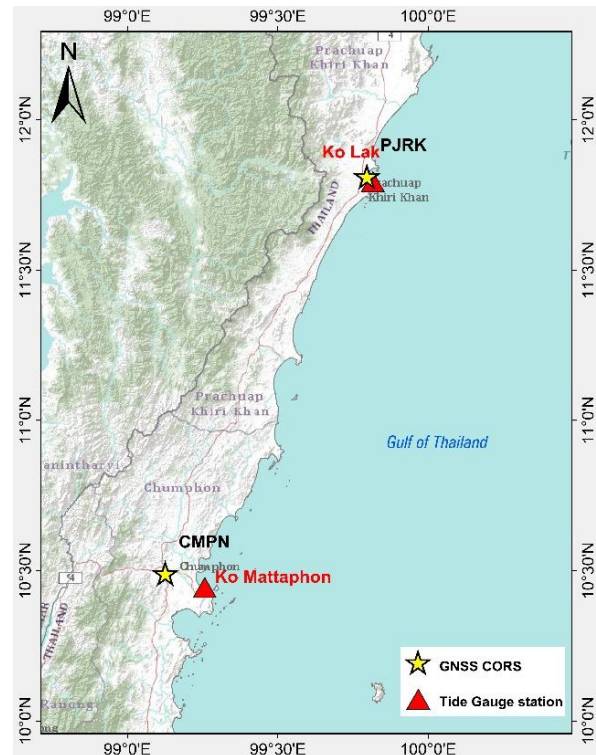
2.1.1 ข้อมูลดาวเทียม GNSS

ข้อมูลของสถานี PJRK ได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมโยธาธิการและผังเมือง ช่วงเวลาของข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2565 จำนวน 5 ปี และสถานี CMPN ได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมที่ดิน ช่วงเวลาของข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2566 จำนวน 5 ปี ข้อมูลไฟล์รายวันจะอยู่ในรูปแบบ The Receiver Independent Exchange Format (RINEX File)

2.1.2 ข้อมูลค่าระดับน้ำ

ข้อมูลค่าระดับน้ำของสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักและสถานีวัดระดับน้ำเกาะมัดโพ้น ที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ได้รับการบริการข้อมูลค่าระดับน้ำทะเลจาก Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) ข้อมูลอยู่ในรูปแบบ Revised Local Reference (RLR) โดยบันทึกค่าระดับน้ำในรูปแบบค่าเฉลี่ยรายเดือน ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2566 จำนวน 12 ปี

ในงานวิจัยนี้พิจารณาเลือกใช้สถานีวัดระดับน้ำคัดเลือกคู่กับสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง ที่อยู่ใกล้สถานีวัดระดับน้ำระยะห่างของสถานีวัดระดับน้ำกับสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 แผนที่ตำแหน่งสถานีวัดระดับน้ำและสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง



ที่ 2 สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ แบบจำลองกลไก (Mechanistic model) จำทำขึ้นเพื่อแสดงกระบวนการทางกายภาพ เคมีหรือชีวภาพอื่นๆ ของปรากฏการณ์เรื่องที่กำลังศึกษาอยู่ โดยค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองกลไก ได้มาจากการประมาณค่าเชิงปริมาณของระบบข้อมูลที่มีอยู่จริงตามธรรมชาติเช่น ความเร่ง ความเร็ว ความยาวคลื่นอื่นๆ

ตารางที่ 1 ช่วงเวลาและระยะห่างของข้อมูลค่าระดับน้ำและข้อมูลดาวเทียม GNSS

สถานีวัดระดับน้ำ		สถานี GNSS CORS		ระยะห่าง (กิโลเมตร)
ชื่อสถานี	ช่วงเวลา ข้อมูล	ชื่อสถานี	ช่วงเวลา ข้อมูล	
เกาะหลัก	2555-2566	PJRK	2561-2565	2.5
เกาะมัตโปน	2555-2566	CMPN	2562-2566	14.7

สมการของแบบจำลองกลไกหรือแบบจำลองเชิงเส้นที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลใช้ดังนี้

$$Y(t) = a + bt \quad (1)$$

โดยที่ Y คือ ค่าระดับน้ำทะเล (เมตร)

a คือ ค่าคงที่ (เมตร)

b คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล (เมตร/ปี)

t คือ เวลาของค่าระดับน้ำทะเล (ปี)

