

ارتباط بین ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوزه‌های آبخیز و شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو (مطالعه موردی: استان هرمزگان)

عاطفه روان‌پاک^{۱*}، یحیی اسماعیل‌پور^۲، علیرضا کمالی^۳



چکیده

در مورد جنگل‌های مانگرو، شناخت عوامل محیطی مؤثر بر این اکوسیستم‌ها نخستین گام در مدیریت پایدار آنها است. در این پژوهش ساختار زهکشی حوزه‌های آبخیز از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۳۰ متر استخراج شد و ۸۱ حوزه در خط ساحلی استان هرمزگان شناسایی و تفکیک شد. سپس ۲۲ متغیر مورفولوژیک هر یک از حوزه‌ها با استفاده از روش‌های محاسباتی و امکانات نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج شد. در مرحله بعد روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای کاهش تعداد متغیرها و شناسایی مهم‌ترین عوامل دارای همبستگی با شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو استفاده شد. بر اساس نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شش ویژگی حوزه‌های آبخیز به عنوان متغیر مستقل شناسایی و به مدل رگرسیون وارد شدند. نتایج نشان داد ۹۳/۲۱ درصد از واریانس متغیر وابسته توسط شش متغیر قطر دایره معادل، زمان تمرکز کریپیچ، ضریب هورتون، ضریب گراویلیوس و ارتفاع بیشینه حوزه و طول آبراهه اصلی، تبیین شده است. قطر دایره معادل نخستین عامل مؤثر و دارای رابطه مستقیم بود در حالیکه زمان تمرکز کریپیچ و ضریب گراویلیوس یا فشردگی نیز از جمله عوامل بسیار مهم با اثر معکوس بر حضور و مساحت جنگل‌های مانگرو در پایین‌دست ارزیابی شدند. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان دهنده وجود روابط قوی سیستمی بین حوزه‌های آبخیز بالادست و اکوسیستم‌های ساحلی و جنگل‌های مانگرو پایین‌دست بوده و در مدیریت و حفاظت این اکوسیستم‌ها باید به خصوصیات حوزه آبخیز بالادست توجه شود.

واژگان کلیدی: اکوسیستم ساحلی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، رگرسیون

چند متغیره، فرآیند رسوبی.

مقاله پژوهشی

۱. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

atefeh.ravanpak4681@gmail.com

نویسنده مسئول*

۲. دانشیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

y.esmaeilpour@hormozgan.ac.ir

۳. مدیر مرکز مطالعات اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان، بندرعباس، ایران.

alireza_77kamali@yahoo.com

شناسه مقاله: ۲۱۰۴-۱۰۰۵
شماره صفحه پیاپی: ۲۸۲-۲۹۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۳
انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۱۲/۰۱
زمان پذیرش: ۲۷۷ روز

استناددهی:

روان‌پاک، ع.، یحیی‌پور، ا.، و کمالی، ع. (۱۴۰۱). برآورد ارزش کل اقتصادی کارکردهای اکوسیستمی بخش شمالی منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی. مدیریت اکوسیستم، ۲(۴)، ۱-۱۲.

