

بررسی تغییرات تراز دریا در اثر پارامترهای اقلیمی با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم در سواحل شمالی دریای عمان (مکران ساحلی)

مرتضی پورزارع- دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
عبدالله سیف* - دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
سیروس فخری - استادیار، گروه جغرافیای طبیعی دانشکده دفاع ملی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران
حبیب‌الله سیاری - استاد، گروه مدیریت راهبردی، دانشکده دفاع ملی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۱

چکیده

برخی عناصر اقلیمی، مانند دمای هوا، فشار هوا، و سرعت باد، در زمره شدیدترین تغییرات کوتاه‌مدت تراز سطح آب قرار می‌گیرد. در این پژوهش، تغییرات تراز آب بر پایه داده‌های ایستگاه هواشناسی و ایستگاه ثبت جزرومد با هدف ارزیابی کارایی از مدل درخت تصمیم‌گیری (آنالیز غیرخطی) در برآورد و چگونگی اثرهای پارامترهای مستقل بارومتری، نیروی باد، و دمای هوا بر پیش‌بینی روند پارامتر وابسته میانگین تراز دریا^۱ (MSL) سواحل شمالی دریای عمان (مکران ساحلی- جنوب شرق ایران) در ایستگاه‌های جزرومدی مناطق جاسک و چابهار در یک دوره بیست‌ساله (۱۹۹۷-۲۰۱۶) ارزیابی و محاسبه شده است. براساس رابطه مدل نهایی در منطقه جاسک $W^{(۲۰۱۶)} = ۷,۲۰۸ + ۱۱,۰۹۲ P^{(۲۰۱۶)} - ۱,۱۰۲ T^{(۲۰۱۶)} + ۵,۶۱۹ T^{(۲۰۱۶)} - ۱۳,۱۹۷ MSL$ و در منطقه چابهار $W^{(۲۰۱۶)} = ۱,۵۹۶ P^{(۲۰۱۶)} - ۴,۵۲۰ + ۱,۵۲۹ T^{(۲۰۱۶)} + ۴,۵۲۰ MSL$ حاصل از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری در پیش‌بینی MSL با استفاده از داده‌های موجود تا ۹۵ درصد قابل اطمینان است. با توجه به دامنه نوسان جزرومد، به طور متوسط، در منطقه چابهار ۱ تا ۱,۵ متر و در منطقه جاسک بیش از ۳ متر برابر بازه زمانی به‌دست‌آمده در نمودارها با بررسی اجمالی اشکال ژئومورفولوژیکی در منطقه مطالعاتی از لحاظ آثار مورفولوژیک و داغ آب نیز به‌خوبی مطابقت می‌نماید.

واژگان کلیدی: الگوریتم درخت تصمیم، تراز دریا، سواحل شمالی دریای عمان (مکران ساحلی)، شاخص‌های اقلیمی.

مقدمه

رابطه بین فرم و فرایند در ژئومورفولوژی از اهمیت زیادی برخوردار است. با تغییر فرایند، فرم‌ها تغییر خواهد کرد و فرایندهای جدیدی در قالب فرم‌های جدید به‌وجود خواهد آمد (گورابی و امامی، ۱۳۹۶: ۷۵). به‌طور اجمالی، از مهم‌ترین عوامل تغییرات در سطح آب می‌توان به مواردی نظیر تغییرات در چگالی آب دریا به علت تغییرات در شوری و دمای آب، تغییر شدت و جهت جریان باد، تغییر در مقدار ورودی آب رودخانه‌ها به دریا، تغییرات ناشی از گرم‌شدن زمین، و تغییرات ناشی از تغییر موقعیت ماه و خورشید اشاره کرد (مشایخ‌پور و همکاران، ۱۳۹۶: ۶۹).

تغییرات تراز دریا عمدتاً شامل تغییرات جزرومدی و تغییرات ناشی از عوامل جوی می‌شود. جریان‌های جزرومدی نیز با توجه به دامنه آن‌ها در حین پیشروی و پسروی روزانه خود در روی استران و پهنه‌های جزرومدی به‌طور گسترده در شست‌وشوی ساحلی نقش دارند. تشکیل بسیاری از اشکال ژئومورفولوژیک ساحلی نتیجه دخالت آن‌هاست (نوحه‌گر و حسین‌زاده، ۱۳۹۰: ۱۳۱).

فاکتورهای اقلیمی موجب نوسانات کوتاه‌مدت و چرخه‌های جزرومدی موجب نوسانات طولانی‌مدت در سطح متوسط دریا می‌شوند (یمانی و محمدنژاد، ۱۳۹۲: ۸۷). واضح است که چرخه فصلی میانگین تراز دریا در طول خطوط ساحلی ترکیبی از بازتاب هواشناسی و اقیانوس‌شناسی هر ناحیه است. بدیهی‌ترین نتایج افزایش تراز دریا فرسایش ساحلی و جاری‌شدن سیل در زمین هوا پست و تخریب سازه‌های ساحلی است که خود عاملی برای معطوف‌کردن ذهن بشر به این مسئله است. بنابراین، افت‌وخیزهای تراز دریا جنبه‌های مهم اقلیم ساحلی، برنامه‌ریزی اقتصادی، امور کشاورزی، مسائل زیست‌محیطی، و کلیه امور مربوط به ناپیری و سازه‌های دریایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (وانش و همکاران، ۱۹۶۹: ۴۵۰).

سالتن و همکاران (۱۹۹۵)، طی یک دوره یازده‌ساله در سواحل جنوبی خلیج فارس، تغییر تراز میانگین دریا را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که دامنه مؤلفه سالانه این تغییرات ۱۱/۳ سانتی‌متر و سهم تغییرات تراز دریا بیشتر ناشی از فشار جو است.

نظریان (۱۳۸۱) روند تغییرات دوسالانه سطح تراز دریا را با استفاده از دو روش آلتی‌متر ماهواره‌ای و جزرومدسنجی در ناحیه دریای عمان و بندر چابهار بررسی کرد و همچنین مقایسه‌ای در بندر چابهار برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ میلادی انجام داد.

حسن‌زاده و علیزاده (۱۳۸۲)، از طریق محاسبه همبستگی بین دمای هوای منطقه و میانگین تراز دریا و همچنین محاسبات آماری، افزایش سطح تراز دریا در سواحل شمالی خلیج فارس را تأیید کردند؛ هرچند این ارزیابی مؤید این نکته است که تأثیر تغییر اقلیم بر سطح تراز دریا در دهه‌های آینده بیشتر محسوس خواهد بود و نیازمند تحقیقات وسیع‌تر است. در مطالعه‌ای، صفاری (۲۰۰۵) تغییرات تراز میانگین دریا و گردش سطحی دریای عمان را با استفاده از ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای بررسی کرد و داده‌های جزرومد منطقه جاسک را برای سال ۱۹۹۷-۲۰۰۵ تحلیل کرد. رضایی (۱۳۸۷) نوسانات تراز دریا را با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و جزرومدسنجی در دریای عمان، دو بندر چابهار، و جاسک بررسی و مطالعه کرد. با استفاده از جزرومدسنج‌ها، برآورد شد که تراز دریای بندر چابهار ماهانه ۰/۱۸ سانتی‌متر افزایش یافته است؛ تراز همین بندر با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای ۰/۰۶۱ سانتی‌متر در هر ماه پیش‌بینی شد. همچنین، سطح تراز دریا در سواحل بندر جاسک را کاهش پیش‌بینی کرد. براساس اطلاعات جزرومدسنجی، کاهش ماهانه‌ای با ۰/۰۱ سانتی‌متر در ماه در دوره مورد مطالعه حاصل شد. این میزان کاهش توسط داده‌ها ماهواره‌ای کمی بیشتر و حدود ۰/۰۱۷ سانتی‌متر در ماه برآورد شد.

آزرم‌سا و همکاران (۱۳۸۷) تغییرات میانگین ماهانه و فصلی تراز سطح آب در خلیج فارس، دریای عمان، و شمال دریای عرب را در طی سال ۱۹۹۴ مطالعه و بررسی کردند که بیشترین تغییر تراز آب به ترتیب در ماه‌های اکتبر و ژانویه و کمترین تغییر تراز آب در ماه‌های ژوئن و اوت مشاهده شد.

نوحه‌گر و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر عناصر اقلیمی محلی بر نوسانات کوتاه‌مدت تراز دریا را در سواحل شمالی تنگه هرمز - بندرعباس مطالعه و بررسی کردند که نتایج مطالعه آنان بیانگر آن است که همبستگی خوبی بین دما و فشار با تغییرات تراز دریا وجود دارد و همچنین مشخص شد که تغییرات فصلی در تراز دریا در منطقه حاکم است که مقادیر بیشتر در اواخر تابستان و مقادیر کمتر در بهار و زمستان رخ می‌دهد.