2.2 การประมวลผลและการปรับแก้ค่าระดับน้ำทะเล

2.2.1 การประมวลผลข้อมูลดาวเทียม GNSS

นำ Rinex files ของสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง ได้แก่ สถานี PJRK และสถานี CMPN ที่รวบรวมจากข้อ 2.1.1 มาทำการประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง (PPP) โดยใช้โปรแกรมเชิงวิจัย Bernese 5.4 [4] และใช้ค่าแก้ไขโคจรดาวเทียมความละเอียดสูงและค่าแก้ไขนาฬิกาจากดาวเทียมจากความละเอียดสูงจาก IGS [5], ค่าแก้ไขแรงโน้มถ่วง [6] และค่าแก้ไขแรงกดอากาศ [7]

เมื่อทำการประมวลผลผ่านโปรแกรม Bernese 5.4 เรียบร้อย ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าพิกัด 3 มิติ $X Y Z$ เป็นค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) ของสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง ที่อยู่บนกรอบอ้างอิงภาคพื้นดินนานาชาติ ITRF2020 (International Terrestrial Reference Framework 2020) จากนั้น นำค่าพิกัดที่ได้แปลงเป็นค่าพิกัดเยื้องเด็คก ละติจูด (Latitude, Φ) และลองจิจูด (Longitude, λ) และความสูงเหนือทรงรี (Ellipsoidal Height, h) อ้างอิงกับทรงรี The Geodetic Reference System 1980 (GRS80) เพื่อสะดวกในการคำนวณหาอัตราการเคลื่อนตัวของสถานี

2.2.2 การปรับแก้ค่าระดับน้ำทะเล

1) นำข้อมูลค่าระดับน้ำที่รวบรวมได้จากข้อ 2.1.2 ทำการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล จากการสร้างแบบจำลองเชิงเส้น จากสมการที่ (1) ผลลัพธ์ที่ได้คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ (Relative sea level rate : RSL) ที่ยังรวมการเคลื่อนตัวของพื้นดินทางดิ่งของสถานีวัดระดับน้ำ

2) นำค่าความสูงเหนือทรงรี (h) ที่คำนวณได้ในข้อ 2.2.1 ทำการคำนวณหาอัตราการเคลื่อนตัวของพื้นดินทางดิ่ง จากการสร้างแบบจำลองเชิงเส้น จากสมการที่ (1) ผลลัพธ์ที่ได้คือ อัตราการเคลื่อนตัวทางดิ่งของสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง

3) นำผลลัพธ์การเคลื่อนตัวของสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่องไปปรับแก้กับค่าระดับน้ำที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำ จากนั้นทำการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากการสร้างแบบจำลองเชิงเส้น จากสมการที่ (1) ผลลัพธ์ที่ได้คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่ได้รับการแก้ไขจากการเคลื่อนตัวทางดิ่งของสถานีวัดระดับน้ำที่มีความถูกต้องหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลแบบสัมบูรณ์ (Absolute sea level rate : ASL)

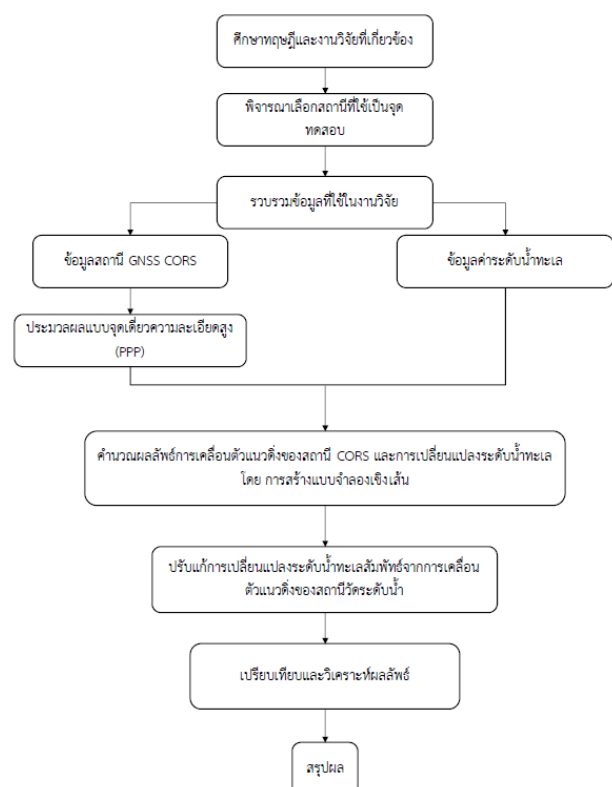
2.3 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูล

2.3.1 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ของสถานีวัดระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองเชิงเส้น ที่ให้ผลลัพธ์ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (Change rate) และผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) ของแบบจำลอง

2.3.2 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ของอัตราการเคลื่อนตัวของพื้นดินทางดิ่งของสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง ที่ได้จากแบบจำลองเชิงเส้น ที่ให้ผลลัพธ์ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (Change rate) และผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) ของแบบจำลอง

2.3.3 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ที่ถูกปรับแก้ด้วยข้อมูลดาวเทียม GNSS ที่ได้จากแบบจำลองเชิงเส้น ที่ให้ผลลัพธ์ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (Change rate) และผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) ของแบบจำลอง

2.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทํางานวิจัย



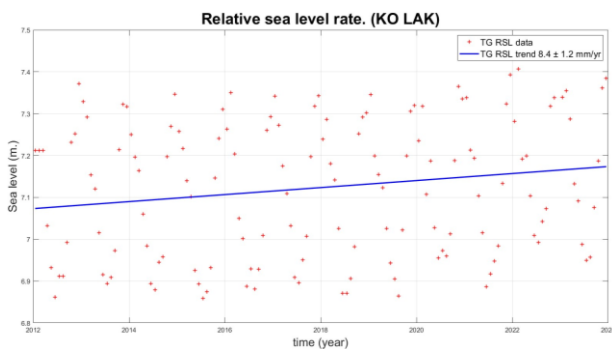
รูปที่ 3 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานวิจัย

3. ผลการวิจัย

3.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพันธ์จากข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำ

1) สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก

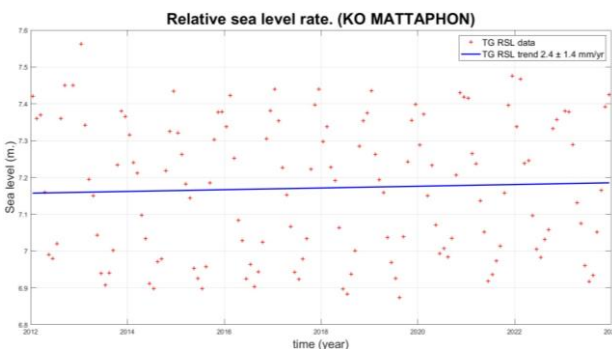
ตั้งอยู่ที่เกาะหลัก ต.เกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ ละติจูด $11^{\circ} 47' 42''$ ลองจิจูด $99^{\circ} 48' 58''$ เครื่องวัดระดับน้ำที่ติดตั้ง เป็นเครื่องวัดระดับน้ำแอนะล็อกแบบลูกลอย ผลลัพธ์ที่ได้โดยนำข้อมูลค่าระดับน้ำทะเลรายเดือน ที่ได้รับจาก PSMSL มาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น พบว่ามีแนวโน้มและอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำทะเลสัมพันธ์เพิ่มขึ้นที่ 8.4 ± 1.2 มม./ปี และค่า R-square ของแบบจำลองเชิงเส้นอยู่ที่ 0.9010 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพันธ์
สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก

2) สถานีวัดระดับน้ำเกาะมัตโปน

ตั้งอยู่ที่เกาะมัตโปน ต.ปากน้ำชุมพร อ.เมือง จ.ชุมพร ละติจูด $10^{\circ} 26' 40''$ ลองจิจูด $99^{\circ} 15' 25''$ เครื่องวัดระดับน้ำที่ติดตั้ง เป็นเครื่องวัดระดับน้ำแอนะล็อกแบบลูกลอย ผลลัพธ์ที่ได้โดยนำข้อมูลค่าระดับน้ำทะเลรายเดือน ที่ได้รับจาก PSMSL มาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น พบว่ามีแนวโน้มและอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำทะเลสัมพันธ์เพิ่มขึ้นที่ 2.4 ± 1.4 มม./ปีและค่า R-square ของแบบจำลองเชิงเส้นอยู่ที่ 0.8361 ดังรูปที่ 5