۱- مقدمه

اکوسیستم‌های ساحلی و شکننده نواحی گرمسیری، مناطقی حساس هستند که وابستگی زیادی به پوشش گیاهی و تغییر شرایط رویشگاهی دارند (بیژنی و همکاران، ۱۳۹۹). مانگروها یکی از پوشش‌های گیاهی مهم و اثرگذار اکوسیستم ماندابی و درختان همیشه سبز و مقاوم به شوری واقع در پهنه‌های جزر و مدی نواحی حاره و زبرحاره هستند که با شوری زیاد، باد، محیط غیرهوازی خاک و جزر و مدهای با ارتفاعات زیاد سازگار شده‌اند (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۹). جنگل‌های مانگرو با مساحت ۲۶ میلیون هکتار در جهان (صفیاری، ۱۳۹۶)، یکی از پرتولیدترین اکوسیستم‌ها در گستره زمین و منبع بیش از ۲۱ خدمت اکولوژیک و ۴۵ محصول طبیعی محسوب می‌شوند (مافی غلامی و نوری کمری، ۱۳۹۷). این جنگل‌ها را می‌توان در آب‌های ساحلی گرم حوالی خط استوا در قاره‌های آسیا، آمریکا، آفریقا و اقیانوسیه مشاهده کرد که سهم آسیا از مجموع وسعت آنها حدود ۴۲ درصد است (Giri et al., 2016). جنگل‌های مانگرو ایران متشکل از دو گونه حرا و جندل با ۲۵۷۶۰ هکتار در ۹ منطقه در سواحل جنوب کشور گسترش یافته‌اند (Ghasemi et al., 2016). علی‌رغم سهم اندک مساحت جنگل‌های مانگرو از جنگل‌های کره زمین، این اکوسیستم‌ها بسیار با ارزش و پربازده هستند (Himes-Cornell et al., 2018). توان جنگل‌های مانگرو در ترسیب و ذخیره‌ی کربن معادل جنگل‌های انبوه آمازون (Saatchi et al., 2011) و سرعت تخریب آنها دو برابر تخریب جنگل‌های بارانی است (Mayaux et al., 2005). در حالی که مانگروها تنها یک‌دهم درصد از سطح قاره‌ای کره‌ی زمین را پوشانده‌اند، ۱۱ درصد از کل ورودی کربن قاره‌ای به اقیانوس‌ها را تامین می‌کنند (Jennerjahn and Ittekkot, 2002). این مناطق خدمات مستقیم و غیرمستقیم مهمی در اکوسیستم ساحلی مانند مواد غذایی و مواد اولیه برای گونه‌های محلی، نگهداری از نوزادان ماهی، حفاظت از ساحل و کنترل فرسایش، تصفیه آب و اکوتوریسم ارائه می‌دهند و همچنین محل تنه‌شست مواد غذایی، رسوبات و آلودگی‌هاست (Hai et al., 2020). جنگل‌های مانگرو شاخص خوبی برای فرآیندهای رسوبی و تغییرات محیطی در مناطق ساحلی است (Cunha-Lignon et al., 2009). رسوب‌زایی اراضی بالادست بر شکل‌گیری، توزیع و فراوانی مانگروها با تامین گل و لای لازم برای شکل‌گیری بستر رویشی مناسب مؤثر است و منجر به استقرار سریع و رشد پیوسته آنها می‌شود (Berger et al., 2008). از آنجا که رابطه تنگاتنگی بین تغییر مورفولوژی سطح، عملکرد رسوب و ظرفیت انتقال رسوب حوزه‌های آبخیز وجود دارد (Gu et al., 2019)، مدیریت عملکرد و آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی حوزه‌های آبخیز بالادست این واحدهای پوشش گیاهی (Roy et al., 2008) و شناخت اجزا و روابط موجود بین آنها ضرورت دارد (Harmel et al., 2003). مطالعات فیزیکی و شکل زمین حوزه آبخیز اثر تعیین‌کننده‌ای بر شناخت ویژگی‌های هیدرولوژیک و فرسایش و رسوب دارد که در دهه‌های اخیر با سهولت دسترسی به مدل‌های رقمی ارتفاع و تصاویر سنجنش از دور مورد توجه روزافزون قرار گرفته است (Soni, 2017). تاکنون مطالعات متعددی در دنیا در خصوص نقش عوامل فیزیکی و شکل زمین بر رفتار هیدرولوژیک حوزه به ویژه میزان رسوب‌دهی انجام شده است. از جمله؛ اصغری و قلع (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای در ۱۹ زیرحوزه قرنقو با استفاده از روش رگرسیون گام به گام و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی دریافتند که همبستگی مثبتی بین رسوب تولیدی با حجم جریان و ضریب فرم حوزه در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد و نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه مساحت، محیط، طول و ضریب فرم حوزه توانسته‌اند بیشتر از ۹۲/۲ درصد از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند. هنربخش و همکاران (۱۳۹۸) در حوزه آبخیز سد دز با استفاده از روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام پارامترهای دبی سالانه، ارتفاع متوسط حوزه، ضریب هورتون و متوسط بارندگی را از جمله عوامل تأثیرگذار بر رسوبات معلق دانستند. معتمدی و آذری (۱۳۹۶) به بررسی ارتباط بین ویژگی‌های مورفومتریک با رسوب آبخیز در ۲۲ زیر حوزه از استان خراسان رضوی با استفاده از رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام پرداختند و نتایج نشان داد که مقدار رسوب تولیدی با ضریب فرم حوزه و متوسط بارندگی بیشترین همبستگی را داشته است. همچنین سایر ضرایب شکل از جمله ضریب فرم، کشیدگی و شاخص شکل نیز با مقدار رسوب همبستگی داشته‌اند. کاظم‌پور و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل آماری رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی به بررسی ارتباط بین خصوصیات مورفومتریک حوزه آبخیز و رواناب و رسوب پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در تولید رواناب در حوزه مورد بررسی مساحت و شیب حوزه بوده است و متغیر مساحت، ارتفاع حداقل و ارتفاع متوسط و طول آبراهه اصلی از پارامترهای مؤثر در تولید رسوب هستند. نصری و نجفی (۱۳۹۴) به بررسی رابطه ریاضی بین نسبت تحویل رسوب و عوامل فیزیوگرافی حوزه های آبخیز قهرود پرداختند و نشان دادند قطر دایره معادل، مجموع طول آبراهه‌های اصلی و شیب آبراهه اصلی مهم‌ترین نقش را در میزان تحویل رسوب دارند.