ماهنگو (۲۰۰۹) به مطالعه تغییر اقلیم و تأثیر آن در تغییرات سطح آب دریا پرداخت و نتیجه گرفت که بالا آمدن سطح آب دریا مشکلات متعدد از جمله سیلاب‌گرفتنی و جابه‌جایی اراضی مرطوب و پست، افزایش حساسیت‌پذیری به صدمات

طوفان ساحلی، و سپس فرسایش خط ساحلی و پیشروی آب شور درون خورها و منابع آب شیرین و مشکلات ثانویه دیگر را در پی خواهد داشت.

آزموده اردلان و طوریان (۱۳۸۹)، در پژوهشی، تغییرات جزرومدی سطح آب دریای عمان و خلیج فارس را با استفاده از یازده سال داده‌های ماهواره توپکس پوزایدون^۱ و اطلاعات تایدگیج‌های ساحلی با به‌کارگیری روش آنالیز فوریه و برآورد کمترین مربعات مؤلفه‌های جزرومدی در پرپود بزرگ‌تر از چهار ساعت مدل‌سازی کردند. سپس، متوسط سطح تراز دریا و مدل جزرومدی تعیین شد و نقشه سطح متوسط آب دریا و نقشه‌های دامنه و هم‌فاز مؤلفه‌های جزرومدی برای چهار مؤلفه S₂، M₂، K₂، و O₁ تعیین شد.

مهدی‌زاده و کسبی (۱۳۹۳) در تحقیقی به پیش‌بینی ارتفاع امواج ناشی از مد طوفان در سواحل ایرانی دریای عمان با بررسی موردی طوفان گونو پرداختند. با استفاده از قابلیت مدل دوبعدی، می‌توان باد را به‌صورت متغیر در زمان و مکان در نظر گرفت، که برای کارهای پژوهشی، برای تعیین حداکثر مخاطرات، می‌توان در آن باد را ثابت در نظر گرفت.

ترابی آزاد و هنرمند (۱۳۹۵) مطالعه جامعی بر روی تغییرات تراز دریا در ایستگاه‌های بندرعباس و بوشهر در یک دوره یازده‌ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۰) انجام دادند و اثرهای بارومتری، نیروی باد، و دما بر روی میانگین تراز دریا را محاسبه کردند. نتایج نشان می‌دهد در طی دوره مربوطه میانگین تراز دریا در ایستگاه‌ها روندی افزایشی به‌ترتیب ۵ و ۴ سانتی‌متر داشته است.

ریواستوا (۲۰۱۶) با استفاده از روش ترکیبی به‌صورت پیش‌بینی کمی برای افزایش سطح دریا با مدل‌های فضایی حالت هموارسازی^۲ (ESMs) و میانگین حرکت یک ناپیوستگی خودکار^۳ (ARIMA) با داده‌های سطح دریا را در طی هفده سال (۱۹۹۴-۲۰۱۰) بررسی کرد. براساس نتایج این مطالعه، میزان افزایش سطح دریای عرب بالا است و اگر آن را در نظر بگیریم، ممکن است در آینده موجب از دست‌رفتن زیستگاه‌های بسیاری از مناطق ساحلی ناشی از تغییرات اقلیمی شود.

اکبری و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به‌منظور بررسی و تعیین مؤلفه‌های جزرومدی مهم در منطقه وسیعی شامل خلیج فارس، تنگه هرمز، دریای عمان، و دریای عرب از مدل اقیانوسی سه‌بعدی^۴ (FVCOM) استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در خلیج فارس چهار نوع جزرومد روزانه، نیم‌روزانه، مختلط روزانه، و مختلط نیم‌روزانه و در سایر مناطق جزرومد از نوع مختلط نیم‌روزانه خواهد بود.

با توجه به ضرورت توسعه‌یافتگی به‌لحاظ اقتصادی و سیاسی، مکان‌یابی مراکز و تأسیسات در سواحل مکران به‌صورت مؤثر و هوشمندانه مستلزم پایداری خط ساحلی از نظر عوامل مورفودینامیک هم از سوی حرکات آب دریا و نیز فرایندهای محیط خشکی در این ناحیه از کشور ایران است. بنابراین، مطالعه منسجم از دیدگاه ژئومورفولوژی و مدیریت یک‌پارچه مناطق ساحلی ضروری می‌نماید. از این‌رو، مطالعه تغییرات تراز سطح آب به‌عنوان یکی از متغیرهای مؤثر در تحول خط و پهنه ساحلی اهمیت دارد. در مطالعات پژوهشی، بسیاری از روش‌های محاسبات نرم مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم درخت تصمیم‌گیری، و برنامه‌نویسی ژنتیک برای مدل‌سازی ریاضی فرایندهای مختلف استفاده شده است. یکی از جدیدترین روش‌های محاسبات نرم، که اخیراً بسیاری از محققان برای تخمین و استخراج مفهوم بین پارامترهای مختلف به‌کار برده‌اند، الگوریتم درخت تصمیم‌گیری است. تاکنون، این الگوریتم در بسیاری از مسائل مربوط

1. Poseidon/TOPEX
 2. Exponential Smoothing state space Models
 3. Auto Regressive Integrated Moving Average
 4. finite volume coastal ocean model

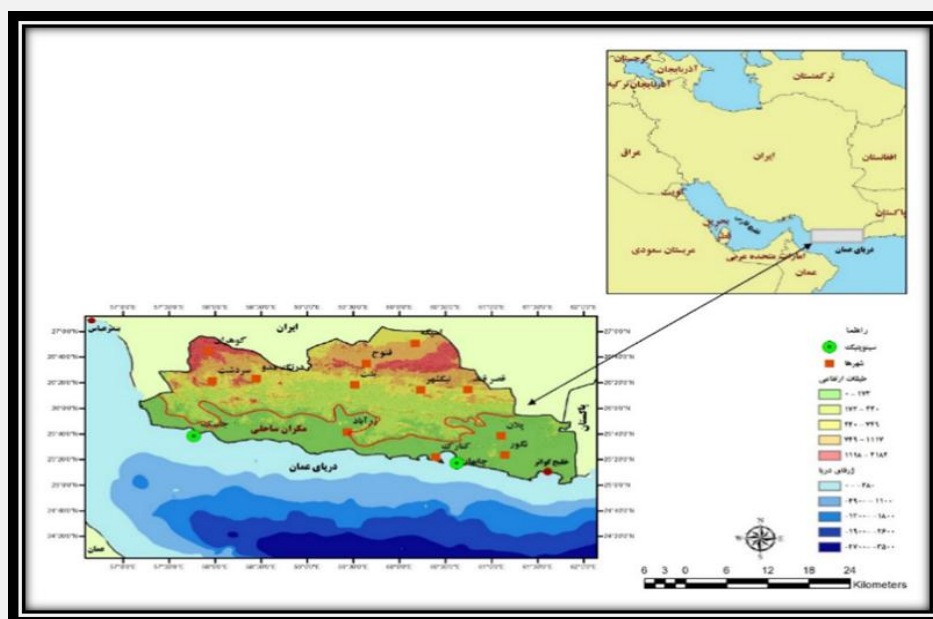
به سواحل و دریا نتایج بسیار قابل قبولی ارائه کرده است. پس هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیرات پارامترهای اقلیمی (دما، فشار، و سرعت باد) بر الگوی نوسانات تراز آب به صورت پیش‌بینی تغییرات سالانه، ماهیانه، و فصلی در دوره زمانی بیست‌ساله در سواحل شمالی دریای عمان و توجیه فیزیکی آن است.

مواد و روش‌ها

دریای عمان با شکل مثلثی بین کشورهای ایران، عمان، و پاکستان قرار دارد. این دریا در ارتباط مستقیم و گسترده با دریای عرب و اقیانوس هند است و جزو دریا‌های عمیق به‌شمار می‌رود که عمق آن به بیش از ۳۴۰۰ متر می‌رسد. حداکثر عمق آب در محدوده آب‌های ساحلی ایران بیش از ۲۰۰۰ متر است. جلگه ساحلی ایران در مجاورت دریای عمان از حدود بندرعباس در تنگه هرمز تا گواتر در مرز با کشور پاکستان امتداد می‌یابد. حداکثر عرض این جلگه به حدود ۳۰ کیلومتر می‌رسد (صفرقلی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱).

گستره مورد مطالعه از نظر شبکه‌بندی جغرافیایی، از شرق بندر جاسک، به ترتیب دارای طول و عرض جغرافیایی ۴۶° ۵۷° شرقی و ۴۰° ۲۵° شمالی تا خلیج گواتر در انتهای ترین نقطه جنوب شرقی ایران و جنوب غربی پاکستان، به ترتیب دارای طول و عرض طول جغرافیایی ۳۱° ۶۱° شرقی و ۱۰° ۲۵° شمالی است (شکل ۱).