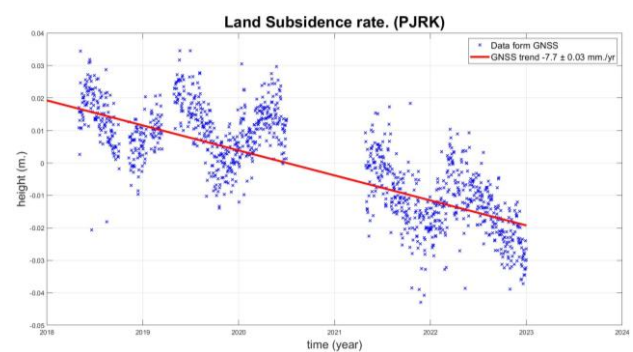


รูปที่ 5 กราฟอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพันธ์
สถานีวัดระดับน้ำเกาะมัตโปน

3.2 การเคลื่อนตัวทางดิ่งของแผ่นดินจากสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง

1) สถานี PJRK

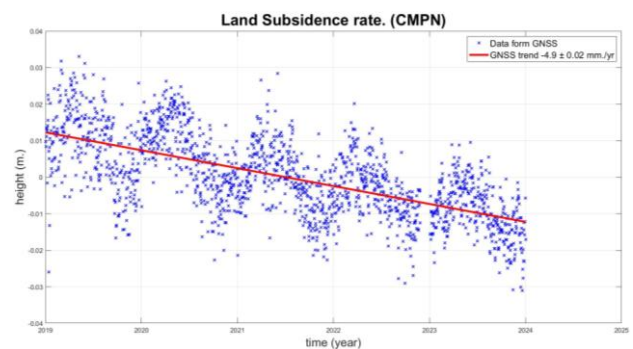
ตั้งอยู่ที่สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ ละติจูด $11^{\circ} 48' 42''$ ลองจิจูด $99^{\circ} 47' 47''$ ที่ตั้งเสาสัญญาณอยู่บนอาคาร อยู่ห่างจากสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก 2.5 กิโลเมตร ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำค่าความสูงเหนือผิวทธรรีแบบรายวันมาทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น พบว่ามีแนวโน้มและอัตราการทรุดตัวที่ 7.7 ± 0.03 มม./ปี และค่า R-square ของแบบจำลองเชิงเส้นอยู่ที่ 0.9908 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟอัตราการทรุดตัวของพื้นดินสถานี PJRK

2) สถานี CMPN

ตั้งอยู่ที่สำนักงานที่ดินจังหวัดชุมพร อ.เมือง จ.ชุมพร ละติจูด $10^{\circ} 29' 28''$ ลองจิจูด $99^{\circ} 7' 34''$ ที่ตั้งเสาสัญญาณอยู่บนอาคาร อยู่ห่างจากสถานีวัดระดับน้ำเกาะมัตโปน 14.7 กิโลเมตร ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำค่าความสูงเหนือผิวทธรรีแบบรายวันมาทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น พบว่ามีแนวโน้มและอัตราการทรุดตัวที่ 4.9 ± 0.02 มม./ปี และค่า R-square ของแบบจำลองเชิงเส้นอยู่ที่ 0.9825 ดังรูปที่ 7

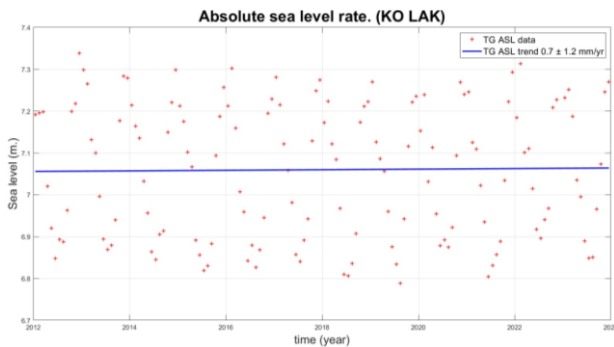


รูปที่ 7 กราฟอัตราการทรุดตัวของพื้นดินสถานี CMPN

3.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพันธ์จากสถานีวัดระดับน้ำแก้ไข ด้วยข้อมูลดาวเทียม GNSS

1) สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก

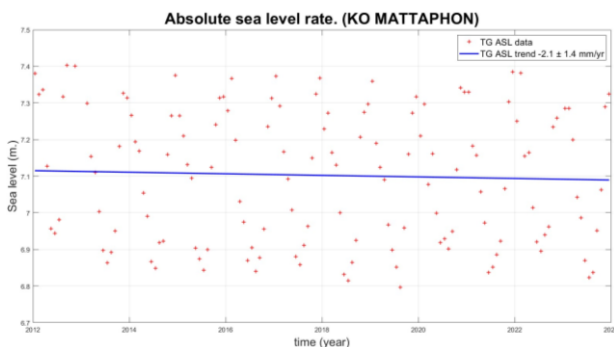
คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ของสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักแก้ไขด้วยข้อมูล GNSS จากการทวัดตัวของสถานี PJRK ทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น พบว่ามีแนวโน้มและอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์เพิ่มขึ้นที่ 0.7 ± 1.2 มม./ปี และค่า R-square ของแบบจำลองเชิงเส้นที่ 0.8942 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์
สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก

2) สถานีวัดระดับน้ำเกาะมัดโพ

คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ของสถานีวัดระดับน้ำเกาะมัดโพแก้ไขด้วยข้อมูล GNSS จากการทวัดตัวของสถานี CMPN ทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้น พบว่ามีแนวโน้มและอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ลดลงที่ 2.1 ± 1.4 มม./ปีและค่า R-square ของแบบจำลองเชิงเส้นอยู่ที่ 0.8334 ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์
สถานีวัดระดับน้ำเกาะมัดโพ

4. อภิปรายผลการศึกษา

4.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์

จากผลการศึกษาที่ได้ทำการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2566 ผลลัพธ์ที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักและเกาะมัดโพ มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ผลลัพธ์มีความแตกต่างกันถึง 6 มม. อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการทวัดตัวของพื้นดินของแต่ละสถานีที่เกิดจาก

ธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์ รวมถึงจำนวนช่วงเวลาของข้อมูลค่าระดับน้ำที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์มีจำนวนที่น้อยเกินไปทำให้ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของการแกว่งตัวของทวัดของทวัดในระบบสมุทรแปซิฟิก (The Pacific Decadal Oscillation : PDO) จะสามารถลดผลกระทบนี้ไปได้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลค่าระดับน้ำทะเลระยะเวลา 50 ปีขึ้นไป [8]

4.2 การเคลื่อนตัวของสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง

จากการนำข้อมูลดาวเทียม GNSS ของสถานี PJRK และ CMPN ประมวลผลแบบจุดเดี่ยวความละเอียดสูง (PPP) และนำผลลัพธ์ของค่าความสูงเหนือทวัดไปทำการวิเคราะห์อัตราการทวัดตัวของพื้นดิน ได้ผลลัพธ์มีอัตราการทวัดตัวของพื้นดินทั้งสองสถานี มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ผลลัพธ์ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าการทวัดที่เกิดจากธรณีวิทยาที่เกิดจากธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์ เนื่องจากไม่มีเอกสารที่ระบุได้ว่าฐานของแต่ละสถานีตั้งอยู่บนชั้นหินหรือชั้นตะกอน จากผลลัพธ์การทวัด ทั้งสองสถานีมีอัตราสูงอย่างมีนัยสำคัญซึ่งอาจเกิดจากการดูดน้ำบาดาลจากใต้ดิน บ่งบอกได้ว่าฐานของแต่ละสถานีไม่ได้ตั้งอยู่บนบริเวณชั้นหิน [9]