در مجموع نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد عوامل فیزیکی مؤثر بر رسوب‌دهی حوزه علی‌رغم تنوع شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی متفاوت از دقت و کارایی کافی برخوردارند. از آنجایی که در تحقیق حاضر از خصوصیات فیزیکی برای ارزیابی توان رسوب‌زایی حوزه‌های آبخیز استفاده شده است کارایی و اعتبار این خصوصیات برای چنین منظوری مستند شده است. بافت خاک جنگل‌های مانگرو بر اساس منابع مختلف سنگین‌تر از بافت سواحل عاری از پوشش گیاهی مانگرو است و این موضوع یکی از شواهد فرضیه‌ی اصلی این تحقیق که فراهم شدن شرایط شکل‌گیری و توسعه‌ی جنگل‌های مانگرو در اثر فرسایش و حمل رسوب به ساحل از حوزه‌های آبخیز بالادست می‌باشد، بوده است. جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان به عنوان مناطق

حفاظت شده در جنوب ایران به خاک‌هایی با بافت رسی تا لومی رسی با pH قلیایی وابسته بوده و از نظر بافت خاک وضعیت مشابهی بین رویشگاه‌های مختلف مانگرو در استان هرمزگان دیده می‌شود به طوری که بستر رویش مانگروهای استان عمدتاً دارای بافت لومی در سطح و در عمق دارای بافت لومی - رسی تا لومی - رسی - سیلتی هستند (صفیاری و همکاران، ۱۳۸۴). از سوی دیگر در برخی منابع به بررسی رابطه خشکسالی با تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان پرداخته شده که نتایج نشان داد وقوع خشکسالی سبب کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو شده است، همچنین همبستگی بالایی میان وقوع خشکسالی و تغییرات وسعت مانگروها نیز نشان دهنده تأثیر نامطلوب ناشی از کاهش آب شیرین ورودی به محیط ساحلی برگستره مانگروها بود (مافی غلامی و نوری کمری، ۱۳۹۷). همچنین در مطالعه دیگری دانه‌کار و همکاران (۱۳۹۱) به تأثیر خشکسالی بر کاهش رواناب و رسوب ورودی به خورها و بسترهای رسوبی رویشگاه مانگرو و اثرات منفی آن بر تنوع زیستی جانوری و گیاهی این اکوسیستم‌ها اشاره کرده‌اند و با تأیید وجود ارتباط بین مانگروها و تولید رسوب حوزه‌های آبخیز بالادست، رسوب و رواناب ورودی از حوزه‌های آبخیز را دارای تأثیر مستقیم بر شکل‌گیری و افزایش زیست‌توده جنگل‌های مانگرو گزارش کرده‌اند. در همین راستا برای بررسی وجود ارتباط بین جریان رسوب از حوزه‌های آبخیز بالادست به مناطق پایین‌دست که می‌تواند بر شکل‌گیری رویشگاه‌های مانگرو موثر باشد، وجود ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شکل زمین (به عنوان عوامل مؤثر بر خروجی رسوب حوزه‌ها) با شکل‌گیری اکوسیستم مانگرو در پایین‌دست، تحقیق حاضر طراحی و اجرا شد. بر این اساس هدف اصلی تحقیق بررسی ارتباط و پیوستگی پارامترهای فیزیکی حوزه آبخیز به عنوان مجموعه شاخص‌های کارآمد و موثر بر عملکرد رسوب‌زایی حوزه‌های آبخیز از یک سو و شکل‌گیری رویشگاه‌های مانگرو از سوی دیگر بوده است (Spencer et al., 2016; Cunha-Lignon et al., 2009).

۲- مواد و روش‌ها

استان هرمزگان با مساحت ۷۰۶۹۷ کیلومتر مربع در جنوب ایران در مختصات جغرافیای ۲۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد (Safa et al., 2013; Sabzian., 2010). این منطقه دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و بارش اغلب رگباری است به گونه‌ای که با متوسط بارندگی سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر رخداد سیل‌های شدید در استان رایج است. رودخانه‌های استان عموماً فصلی و دارای جریان محدود بوده و رودهای دائمی غالباً از ارتفاعات خارج استان سرچشمه می‌گیرند. برخی از رودها نیز با عبور از نمک‌زارهای ساحلی یا دشت‌های گچی شور شده و همگی به خلیج فارس می‌ریزند (چوپانی و همکاران، ۱۳۸۵). در این پژوهش از مدل جهانی ارتفاع رقومی سنجنده استر (با اندازه یاخته تقریبی ۳۰ در ۳۰ متر برای تفکیک حوزه‌های آبخیز سواحل استان هرمزگان، بهره گرفته شد و به این ترتیب ۸۱ حوزه شناسایی شد. از منابع اطلاعاتی موجود از قبیل نقشه محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌های آبخیز ایران (سازمان مدیریت منابع آب ایران) و نقشه آبراهه‌های استان (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان) جهت کنترل و تدقیق نقشه حوزه‌های آبخیز که با استفاده از مدل رقومی ارتفاع تولید شده بود استفاده شد. نقشه رویشگاه‌های مانگرو استان نیز که طی تحقیقات متعدد توسط اداره کل منابع طبیعی استان و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تحقیقات میدانی تهیه شده و مبنای پایش، مدیریت و حفاظت این جنگل‌ها است، با نقشه حوزه‌های آبخیز تلفیق شد. در نهایت بانک اطلاعاتی از ۸۱ حوزه آبخیز تفکیک شده تهیه شد و چنانچه در اراضی ساحلی مرتبط به خروجی حوزه رویشگاه مانگرو وجود داشت وجود رویشگاه و مساحت آن نیز در بانک اطلاعاتی ثبت شد. در برابر حوزه‌های آبخیز فاقد رویشگاه مانگرو عدم حضور ثبت شد (شکل ۱).