در جدول ۱ موقعیت ایستگاه‌های سنجش جزرومد مرکز ملی کارتوگرافی ایران واقع در سواحل شمالی دریای عمان براساس سال تأسیس اندازه‌گیری داده‌های جزرومدی نمایش داده شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی

جدول ۱. ایستگاه‌های جزرومدسنج مرکز ملی کارتوگرافی ایران
(سازمان نقشه‌برداری کشور)

| سال تأسیس | مختصات جغرافیایی | ایستگاه‌ها |
|-----------|------------------|------------|
| ۱۳۷۶ | 25°40'N, 57°46'E | جاسک |
| ۱۳۶۹ | 25°17'N, 60°37'E | چابهار |

برای محاسبه میانگین تراز دریا از داده‌های جزرومدسنج‌های متعلق به سایت^۱ IOC در ایستگاه‌های آب‌نگاری بندر جاسک و بندر چابهار به‌صورت ماهیانه طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است. جزرومدسنج‌های ایستگاه‌های اشاره‌شده در هر شبانه‌روز، ۱۴۴۰ داده ارائه و در واقع تراز سطح آب را در هر دقیقه ثبت می‌کنند. بنابراین، نخست داده‌های سی‌دقیقه‌ای به داده‌های ساعتی و سپس به‌صورت داده‌های روزانه و نهایتاً به‌صورت ماهیانه تبدیل شدند. با استفاده از اطلاعات موجود در سازمان هواشناسی کشور از سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۶، داده‌های فشار، دما، و سرعت باد در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌صورت میانگین استفاده شد و در نمودارها از میانگین‌های ماهیانه، فصلی، و سالانه نیز بهره جسته شد. در این بخش آنالیزهای رگرسیونی غیرخطی در مورد هر دو ایستگاه انجام شده است. بدین‌منظور، پردازش داده‌ها به روش الگوریتم درخت تصمیم‌گیری با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب انجام شده است. الگوریتم درخت تصمیم‌گیری یکی از جدیدترین و مؤثرترین الگوریتم‌های فراابتکاری است که توانایی ایجاد رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی را دارد. بنابراین، با روش تست و آموزش تغییرات پارامترها سعی شد تا اختلاف موجود میان نتایج مدل و اندازه‌گیری به حداقل ممکن و به محدوده قابل قبول (آزمون) برسد. برای صحت‌سنجی و درک میزان دقت پارامترهای مورد پژوهش و مدل‌های ایجادشده توسط رابطه مدل نهایی درخت تصمیم‌گیری براساس شاخص آماری، نمودارهای گرافیکی ترسیمی و ضرایب همبستگی به‌دست‌آمده از روش عملیات میدانی در محدوده منطقه مطالعاتی به‌صورت بصری، پایش زمینی، و تأیید نقاط کنترل انجام پذیرفت که با تطبیق پدیده‌های ژئومورفیک واقع در محیط‌های منطقه از جمله تالاب‌های جزرومدی، کانال‌های جزرومدی، و خورها (جدول ۴) با توجه به داغ آب و آثار مورفولوژیک تحت تأثیر فرایندهای مورفودینامیکی جزرومد در آن‌ها (شکل‌های ۱۱ و ۱۲) و نیز با استناد به نتایج تحقیقات دیگران در بخش‌هایی از منطقه و همچنین گل‌بادهای ایستگاه‌های سینوپتیک جاسک و چابهار انطباق‌سنجی شده‌اند.

الگوریتم فراابتکاری (الگوریتم درخت تصمیم)

در این پژوهش از الگوریتم داده‌کاوی درخت تصمیم رگرسیونی^۲ (CART) به‌عنوان یکی از انواع درختان تصمیم رگرسیونی برای پیش‌بینی روند تغییرات در بازه زمانی کوتاه استفاده شده است.

ساختار این درختان بر سه اصل استوار است (ونگ و ویتن، ۱۹۹۷: ۱۳۲):

۱. مجموعه‌ای از سوالات به شکل $x \leq d$? که در آن x یک متغیر مستقل و d یک مقدار ثابت است و جواب هر سؤال بله یا خیر است؛

۲. بهترین معیار شاخه‌زدن جهت انتخاب بهترین متغیر مستقل برای ایجاد شاخه جدید؛

۳. ایجاد آمار خلاصه برای گره انتهایی.

معیارهای متفاوتی برای ایجاد شاخه و تولید درخت تصمیم وجود دارد، اما از آنجا که در پژوهش حاضر به کاربرد درخت تصمیم غیرخطی پرداخته شده است، معیار مورد استفاده در این مدل، که انحراف حداقل مربعات (LSD) نام دارد، تشریح می‌شود. این معیار به‌صورت رابطه^۱ تعریف می‌شود:

$$SS(t) = \sum_{i=1}^{N_t} (y_i(t) - \bar{y}(t))^2 \quad (1)$$

1. Intergovernmental Oceanographic Commission
2. classification and regression tree

$SS(t)$: معیاری برای ایجاد شاخه و تولید درخت تصمیم.

Ntt : تعداد رکوردها (داده‌ها) در گره برگ t .

$Y_i(t)$: مقدار خروجی (متغیر هدف در گره برگ).

$\bar{Y}(t)$: میانگین مقادیر متغیر هدف برای همه گره‌ها.

حال متغیر ورودی S زمانی بهترین متغیر برای ایجاد شاخه در گره t است که مقدار $Q(s,t)$ را بیشینه کند.

$$Q(s,t) = ss(t) - ss(tR) - SS(tL)$$

که در آن $ss(tR)$ و $SS(tL)$ به ترتیب میزان $ss(t)$ در شاخه سمت راست و سمت چپ گره t است. در این فرایند داده‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱. داده‌های آموزشی؛ ۲. داده‌های آزمایشی؛ به طوری که در این پژوهش ۷۰ درصد از کل داده‌ها به آموزش مدل تعلق دارد و ۳۰ درصد باقی‌مانده داده‌های آزمون به مدل معرفی شده است. انتخاب داده‌های آموزشی و آزمونی به صورت سیستماتیک و توسط کاربر انجام شده و بدیهی است که از داده‌های آزمون در مرحله آموزش استفاده نشده است.

پارامترهای مورد استفاده در شبیه‌سازی

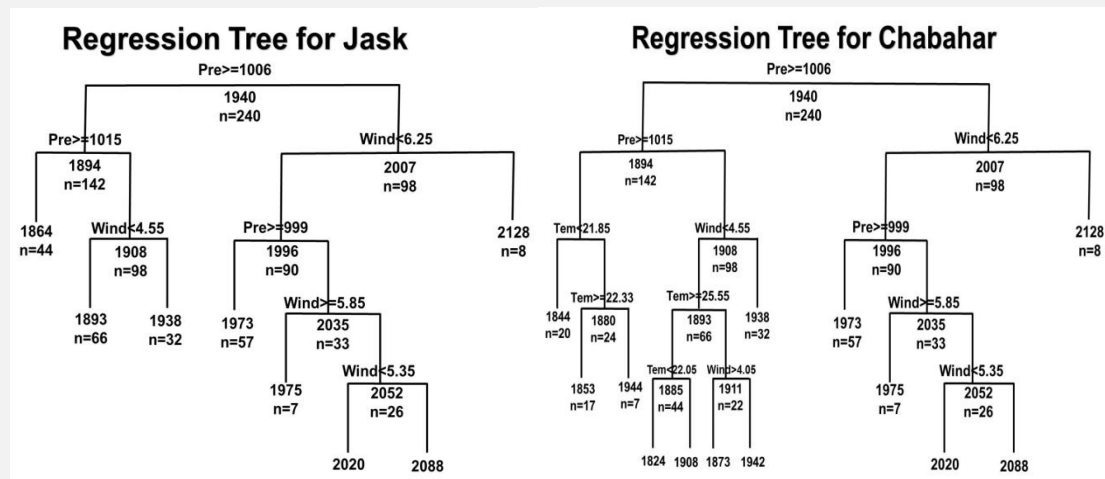
در شبیه‌سازی با استفاده از مدل درخت تصمیم‌گیری از عناصر مختلفی استفاده شده است. این عناصر به عنوان متغیر مستقل به مدل معرفی شده و شبیه‌سازی‌ها برای پیش‌بینی متغیر هدف انجام گرفته است. جدول ۲ متغیرهای مستقل مورد استفاده در این تحقیق و علائم اختصاری آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. معرفی پارامترهای ورودی مدل (دوره آماری ۱۹۹۷-۲۰۱۶)