4.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์

จากการปรับแก้อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ด้วยการใช้ข้อมูลดาวเทียม GNSS วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ของสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักและเกาะมัดโพ ผลลัพธ์ที่ได้คือสถานีวัดระดับน้ำเกาะหลักยังคงมีอัตราที่เพิ่มขึ้น ในส่วนของสถานีวัดระดับน้ำเกาะมัดโพมีอัตราที่ลดลง จะสังเกตได้ว่าอัตราการทวัดตัวของสถานี GNSS CORS มีผลต่อผลลัพธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ค่อนข้างมาก เนื่องจากการใช้สถานีวัดระดับน้ำคู่กับสถานี GNSS CORS อาจจะไม่เหมาะสมกันซึ่งมีระยะห่าง 3-14 กม. และไม่มีหลักฐานอ้างอิงได้ว่าความสูงของรากฐานและชั้นธรณีของทั้งสองสถานีนี้นั้นมีความสอดคล้องกัน

5. สรุปผลการศึกษา

จากการวิจัยสรุปได้ว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล เช่น การทวัดตัวของสถานีวัดระดับน้ำ, ช่วงเวลาของข้อมูล, และการเคลื่อนตัวของสถานีที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการคำนวณ การคัดเลือกสถานีวัดระดับน้ำทะเลและสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่อง ที่ไม่ได้อยู่บนชั้นหินหรือตะกอนเดียวกันทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น การไหลของแม่น้ำและสภาพแวดล้อมที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล การศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสัมบูรณ์ที่ถูกต้องนั้นจึงสำคัญสำหรับการเตรียมรับมือภัยพิบัติในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะ

- 1) จากการศึกษาพบว่าค่าระดับน้ำทะเลที่นำมาทำการวิเคราะห์ควรใช้ข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลา 50 ปีขึ้นไป เพราะการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลควรมีช่วงเวลาที่ยาวนาน เพื่อลดความแปรปรวนของน้ำขึ้นน้ำและลดผลกระทบจากการแกว่งของทศวรรษในมหาสมุทร แปซิฟิก (PDO)
- 2) ควรติดตั้งสถานีอ้างอิงดาวเทียม GNSS แบบทำงานต่อเนื่องกับสถานีวัดระดับน้ำ เพื่อให้ค่าพิกัดทางตั้งตรงกันและสามารถปรับแก้อัตรา การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ควรให้ข้อมูลจากทั้งสองสถานีอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อให้สามารถตรวจสอบและปรับแก้ค่าระดับน้ำทะเลได้อย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kappelle, M., Kennedy, J., Wang, Y., Baddour, O., & Silva, Á. (2022). State of the Global Climate 2021.
- [2] กรมทรัพยากรธรณี (2550). รายงานฉบับสมบูรณ์. โครงการสำรวจและศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล, หน้า 1-2.
- [3] Trisirisatayawong, I., Naeije, M., Simons, W., & Fenoglio, L. (2011). Sea level change in the Gulf of Thailand from GPS-corrected tide gauge data and multi-satellite altimetry. *Global and Planetary Change*, 76, pp.137-151.
- [4] Dach, R., S. Lutz, P. Walser, P. Fridez (Eds); 2015: Bernese GNSS Software Version 5.2. User manual, Astronomical Institute, University of Bern, Bern Open Publishing.
- [5] Johnston, G., Riddell, A., Hausler, G. (2017). The International GNSS Service. Teunissen, Peter J.G., & Montenbruck, O. (Eds.), Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems (1st ed., pp. 967-982)
- [6] Lyard, F. H., Allain, D. J., Cancet, M., Carrère, L., & Picot, N. (2021). FES2014 global ocean tide atlas: design and performance. *Ocean Sci.*, 17(3), 615-649.
- [7] Van Dam, T. M., & Wahr, J. M. (1987). Displacements of the Earth's surface due to atmospheric loading: Effects on gravity and baseline measurements. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92(B2), 1281-1286
- [8] Reyes, R., Flores, P. C., Bauzon, M., Rediang, A., Alfante, R., Pasaje, N., Repollo, C. L., Siringan, F., Blanco, A., Bringas, D., Ordillano, M., & Lara, P. (2023). Rise Or Fall? How Local Factors Influence Coastal Sea Level in The Philippines. 44, pp.1-24.
- [9] Simons, W., Naeije, M., Ghazali, Z., Rahman, W., Cob, S., Kadir, M., Mustafar, M. A., Md Din, A. H., Efendi, J., & Noppradit, P. (2023). Relative Sea Level Trends for the Coastal Areas of Peninsular and East Malaysia Based on Remote and In Situ Observations. *Remote Sensing*, 15, 1113