به منظور استخراج خصوصیات فیزیوگرافیک حوزه‌های مورد مطالعه، مدل رقومی ارتفاع به افزونه Arc Hydro در نرم‌افزار ArcGIS 10.4 وارد شده و سپس تصحیحات و پردازش‌های لازم از قبیل کنترل و ویرایش آبراهه‌ها و مرز حوزه‌ها انجام شد. ۲۲ پارامتر حاصل از این مرحله نیز به بانک اطلاعاتی حوزه‌های آبخیز وارد شد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت (جدول ۱). نرم افزارهای ArcGIS 10.4، گوگل ارث^۲ و SPSS 22 جهت محاسبه و استخراج متغیرهای فیزیوگرافیک حوزه‌ها و تحلیل آماری داده‌ها استفاده شده است.

۲-۱- تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۳

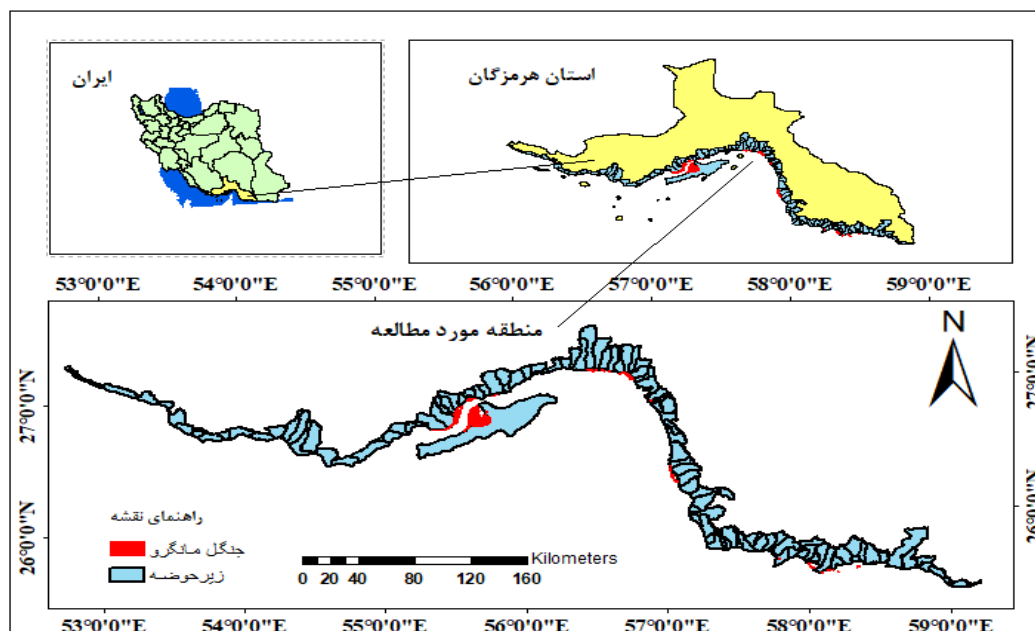
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی دارای ۵ مرحله کلی شامل ۱) استاندارد کردن داده‌های هر متغیر به صورتی که دارای میانگین صفر و واریانس یک باشد (۲) محاسبه ماتریس همبستگی (۳) انتخاب مقادیر ویژه (۴) حذف مؤلفه‌های با مقادیر ویژه کمتر از یک و (۵) چرخش مؤلفه‌ها می‌باشد (Ouyang, 2005). در این تحقیق از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور تعیین موثرترین ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه‌های آبخیز استفاده شد. به این منظور استاندارد کردن داده‌های متغیرها طبق دستورالعمل روش با محاسبه ضریب KMO^۴ انجام شد. مقدار این آماره بین صفر و یک بوده و در صورتی که مقدار آن کمتر از ۰/۵ باشد، تحلیل عاملی توصیه نمی‌شود، مقادیر بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ نشان‌دهنده تناسبات متوسط و اگر مقدار این ضریب بیش از ۰/۷