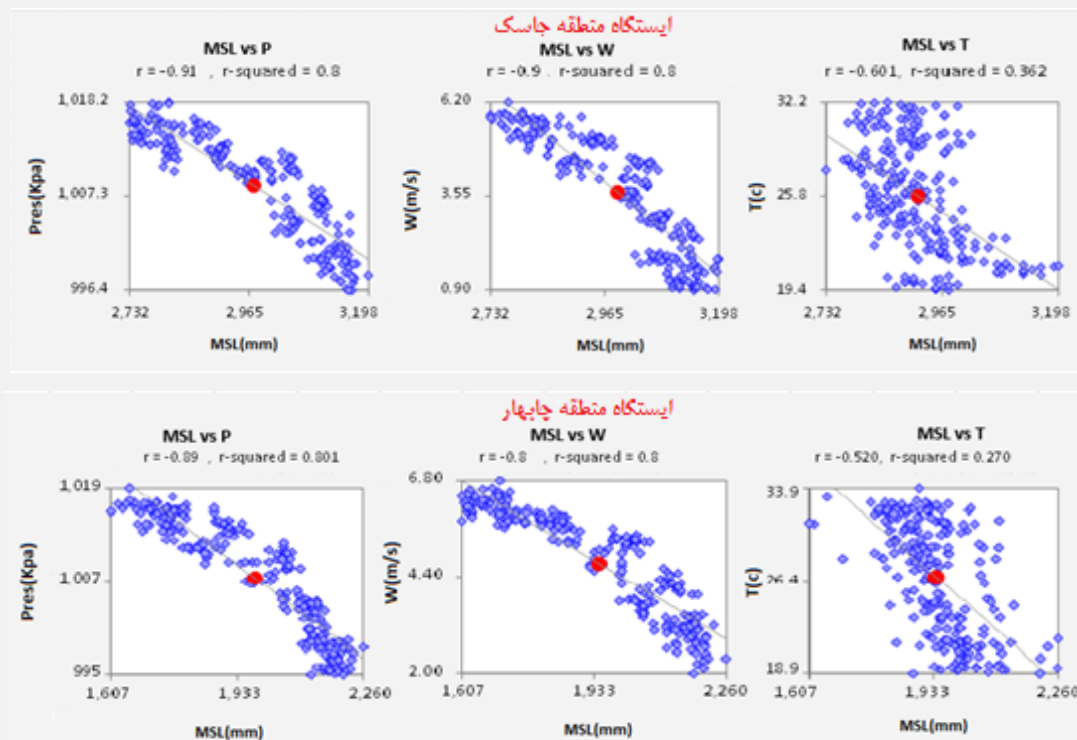
| علامت اختصاری | عناصر ورودی | حداکثر | | حداقل | | میانگین | |
|---------------|------------------------------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|
| | | جاسک | چابهار | جاسک | چابهار | جاسک | چابهار |
| Tem | دما (سانتی‌گراد) | ۳۳.۹ | ۳۲.۲ | ۱۹.۴ | ۱۸.۹ | ۲۸.۷۵ | ۲۶.۵۱۵ |
| Wind | باد (متر بر ثانیه) | ۶.۸ | ۶.۲ | ۲ | ۰.۹ | ۴.۴۱ | ۲.۹۹۴ |
| Pre | فشار (پاسکال) | ۱۰۱۹ | ۱۰۱۸ | ۹۹۵.۷ | ۹۹۶.۴ | ۱۰۰۸ | ۱۰۰۸ |
| MSL | میانگین تراز دریا (میلی‌متر) | ۳۱۹۸ | ۲۲۶۰ | ۲۷۳۲ | ۱۶۰۷ | ۲۹۴۴ | ۱۹۴۰ |

یافته‌های پژوهش

مدل با سه متغیر مستقل شامل دما، فشار، و باد و در ۲۴۰ سطر داده اجرا شده است. ذکر این نکته لازم است که از این تعداد، ۷۲ سطر در مرحله آموزش و ۱۶۸ سطر در مرحله آزمون استفاده شده است. ساختار درخت ایجاد شده در این حالت در شکل ۲ مشاهده می‌شود که مدل درخت تصمیم در منطقه جاسک از سه پارامتری که در اختیار داشته، فشار و سرعت باد را اجرا کرده و درخت براساس این دو پارامتر عمل کرده است که مدل از پارامتر دما در ساخت درخت تصمیم استفاده نکرده و به عنوان پارامتر مؤثر انتخاب نشده است. همچنین، در منطقه چابهار از هر سه پارامتر در مدل استفاده شده است. در ادامه، کارایی درخت تصمیم ایجاد شده با استفاده از نمودار نقطه‌ای که به ترتیب مربوط به جاسک و چابهار است نشان داده شده است. شکل ۳ نتایج مدل درخت تصمیم‌گیری و مقادیر واقعی آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲. ساختار درخت تصمیم ایجادشده



شکل ۳. عملکرد مدل نهایی ایجادشده با الگوریتم درخت تصمیم‌گیری در پیش‌بینی کل داده‌های استفاده‌شده در جاسک و چابهار

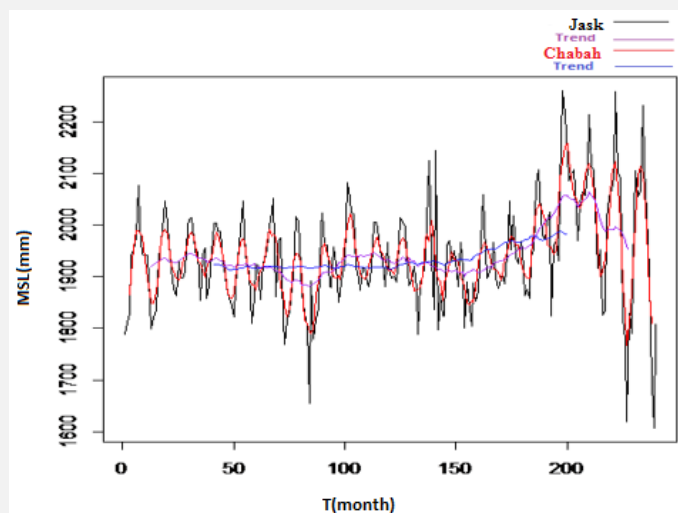
مدل ایجادشده فوق در پیش‌بینی مقادیر از کارایی بسیار زیادی برخوردار است. مدل مزبور در غالب بازه‌های زمانی دوازده‌ماهه، پیش‌بینی‌های خود را نزدیک به مقادیر واقعی انجام داده است. به عبارتی، درخت ایجادشده با استفاده از داده‌ها روند پیش‌بینی خوبی داشته است و توانسته تغییرات را به‌خوبی شبیه‌سازی کند؛ به‌طوری‌که تقریباً همه داده‌ها در مجاورت و به فاصله کم از خط بهینه (Fit Line) خطی است که همه نقاط واقع‌شده در روی آن دارای مقادیر پیش‌بینی‌شده و مشاهداتی برابر هستند) قرار دارند. جدول ۳ مرتبط با شاخص‌های آماری استفاده‌شده به‌منظور ارزیابی دقت مدل مناطق است. همان‌طورکه در جدول ۳ نشان داده شده است، مقادیر حاصله از کل داده‌ها، داده‌های آموزش، و

داده‌های تست برای پارامترهای ورودی بیانگر آن است که داده‌های مربوط به منطقه جاسک از دقت بسیار زیادی برخوردار است و مدل توانسته آن‌ها را بهتر پیش‌بینی کند.

در شکل ۴ نیز نتایج پیش‌بینی و روند مربوط به منطقه جاسک و چابهار نشان می‌دهد که مدل به خوبی توانسته است روند MSL را پیدا کند و پیش‌بینی‌های مربوطه را انجام دهد.

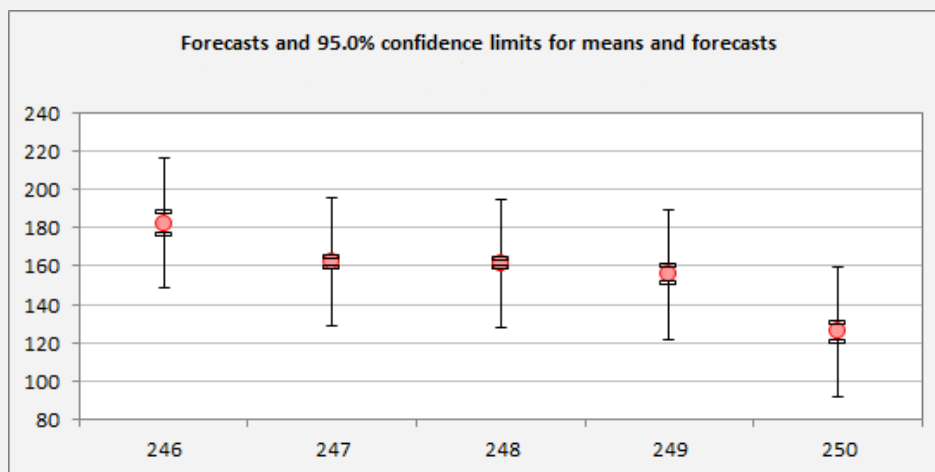
جدول ۳. کیفیت نتایج در پیش‌بینی با استفاده از روش CART

| منطقه | متغیر هدف | متغیر مستقل | R ² | | | MAE | | | RMSE | | |
|--------|-----------|------------------|----------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|
| | | | کل | آموزش | تست | کل | آموزش | تست | کل | آموزش | تست |
| جاسک | MSL | فشار و باد | ۰٫۸۱ | ۰٫۷۶ | ۰٫۷۸ | ۰٫۷۹ | ۰٫۸۹ | ۰٫۸۳ | ۷٫۰۴ | ۸٫۰۰ | ۷٫۳۱ |
| چابهار | MSL | دما، فشار، و باد | ۰٫۷۵ | ۰٫۷۱ | ۰٫۷۴ | ۰٫۹۶ | ۰٫۹۴ | ۰٫۹۸ | ۷٫۱ | ۷٫۳۵ | ۷٫۲۰ |



شکل ۴. روند پیش‌بینی MSL در دو منطقه جاسک و چابهار

همچنین، با توجه به شکل ۴، پیش‌بینی‌های انجام‌گرفته ارزیابی شد و نتایج حاکی از این است که این مدل می‌تواند با دقت زیاد و در سطح ۹۵ درصد اطمینان داده‌های منطقه را پیش‌بینی کند (شکل ۵).

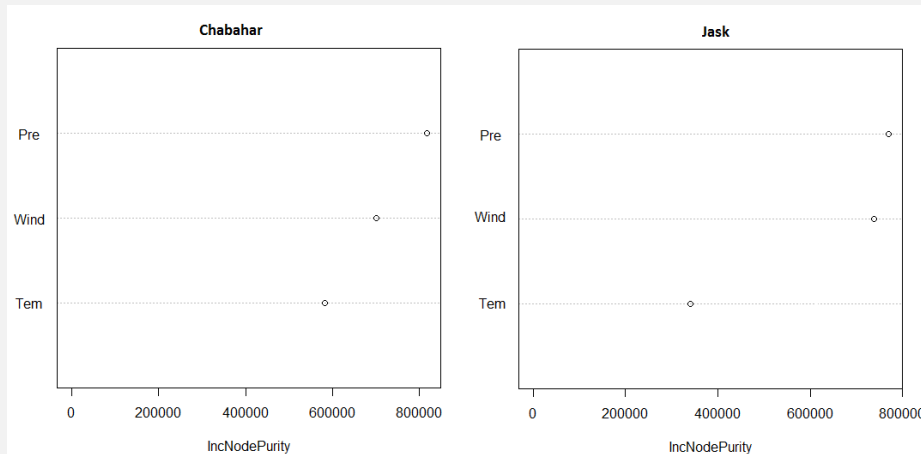


شکل ۵. ارزیابی داده‌های پیش‌بینی‌شده تا سطح ۹۵ درصد اطمینان

برای مشخص شدن مهم‌ترین پارامترهای ورودی در مدل از شاخص VI^1 یا اهمیت متغیر استفاده شده که در شکل ۶ نمایش داده شده است و رابطه آن به صورت رابطه ۲ است.

$$Imp(X_m) = \frac{1}{N_T} \sum_T \sum_{t \in T: v(s_t) = X_m} p(t) \Delta i(s_t, t) \quad (2)$$

در رابطه ۲، X_m اهمیت متغیر، N_T کل داده‌های درخت، $p(t) \Delta i(s_t, t)$ مجموع وزن ناخالص در گره‌هاست. جایی که $p(t)$ نسبت N / N_T و $v(s_t)$ متغیر استفاده شده در شاخه s_t است.

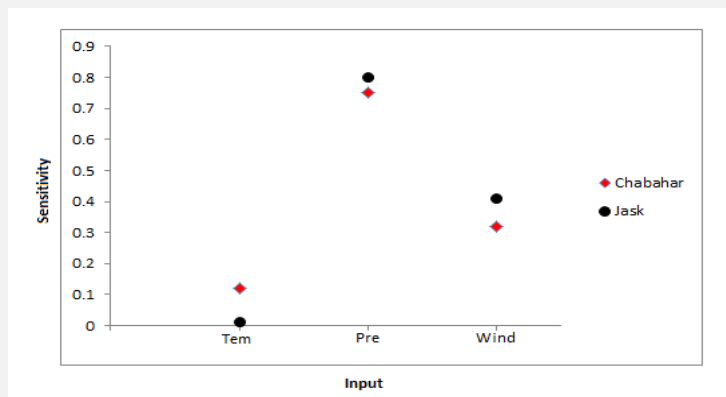


شکل ۶. مهم‌ترین پارامتر ورودی در درخت تصمیم

نتایج آنالیز حساسیت در شکل ۷ نشان می‌دهد که در هر دو منطقه چابهار و جاسک پارامتر فشار بیشترین تأثیر را در عملکرد مدل داشته است (شکل ۷).

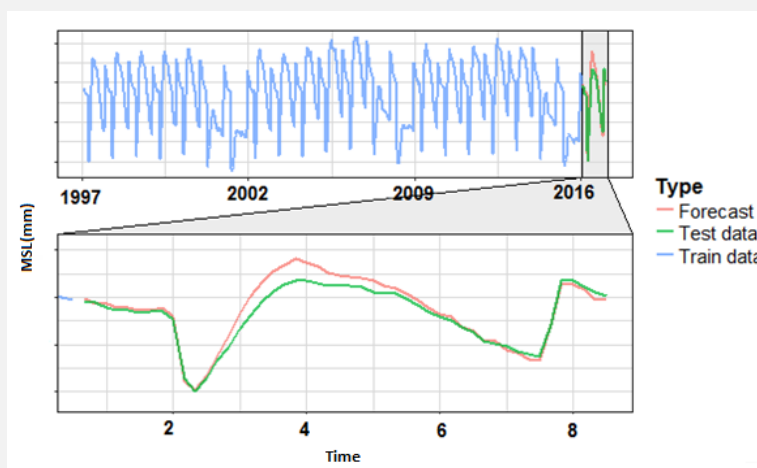
$$\text{Var}_{X_i} (E_{X_{-i}} (Y | X_i)) \quad (3)$$

«Var» و «E» به ترتیب واریانس و مقادیر ورودی و X_{-i} مجموع همه متغیرهای ورودی به جز X_i را نشان می‌دهد و Y نیز متغیر پاسخ است.



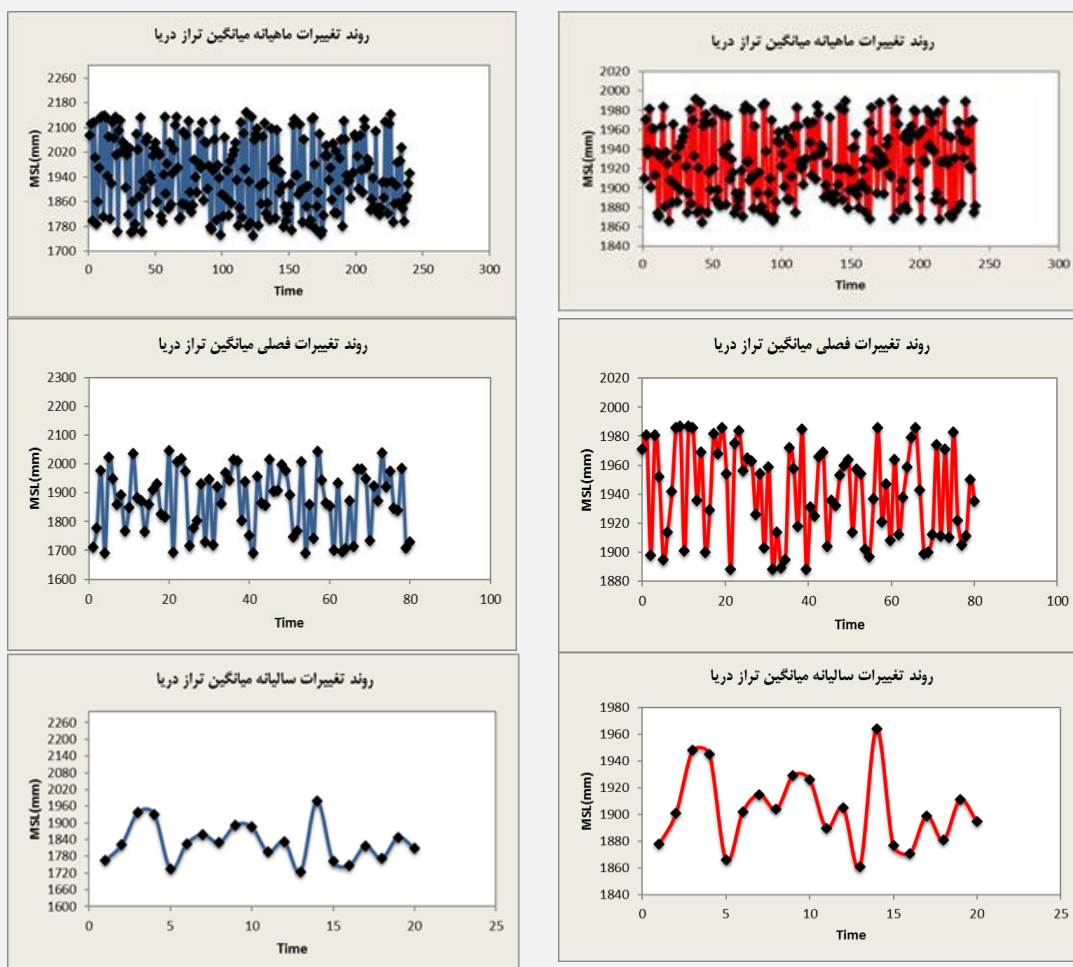
شکل ۷. آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی درخت تصمیم

همچنین شکل ۸ عملکرد مدل در داده‌های تست، آموزش، و پیش‌بینی را نشان می‌دهد.