1. ASTGTM: ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM) V. 3.
<https://lpdaac.usgs.gov/products/astgtmv003>

2. Google Earth

3. Principal Component Analysis
4. Kaiser Meyer Olkin

باشد، داده‌ها برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاملاً مناسب خواهند بود (شویکلو، ۱۳۹۶). در صورت مناسب بودن داده‌ها مقدار ویژه (محاسبه می‌شود و عامل‌هایی که دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک باشند، به عنوان عامل‌های معنی‌دار انتخاب می‌شوند. در گام بعدی، برای تعیین اهمیت نسبی هر عامل از نسبت واریانس منظور شده برای هر عامل چرخش شده (چرخش واریانس) استفاده می‌شود. نهایتاً هر متغیری که بیشترین قدر مطلق بار عاملی را داشته باشد، از نظر آماری معنی‌دار بوده و به عنوان متغیر تأثیرگذار انتخاب می‌شود (زارع چاهوکی، ۱۳۹۳). در این پژوهش ۲۲ ویژگی فیزیوگرافیک مربوط به ۸۱ حوزه ساحلی مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SPSS 22 وارد آنالیز تحلیل مؤلفه اصلی شدند.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و زیرحوزه‌های استان هرمزگان و رویشگاه‌های مانگرو

۲-۲- رگرسیون چند متغیره

در گام بعد رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام به دلیل سادگی در اجرا، تفسیر و مدل‌سازی مطالعات همبستگی، به‌منظور تعیین همبستگی ویژگی‌های فیزیوگرافیک که در مرحله‌ی قبل انتخاب شده بودند، مورد استفاده قرار گرفت (Ziegler et al., 2014; Gellis, 2013). در این روش متغیرها مرحله به مرحله وارد معادله رگرسیون می‌شوند و این عمل تا هنگامی ادامه پیدا می‌کند که سطح خطای آزمون معنی‌داری به کمتر از پنج درصد برسد، شکل کلی رابطه رگرسیون گام به گام در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$Y = a + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n + e \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه ۱ از آنجایی که جنگل‌های مانگرو در طول سواحل و در قسمت پایین‌دست حوزه‌های آبخیز حضور دارند با توجه به مصب خروجی هر حوزه مشخص شد که هر رویشگاه وابسته به کدام حوزه است. حضور و مساحت جنگل‌های مانگرو به عنوان متغیرهای وابسته (Y) در نظر گرفته شد. a: عدد ثابت مدل و X_1 تا X_n متغیرهای مستقل (ویژگی‌های فیزیوگرافیک) هستند. B_1 تا B_n نیز ضرایب مربوط به هر یک از متغیرهای مستقل و e: نشان‌دهنده‌ی خطای مدل رگرسیون است (زارع چاهوکی، ۱۳۹۳). نبود هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل، با بهره‌گیری از عامل تورم واریانس^۴ کنترل شد (غفوری و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج این بخش از تحقیق به منظور تشخیص همبستگی احتمالی بین متغیرهای مستقل و وابسته استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

دامنه تغییرات مساحت و ارتفاع حوزه‌های آبخیز به ترتیب از ۷/۷۶ تا ۱۴۵۴/۳۷ کیلومتر مربع و از ۲۰ تا ۱۴۵۲ متر از سطح دریا مشاهده شد، دامنه، میانگین و واریانس ویژگی‌های فیزیوگرافیک محاسباتی در ۸۱ حوزه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

1. Eigen value

2. Varimax

3. Multicollinearity

4. Variance Inflation Factor (VIF)

جدول (۱): ویژگی‌های فیزیوگرافیک استخراج شده از ۸۱ حوزه و مورد استفاده در تحقیق

منبع	رابطه	نماد	ویژگی
علیزاده، ۱۳۹۴	--	A	مساحت حوزه (کیلومتر مربع)
علیزاده، ۱۳۹۴	--	P	محیط حوزه (کیلومتر)
علیزاده، ۱۳۹۴	--	B	عرض حوزه (کیلومتر)
Nooka Ratnam et al., 2005	--	L	طول حوزه (کیلومتر)
علیزاده، ۱۳۹۴	--	H _{max}	بالاترین ارتفاع حوزه (متر)
علیزاده، ۱۳۹۴	--	HS _{max}	بالاترین ارتفاع آبراهه اصلی (متر)
Horton, 1945	--	LA	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)
علیزاده، ۱۳۹۴	$SA = (dh_s/L_s) * 100$	SA	شیب متوسط آبراهه
Strahler, 1957	$Rn = B_f \cdot Dd$	Rn	عدد ناهمواری
Sharma et al., 2009	$Ff = Area / L^2$	FF	ضریب شکل هورتون
Horton, 1945	$Cg = 0.28p/\sqrt{A}$	Kc	ضریب فشردگی (ضریب شکل گراولیوس)
(Miller, 1953)	$Rc = 4\pi A/P^2$	Rc	نسبت گردی میلر
Schumm, 1956	$Re = Dc/L$	Re	نسبت طولی شیوم
علیزاده ۱۳۹۴	$RI = Kc \times \sqrt{A} + \sqrt{(Kc^2 A + 1.2544 A)}/1.12$	RI	طول مستطیل معادل (کیلومتر)
علیزاده ۱۳۹۴	$Rw = Kc \times \sqrt{A} - \sqrt{(Kc^2 A - 1.2544 A)}/1.12$	Rw	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)
Schumm, 1956	$Dc = 2\sqrt{(A/\pi)}$	Dc	قطر دایره معادل (کیلومتر)
Kirpich, 1940	$Tk = 0.0003 \times (LA)^{0.77} \times SA^{-0.385}$	Tk	زمان تمرکز کریچ (ساعت)
	$Tka = 0.949 \times (LA^3/(Hmin_{max})^{0.385})$	Tka	زمان تمرکز کالیفرنیا
	$Tch = 0.00032 \times (LA^{1.15}/(H0.385min_{max}))$	Tch	زمان تمرکز چاو
شهبازی و همکاران، ۱۳۹۳	$Tb = 0.96L^{1.2}/(H0.2^{0.1}min_{max})$	Tb	زمان تمرکز برانسی ویلیامز
	$Th = (0.67nL_c/\sqrt{SA})^{0.467}$	Th	زمان تمرکز کربای-هاتوی
علیزاده ۱۳۹۴	$TL = 0.6 \times Tk$	TL	زمان تأخیر ماکوس