شکل ۸. عملکرد مدل در داده‌های کل، پیش‌بینی، تست، و آموزش

روند تغییرات فصلی، ماهیانه، و سالیانه میانگین تراز آب دریا در شکل ۹ برای ایستگاه‌های جزرومدسنج دو منطقه جاسک (رنگ قرمز) و چابهار (رنگ آبی) نشان داده شده است.

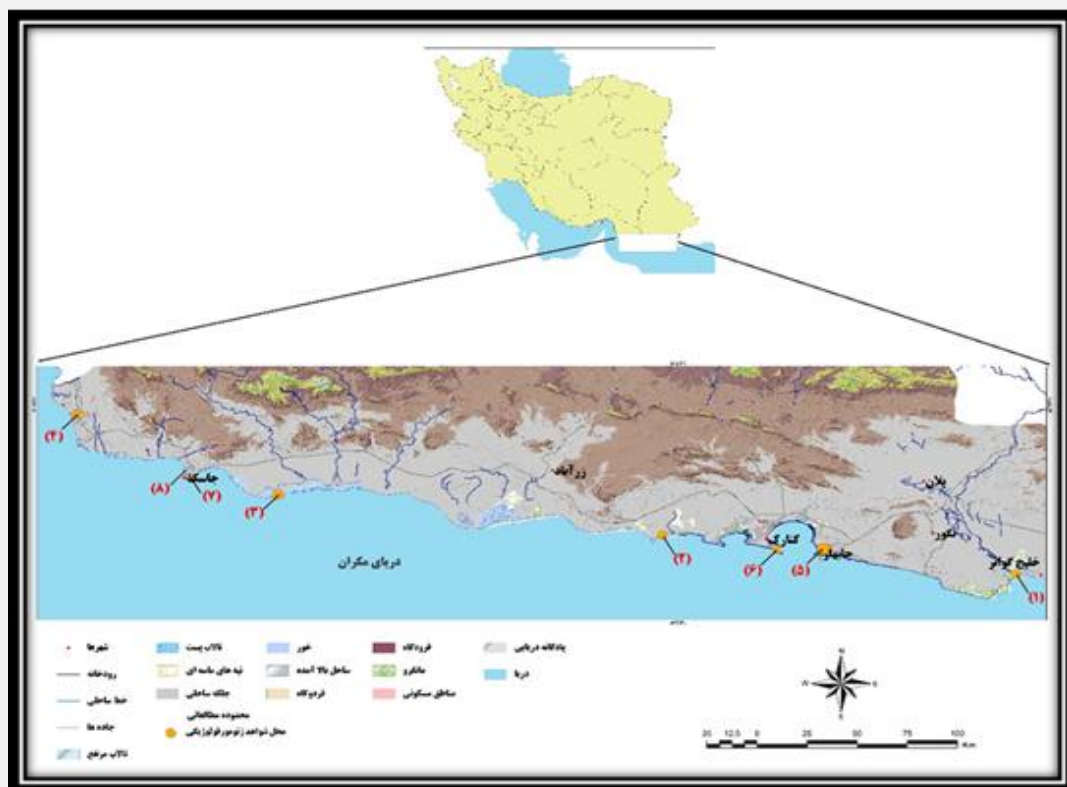


شکل ۹. روند تغییرات ماهیانه، فصلی، و سالیانه میانگین تراز آب دریا در ایستگاه‌های جزرومدسنج جاسک و چابهار

در پهنه مطالعاتی، در محیط‌های واقع در نوار خط ساحلی، به لحاظ اینکه سواحل دلتایی بسیار کم‌شیب‌اند، تحت تأثیر حرکات آب دریا به‌ویژه جزرومد، لندفرم‌های متعددی در امتداد خطوط ساحلی آن‌ها شکل گرفته است. برعکس، در بخش‌هایی از نوار خط ساحلی، که امتداد ناهمواری‌ها و سازندهای اصلی به ساحل نزدیک شده، به همین نسبت از تنوع و گستردگی زیرمحیط‌ها کاسته شده است. به‌صورت کلی با پیمایش و بازدیدهای میدانی در سواحل منطقه مطالعاتی، پدیده‌های ژئومورفولوژیک متأثر از عامل مورفودینامیکی جزرومد و جریان‌ها با توجه به آثار مورفولوژیک و داغ آب به شرح جدول ۴ تفکیک شد. بر این اساس، محل پراکندگی شواهد ژئومورفولوژیکی نمونه برداشت‌شده در شکل ۱۰ و همچنین نمایی از محل‌های یادشده در شکل ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۴. ارتباط عامل مورفودینامیک جزرومد و جریان‌های تغییردهنده خطوط ساحلی و لندفرم‌های ساخته‌شده

| متغیرها | عامل مورفودینامیکی | تأثیر مورفودینامیکی | لندفرم | شواهد ژئومورفولوژیکی منطقه مطالعاتی |
|---------------|--------------------|---|---|---|
| حرکات آب دریا | جزرومد | رفت و برگشت روزانه آب به نوار ساحلی | خور، تالاب، کانال‌های جزرومدی، سبخا و ... | خورها: میدانی، گالک، تنگ، کهپیر، سرگان، گواتر، کلات، درنگو، بیردف، کنارک، کیژداب و میچ کر، کاشی، مجگر، گابریک، جگین، کهنه، شهرنو، جاسک، چلیپی تالاب‌ها: کوه مبارک، خلیج جاسک، سورگلم، باهوکلات پهنه‌های جزرومدی: اراضی مصب رودخانه گز و نوار ساحلی، حدفاصل شرقی بندر سورگلم تا بندر گوکسر |
| | | جریان‌های جزرومد، جریان‌های طولی، جریان‌های عمومی و نقل و انتقال مواد رسوبی ریزدانه | پیکان‌ها و سدهای ساحلی و ... | سد ماسه‌ای: رودخانه‌های جگین، گابریک، سدیچ، و باهوکلات |



شکل ۱۰. نقشه پراکندگی شواهد ژئومورفولوژیکی نمونه در گستره منطقه مطالعاتی



شکل ۱۱. نمایی از شواهد ژئومورفولوژیکی نمونه در منطقه مطالعاتی (از شرق به غرب) خور و سد ساحلی باهوکلالت (۱)؛ خور تنگ (۲)؛ تالاب سورگلم (۳)؛ پهنه جزرومدی ساحل گزی (۴)

بحث و نتیجه‌گیری

پدیده جزرومد بیشترین تأثیر را در محدوده خط ساحلی دارد. با جابه‌جاشدن امتداد خط ساحلی در نتیجه جزرومد، امواج و جریان‌های ساحلی این امکان را پیدا می‌کنند که بر خط ساحلی با ایجاد اشکال ژئومورفولوژی ساحلی تأثیر بگذارند. اگرچه جریان عمومی آب دریا با تغییر سرعت فصلی باد به صورت یک حرکت چرخشی برخلاف عقربه‌های ساعت در دریای عمان و تنگه هرمز در سرتاسر سال وجود دارد، امواج مایل جنوب شرقی در طول خط ساحل به سمت مغرب حرکت می‌کنند، جریان تدریجی رسوب به سمت مغرب باعث تشکیل پیکان‌های ساحلی و در نهایت تشکیل تالاب‌های جزرومدی می‌شود (یمانی، ۱۳۷۸: ۲۳). براساس اینکه جریان‌های جزرومدی از تناوب و میزان نوسان جزرومد حاصل می‌شوند، نوسانات درازمدت جریان‌های جزرومدی، یکی از عوامل عمده ناشی از دینامیک دریایی، در شکل‌زایی و فرسایش خط ساحلی در محدوده مطالعاتی نقش دارند.

مدل نهایی در جدول ۵ نشان داده شده است و، همان‌طور که در شکل ۲ نیز مشخص است، به دلیل اینکه پارامتر دما نتوانسته در درخت تصمیم متغیر پاسخ را پیش‌بینی کند، از مدل حذف شده است و معادله نهایی میانگین تغییرات در منطقه جاسک $(W^{(0.71)} + 7.208 P^{(0.195)} - 11.092 T^{(1.02)} - MSL = 13.197 + 5.619 T^{(1.02)})$ و در منطقه چابهار $(W^{(0.316)} + 2.776 W^{(0.87)} - 1.596 P^{(0.89)} - 4.520 + 1.529 T^{(1.089)})$ برابر جدول زیر به دست آمده است.

جدول ۵. مشخصات پارامترها و مدل نهایی تراز آب برای مناطق چابهار و جاسک

| ایستگاه با داده‌های جزرومدسنجی | ضرایب | ضریب دما | ضریب فشار | ضریب باد | روند تغییر تراز آب در ماه (mm) |
|--------------------------------|--------|----------|-----------|----------|--------------------------------|
| جاسک | ۱۳/۱۹۷ | ۵/۶۱۹ | -۱۱/۰۹۲ | ۷/۲۰۸ | ۰/۲۵۸ |
| چابهار | ۴/۵۲۰ | ۱/۵۲۹ | -۱/۵۹۶ | ۲/۷۷۶ | ۰/۱۰۱ |

نوسانات MSL جزو روش‌های عمومی تحلیل به‌شمار می‌رود. بنابراین، پیش‌بینی دقیق می‌تواند شرایط را برای ارزیابی وضعیت آن فراهم کند. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پیش‌پردازش داده‌ها در عملکرد مدل درخت تصمیم غیرخطی در پیش‌بینی MSL در دو منطقه جاسک و چابهار بود.

براساس شواهد یا مطالعات میدانی، نوسان دامنه جزرومد به‌طور متوسط در منطقه چابهار ۱ تا ۱/۵ متر و در منطقه جاسک بیش از ۳ متر به‌خوبی در معادلات و نمودارهای به‌دست‌آمده برای هر منطقه نشان داده شده است (شکل ۱۲). این نتیجه با نتایج به‌دست‌آمده زیر هم‌خوانی دارد:



شکل ۱۲. شواهد نوسان دامنه جزرومد در ساحل خلیج چابهار (۵)؛ ساحل کنارک- منطقه سوم دریایی (۶)؛ ساحل شرقی دماغه جاسک- فرودگاه (۷)؛ ساحل غربی دماغه جاسک- فرودگاه (۸)

- جزرومد در دریای عمان نامنظم است و از خاور به باختر بیشتر می‌شود. در بخش خاوری حدود ۲ متر و در دهانه تنگه هرمز به حدود ۳/۵ متر می‌رسد. سرعت جزرومد در حاشیه شمالی دریای عمان به حدود ۲ گره دریایی می‌رسد (مرکز ملی پیش‌بینی و هشدار مخاطرات دریایی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی).
- ترسیم منحنی‌های هم‌جزرومد در تنگه هرمز، که دفتر هیدروگرافی نیروی دریایی آمریکا (۱۹۸۲) آن را انجام داده، در شکل ۱۳ دامنه کشند اطراف تنگه هرمز را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۱۳ مشخص است، دامنه کشند در ورودی تنگه هرمز به ۳ متر می‌رسد و در رأس تنگه به ۵/۴ متر افزایش می‌یابد.

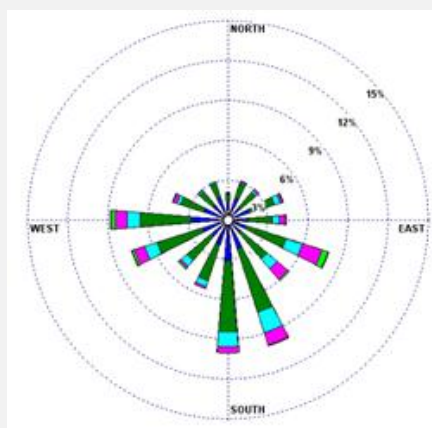
- اختلاف جزرومد در بخش شرقی دریای عمان در حدود ۲ متر است و به طرف تنگه هرمز این اختلاف بیش‌تر می‌شود و به ۳/۵ متر می‌رسد (رهنماراد و صاحب‌زاده، ۱۳۸۹: ۲۶۲).
- بدیهی است هر قدر شیب پسرکانه کمتر و دامنه جزرومد بیشتر باشد، میزان پیشروی آب دریا در خشکی بیشتر و وسعت تالاب‌های جزرومدی نیز بیشتر خواهد بود (یمانی، ۱۳۷۸: ۱۹).



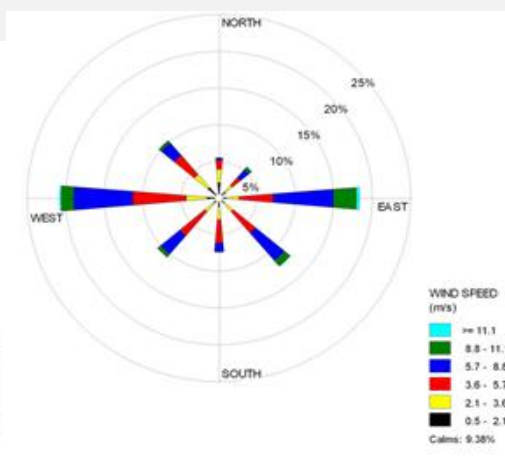
شکل ۱۳. منحنی‌های هم‌جزرومد در تنگه هرمز (دفتر هیدروگرافی نیروی دریایی آمریکا، ۱۹۸۲)

نتایج حاصل از این پژوهش در همه شبیه‌سازی‌های انجام‌گرفته نشان می‌دهد که پارامترهای فشار و باد در مدل نهایی مؤثرتر بوده که این موضوع نشان‌دهنده اهمیت این پارامترها در پیش‌بینی MSL در آینده است. افت فشار بارومتریک همراه طوفان باعث آشفته‌گی تراز دریا می‌شود؛ به این آشفته‌گی تراز دریا «مد طوفان» گویند که این آشفته‌گی همان بالآمدگی یا فروافتادگی تراز نرمال آب در آب‌های ساحلی به واسطه اندرکنش بین طوفان و سطح آب است (مهدی‌زاده، ۱۳۹۳: ۴۲). با استناد به اینکه باد نه تنها سبب ایجاد امواج مخرب می‌شود، گاه ممکن است جریان کشندی و وزش باد با هم به افزایش تراز آب کمک کنند (خیزآب هجومی) و موجب افزایش ارتفاع کشندها (جزرومد) شوند. نتایج مطالعه بیانگر این است که همبستگی خوبی بین سرعت باد و فشار با تغییرات تراز دریا وجود دارد. نتیجه مطالعه نوحه‌گر و همکاران (۱۳۸۹) نیز گویای این است که اگر سرعت باد عمود بر ساحل افزایش یابد، آب را به سمت ساحل جمع می‌کند و ارتفاع بالاتر می‌رود. بنابراین، بین ارتفاع آب بالآمده و سرعت باد نسبت مستقیمی وجود دارد. تغییرات فشار هوا در سطح دریا رابطه معکوس با تغییرات تراز آب منطقه دارد، یعنی با کاهش فشار هوا در سطح دریا ارتفاع آب بالا می‌آید و بالعکس (اثر وارونگی فشار). اما مهم‌ترین عامل تغییرات موقت تراز دریا باد است؛ هر چند تغییرات فشار نیز باعث تغییرات موقت تراز دریا می‌شود که در مقابل وزش باد به مراتب اثر کمتری دارد. بنابراین، با توجه به معادله غیرخطی، مشخص شد که همبستگی منفی قوی (۱۱/۰۹۲) فشار با تغییرات تراز آب در ایستگاه جاسک نسبت به ایستگاه چابهار وجود دارد.

از نظر فیزیکی، برای اثبات رابطه نزدیک بین سرعت باد و تغییرات تراز آب برابر ضریب همبستگی مثبت قوی (۷/۲۰۸+) به دست آمده در ایستگاه جاسک نسبت به ایستگاه چابهار، با استناد به گل‌باد سالانه ترسیمی (سازمان هواشناسی کشور؛ شکل‌های ۱۴ و ۱۵)، به خوبی الگوی رژیم باد حاکم بر منطقه جاسک نسبت به منطقه چابهار گویا و واضح است.



شکل ۱۵. گل باد ایستگاه سینوپتیک چابهار



شکل ۱۴. گل باد ایستگاه سینوپتیک جاسک

براساس رابطه مدل نهایی حاصل از الگوریتم، درخت تصمیم‌گیری در پیش‌بینی MSL با استفاده از داده‌های موجود تا ۹۵ درصد قابل اطمینان است. پس در بررسی دقیق‌تر فرایندهای حاکم بر محیط‌های پیرامون خط ساحلی مطالعه و پایش وضعیت جزرومد منطقه و پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار بر آن ضرورت می‌یابد.

سپاس‌گزاری

در اجرای این پژوهش از کمک و یاری استادان ارجمند و دوستان گرامی، دکتر محمدحسین فتحی و مهندس مصطفی واعظی، به‌منظور تجزیه و تحلیل یافته‌ها، صمیمانه سپاس‌گزاری می‌کنم. بایسته است از مساعدت و همکاری مدیریت آب‌نگاری سازمان نقشه‌برداری و سازمان هواشناسی کشور ایران در جهت ارائه داده‌ها تشکر و قدردانی کنم.