جدول (۲): ویژگی‌های فیزیوگرافیک محاسباتی در ۸۱ حوزه مورد مطالعه (یافته‌های تحقیق)

وار یانس	میانگین	بیشترین	کمترین	دامنه	نماد	ویژگی
۲۷۳۴۸/۳۶	۱۲۲/۵۸	۱۴۵۴/۳۷	۷/۷۶	۱۴۴۶/۶۱	A	مساحت (کیلومتر مربع)
۱۰۱۴/۲۳	۵۹/۳۹	۲۹۷/۴۶	۱۱/۷۲	۲۶۷/۷۴	P	محیط (کیلومتر)
۱۱۸۱۳۵/۰۴	۳۹۹/۸۴	۱۴۵۲	۲۰	۱۴۳۲	H _{max} H	بالاترین ارتفاع (متر)
۱۰۶/۶۵	۱۷/۸۹	۹۰/۲۱	۲/۸۵	۸۷/۳۶	L	طول (کیلومتر)
۱۴/۱۰	۸/۵۱	۲۵/۸۲	۲/۷۵	۲۳/۰۷	B	عرض (کیلومتر)
۹۷۱۶۰/۸۵	۲۸۵/۵۱	۱۳۸۵	۱۱	۱۳۷۴	H _{max} A	بالاترین ارتفاع آبراهه اصلی (متر)
۸۱/۳۹	۱۹/۳۱	۴۴/۶۶	۳/۳۶	۴۱/۳	LA	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)
.	-/۰۳	۰/۱۱	.	۰/۱۱	Rn	ضریب ناهمواری
۶/۴۷	۱/۸۹	۱۱/۴۹	۰/۰۷	۱۱/۴۲	SA	شیب آبراهه اصلی
۰/۰۶	۱/۶۲	۲/۵۱	۱/۱۸	۱/۳۳	Kc	ضریب گراولیوس
۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۷۹	FF	ضریب هورتون
۰/۰۱	۰/۴۰	۰/۷۱	۰/۱۶	۰/۵۵	Rc	نسبت طولی شیوم
۲۵/۵۸	۱۱/۴۴	۴۳/۰۴	۳/۱۴	۳۹/۹۰	Dc	قطر دایره معادل
۰/۰۲	۰/۶۸	۱/۱۰	۰/۴۶	۰/۶۴	Re	نسبت گردی میلر
۲/۷۸	۴/۲۰	۱۱/۳۳	۱/۵۱	۹/۸۲	Rw	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)
۲۲۶/۲۴	۲۵/۴۹	۱۲۸/۴۱	۳/۸۴	۱۲۴/۵۷	RI	طول مستطیل معادل (کیلومتر)
۸/۳۰	۴/۳۵	۱۲/۶۷	۰/۴۷	۱۲/۲۰	Tch	زمان تمرکز به روش چاو (ساعت)
۸/۰۹	۴/۲۹	۱۲/۴۹	۰/۴۴	۱۲/۰۳	Tk	زمان تمرکز به روش کریچ
۹۹/۸۲	۱۱/۶۹	۴۳/۴۵	۰/۶۰	۴۲/۸۵	Th	زمان تمرکز به روش کربای-هاتوی
۷/۶۷	۳/۸۵	۱۶/۶۶	۰/۴۱	۱۶/۲۵	Tka	زمان تمرکز به روش کالیفرنیا
۲/۹۱	۲/۵۷	۷/۵۰	۰/۲۸	۷/۲۲	TL	زمان تأخیر به روش فرمول ماکوس
۱۷/۰۲	۷/۹۸	۱۷/۳۹	۱/۲۹	۱۶/۱۰	Tb	زمان تأخیر به روش برانسی ویلیامز

با استانداردسازی داده‌ها مقدار محاسباتی KMO بزرگتر از ۰/۷ و مقدار آماره بارتلت^۱ در سطح ۵ درصد معنی‌دار محاسبه شد. بنابراین شرط تناسب داده‌ها برای ورود به تحلیل عاملی برقرار بوده و داده‌ها مناسب ارزیابی شدند. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول (۳): نتایج ارزیابی تناسب داده‌ها برای تحلیل عاملی با استفاده از آماره‌های KMO و بارتلت (یافته‌های تحقیق)

مقدار	آماره
۰/۷۳۴	سنجش کیفیت داده‌ها با استفاده از Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)
۶۵۵۴/۸۶۶	(Bartlett's of Sphericity) Approx, Chi-Square
۲۳۱	Df
۰/۰	Sig.

در مرحله بعد تحلیل عاملی انجام شد و جدول ۴ درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل را نشان می‌دهد. عامل اول قطر دایره معادل بوده و ۲۸/۴ درصد از واریانس تغییرات متغیر وابسته را تبیین نموده و عبارت است از قطر دایره‌ای که مساحت آن با مساحت حوزه برابر بوده و نسبت این شاخص به طول حوزه در شکل حوزه تاثیر به سزایی دارد. هر چه این نسبت به یک نزدیک‌تر باشد شکل حوزه به دایره نزدیک‌تر است و هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد شکل حوزه کشیده‌تر است (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۹). این مقدار برای عامل دوم (زمان تمرکز به روش کریپیج)، عامل سوم (ضریب هورتون)، عامل چهارم (ضریب گراویلیوس)، عامل پنجم (بالاترین ارتفاع حوزه) و عامل ششم (بالاترین ارتفاع آبراهه اصلی) به ترتیب ۱۱/۱۸، ۱۰/۴، ۹/۸۲، ۷/۶۴ درصد بوده است. در مجموع ۶ عامل استخراج شده توسط تحلیل عاملی توانسته‌اند ۹۳/۲۲ درصد از واریانس متغیرهای پژوهش را تبیین کنند. نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول (۴): آماره‌های مربوط به مؤلفه‌های استخراج شده از تحلیل عاملی (یافته‌های تحقیق)

مؤلفه	مقادیر ویژه اولیه ^۲		مجموع ضرایب عامل چرخش داده شده ^۳	
	درصد واریانس	تجمعی	درصد واریانس	تجمعی
۱	۴۳/۴۵	۴۳/۴۵	۲۸/۴۰	۲۸/۴۱
۲	۱۹	۶۲/۴۶	۲۵/۷۶	۵۴/۱۷
۳	۱۱/۶۷	۷۴/۱۲	۱۱/۱۸	۶۵/۳۵
۴	۸/۸۱	۸۲/۹۳	۱۰/۴	۷۵/۷۶
۵	۵/۵۵	۸۸/۴۸	۹/۸۲	۸۵/۵۸
۶	۴/۷۴	۹۳/۲۲	۷/۶۴	۹۳/۲۲

در نمودار سنگ‌ریزه^۴ (شکل ۲) تغییرات میزان اهمیت مقادیر ویژه برای هر عامل مشخص شد. این نمودار از بزرگ‌ترین مقدار ویژه شروع می‌شود و همواره یک نمودار نزولی است و همان طور که در اینجا دیده می‌شود تغییرات مقدار ویژه عامل هفتم به بعد کم و ناچیز است که نشان می‌دهد ۶ عامل نخست تبیین‌کننده بیشترین میزان تغییرات و پراکنندگی موجود در داده‌ها است.