منابع

- آزرم‌سا، ع.؛ شفیعی، س. و کامیابی‌گل، ر. (۱۳۸۷). تغییرات ماهانه میانگین تراز سطح آب در خلیج فارس، دریای عمان، و شمال دریای عرب در ۱۹۹۴، *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۴(۲): ۸۳-۹۶.
- آزموده اردلان، ع. و طوریان، م. (۲۰۱۰). مدل‌سازی جزرومد در دریای عمان و خلیج فارس با استفاده از داده‌های ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای و تاییدگیج‌های ساحلی، *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۶: ۱۵-۲۵.
- ترابی آزاد، م. و هنرمند، م. (۱۳۹۵). بررسی تغییرات تراز دریا در اثر پارامترهای هواشناختی با استفاده از مدل‌های آماری در سواحل شمالی خلیج فارس، *مجله پژوهش علوم و فنون دریایی*، ۱۱(۱): ۵۳-۶۵.
- حسن‌زاده، ا. و علیزاده، ح. (۱۳۸۲). تراز دریا و تغییرات آب و هوا در سواحل خلیج فارس، *سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان*.
- رضایی، ا. (۱۳۸۷). *مطالعه نوسانات تراز آب دریا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و جزرومدسنجی در سواحل شمالی دریای عمان (چابهار و جاسک)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- رهنماد، ج. و صاحب‌زاده، ب. (۱۳۸۹). *زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی جنوب شرق ایران برای بازدیدهای صحرائی، زاهدان*، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان.
- صفاری، م. (۱۳۸۴). *گردش سطحی دریای عمان با استفاده از ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- صفرقلی، ا.؛ محمدی، ا.؛ نجارتبار، م.؛ حاج‌محمدی، ا. و سیدکریمی، م. (۱۳۹۴). *آمارنامه دریایی ایران*، چ ۲، تهران: انتشارات ستاد توسعه فناوری و صنایع دانش‌بنیان دریایی.
- گورابی، ا. و امامی، ک. (۱۳۹۶). تأثیرات نوزمین‌ساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران، جنوب شرق ایران، *مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۶(۱): ۷۴-۸۹.
- مشایخ‌پور، م.؛ عمادی، س.ر. و ترابی آزاد، م. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات فصلی دامنه مؤلفه‌های جزرومدی در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، *دوفصلنامه علمی- پژوهشی هیدروفیزیک*، ۲(۲): ۶۷-۷۷.
- مهدی‌زاده، م. و کسبی، م. (۱۳۹۳). پیش‌بینی ارتفاع امواج ناشی از مد طوفان در سواحل ایرانی دریای عمان، *مجله علوم و فنون دریایی*، ۱۳(۱): ۴۱-۵۰.
- نظریان، م. (۱۳۸۱). تعیین روند تغییرات دوسالانه سطح تراز دریا با استفاده از دو روش آلتی‌متری ماهواره‌ای و جزرومدسنجی در ناحیه دریای عمان - بندر چابهار، چاپ در *یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران*، تهران.
- نوحه‌گر، ا.؛ حسین‌زاده، م.م. و حیدرزاده، م. (۱۳۸۹). تأثیر عناصر اقلیمی محلی بر نوسانات کوتاه‌مدت تراز دریا (مطالعه موردی: سواحل شمالی تنگه هرمز - بندرعباس)، *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱(۱ و ۲): ۷۷-۸۸.
- نوحه‌گر، ا. و حسین‌زاده، م. (۱۳۹۰). دینامیک دریا و عوامل مؤثر بر نوسانات تراز دریا در تحول قاعده دلتاهای شمال تنگه هرمز، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۲(۳): ۱۲۵-۱۴۲.
- نوحه‌گر، ا. و یمانی، م. (۱۳۸۵). *ژئومورفولوژی ساحل شرقی تنگه هرمز با تأکید بر فرسایش بادی*، هرمزگان، انتشارات دانشگاه هرمزگان.
- یمانی، م. (۱۳۷۸). اثر حرکات آب دریای عمان در تشکیل و تکامل تالاب‌های جزرومدی، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۷: ۱۹-۳۴.

یمانی، م. و محمدنژاد، و. (۱۳۹۲). ژئومورفولوژی ساحلی، چ ۲، تهران: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

- Akbari, P.; Sadrinasab, M.; Chegini, V. and Siadatmousavi, M. (2017). Tidal Constituents in the Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea, a Numerical Study, *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(8): 1010-1016.
- Ardalan, A.A. and Toorian, M.J. (2010). A new tidal model for the Persian Gulf and Oman Sea based on satellite altimetry and coastal tidal gauge observations, *Journal of the Earth and Space Physics*, 36(3): 15-25 (In Persian)
- Azarmsa, A.; Shafiee, S. and Kamyabi Gol, R. (2008). Sea level mean monthly variations in the Persian Gulf, Oman Sea and the North of the Arabian Sea, in 1994, *Journal of the Earth & Space Physics*, 34(2): 83-96 (In Persian).
- British Admiralty Org (1982). *The Persian Gulf Pilot and its Approaches*, Twelfth Edition.
- Gurabi, A. and Emami, K. (2017). Neotectonics influences on morphological variations of Makran costal basins, *SE Iran*, 6(1): 74-89 (In Persian).
- Hassanzadeh, A. and Alizadeh, H. (2003). Sea Level and Climate Change on the Gulf Coastal, *Third Regional Conference and First National Conference on Climate Change*, Isfahan (In Persian).
- IOC. (1985). *Manual on sea-level measurement and interpretation*, Vol. 1 - Basic procedures, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides, No. 14. IOC, Paris.
- Mahdizadeh, M.M. and Kasbi, M.N. (2014). Estimation of Storm Surge Dominated Wave Height in Iranian Coastlines of Oman Sea, *Journal of Marine Science and Technology*, 13(1): 41-50 (In Persian).
- Mahongo, S.B. (2009). The changing global climate and its implication on sea level trends in Tanzania and the Western Indian Ocean Region, *Journal of Marine Science*, 8(2): 147-159.
- Mashayekhpour, M.; Emadi, S.R. and Torabi Azad, M. (2017). Study of seasonal variations of tidal components in the northern coasts of Persian Gulf and Oman Sea, *Journal of Two Hydrological Research Series*, 2(2): 67-77 (In Persian).
- National Cartographic Center of Iran (NCC) P.O. Box 13185 1684 Maraj Ave. Azadi Sq. Tehran IRAN.
- Nazarian, M. (2001). *Determination of the biennial variation of sea level levels using two satellite and satellite telescopes in the Oman Sea area - Chabahar Port*, Published at the Eleventh Iranian Geophysical Conference, Tehran (In Persian).
- Noahegar, A.; Hosseinzadeh, M. and Heidarzadeh, M. (2010). Impact of local climatic factors on short-term fluctuations of the equilibrium. Case study: North Coast of Strait of Hormoz-Bandar Abbas, *Clinical Research Journal*, 1(1-2): 77-88 (In Persian).
- Noahegar, A. and Yamani, M. (2010). *Geomorphology of the East Coast of Hormoz Strait with Emphasis on Wind Erosion*, Hormozgan University Press, Hormozgan (In Persian).
- Nohegar, A. and Hosseinzadeh, M.M. (2011). Sea Dynamics and the Factors Affecting Sea Level Fluctuations the Evolution of the Deltas Base in Northern Strait of Hormuz, *Journal of Geography and Environmental Planning*, 43(3): 125-142 (In Persian).
- Quinlan, J.R. (1992). Learning with continuous classes, In: Proc.AI 92 (Fifth Australian Joint Conf. on Artificial Intelligence) (ed. By A.Adams & L. Sterling), pp. 343-348.
- RahnamaRad, G. and Sahebzadeh, B. (2010). *Geology and geomorphology of south east Iran for field visits*, First edition, Islamic Azad University, Zahedan, Zahedan (In Persian).

- Rezaei, A. (2008). *Study of sea level fluctuation fluctuations using satellite and tidal data in the northern coasts of the Oman Sea (Chabahar and Jask)*, Master's thesis, Professor Dr. Kamran Lari, PhD in the field of marine physics, Islamic Azad University, North Tehran Branch (In Persian).
- Safargholi, A.; Mohammadi, A.; Najartbar, M.; Haj Mohammadi, A. and Sayed Karimi, M. (2015). *Marine Statistics of Iran*, Second Edition, Publication of Chief of Technology Development and Marine Knowledge Industry, Tehran (In Persian).
- Safari, M. (2005). *Oman Sea Surface Surface Using Satellite Surface Altitude*, Master's Thesis, Isfahan University (In Persian).
- Srivastava, K.P. (2016). Forecasting Arabian Sea level rise using exponential smoothing state space models and ARIMA from TOPEX and Jason satellite radar altimeter data, *Meteorological Applications Meteorol*, 23: 633-639.
- Sultan, S.A.R.; Ahmad, F.; Elghribi, N.M. and Al subhi, A.M. (1995). An analysis of Persian Gulf monthly mean sea level, *Continental Shelf Research*, 15(11/12): 1471-1482.
- Torabi Azad, M. and Honarmand, M. (2015). Investigation of sea level changes due to meteorological parameters using statistical models in the north coast of Persian Gulf, *Journal of Marine Science and Technology*, 11(1): 53-65 (In Persian).
- Wang, Y. and Witten, I.H. (1997). Inducing model trees for continuous classes, In V. Someren, Maarten, & G. Widmer(Eds.), *Poster Papers: 9th European Conference on Machine Learning*, pp. 128-137.
- Wunsch, C.; Hansen, D.V. and Zetler, B.D. (1969). Fluctuations of the Florida Current inferred from sea level records, *Deep-Sea Research*, 16: 447-470.
- www.inio.ac.ir
- Yamani, M. (1999). The effect of Oman Sea water motions on the formation and development of tidal wetlands, *Journal of Geographical Research*, 37: 19-34 (In Persian).
- Yamani, M. and MohammadNejad, V. (2013). *Coastal Geomorphology*, Second Edition, Tehran University Press, Tehran (In Persian).