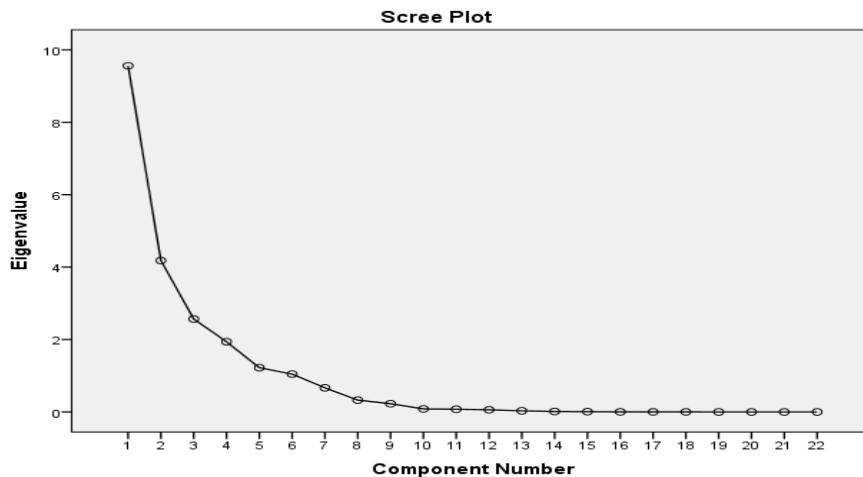
در ادامه جدول ۵ که جدول عناصر چرخش یافته نام دارد ارائه شده است. این بخش از نتایج در ارتباط با متغیرهایی است که متعلق به هر عامل با توجه به همبستگی متغیرها با عامل هاست. باتوجه به جدول ۵ از هر عامل متغیری که بیشترین بار عاملی را داشته یا به عبارتی بیشترین ضریب همبستگی را با عامل مورد نظر داشته به عنوان متغیر کلیدی برای ورود به تحلیل‌های بعدی انتخاب گردید (Meshram and Sharma, 2017). در نتیجه از عامل اول پارامتر قطر دایره معادل با بار عاملی (۰/۹۷)، در عامل دوم زمان تمرکز به روش کریپیج و زمان تأخیر به روش ماکوس با بار عاملی ۰/۹۲۷، به یک اندازه با عامل دوم همبستگی دارند. از آنجا که فرمول محاسبه زمان تأخیر ماکوس به زمان تمرکز کریپیج اتکا دارد، در اینجا پارامتر کلیدی برای ورود به تحلیل‌های بعدی همان زمان تمرکز کریپیج در نظر گرفته شد. در عامل سوم، چهارم، پنجم و ششم به ترتیب ضریب هورتون با بار عاملی (۰/۹۲۶)، ضریب گراویلیوس (۰/۹۲۰)، بالاترین ارتفاع حوزه (۰/۸۹۵) و بالاترین ارتفاع آبراهه اصلی (۰/۹۰۶) انتخاب شدند. در مرحله بعد عوامل فیزیوگرافیک انتخاب شده در تحلیل عاملی، به تحلیل رگرسیون وارد شدند که عبارتند از: قطر دایره معادل، زمان تمرکز کریپیج، ضریب هورتون، ضریب گراویلیوس، بالاترین ارتفاع حوزه، بالاترین ارتفاع آبراهه.

1. Bartlett's of Sphericity

2. Initial Eigenvalues

3. Rotation Sums of Squared Loadings

4. Scree Plot



شکل (۲): نمودار سنگ‌ریزه برای تعیین تعداد عامل‌ها (یافته‌های تحقیق)

جدول (۵): ماتریس عاملی چرخش یافته به روش واریماکس (یافته‌های تحقیق)

عامل						نماد	ویژگی
۶	۵	۴	۳	۲	۱		
--	--	--	--	--	۰/۹۵۴	A	مساحت حوزه (کیلومتر مربع)
--	--	--	--	--	۰/۹۲۴	P	محیط حوزه (کیلومتر)
--	--	--	-۰/۳۴۰	--	۰/۸۸۸	L	طول حوزه (کیلومتر)
--	--	--	--	--	۰/۸۵۸	B	عرض حوزه (کیلومتر)
--	۰/۸۹۵	--	--	--	--	H _{max} H	بالاترین ارتفاع حوزه (متر)
۰/۹۰۶	--	--	--	-۰/۳۳۵	--	H _{max} A	بالاترین ارتفاع آبراهه (متر)
۰/۳۵۱	--	--	-۰/۳۵۷	۰/۶۴۷	۰/۴۱۸	LA	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)
--	--	۰/۹۲۰	--	--	--	Cg	ضریب گراویلیوس
--	--	--	۰/۹۲۶	--	--	FF	ضریب هورتون
--	--	-۰/۸۸۸	--	--	--	Rc	نسبت گردی میله
--	--	--	--	--	۰/۹۷۰	Dc	قطر دایره معادل
--	--	--	۰/۹۲۳	--	--	Re	نسبت طولی شیوم
--	--	-۰/۴۲۸	--	--	۰/۸۵۵	Rw	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)
--	--	۰/۳۶۲	--	--	۰/۸۹۷	RI	طول مستطیل معادل (کیلومتر)
--	۰/۸۶۷	--	--	--	--	Rn	ضریب ناهمواری
۰/۶۸۰	--	--	--	-۰/۴۹۱	--	SA	شیب آبراهه اصلی
--	--	--	--	۰/۹۲۷	--	Tk	زمان تمرکز به روش کریچ (ساعت)
--	-۰/۷۱۰	--	--	۰/۳۳۱	--	Tka	زمان تمرکز به روش کالیفرنیا
--	--	--	--	۰/۹۱۱	--	Tb	زمان تمرکز به روش برانسی ویلیامز
--	--	--	--	۰/۹۲۷	--	TL	زمان تأخیر به روش فرمول ماکوس
--	--	--	--	۰/۹۲۶	--	Tch	زمان تمرکز به روش چاو
--	--	--	--	۰/۹۲۶	--	Th	زمان تمرکز به روش کربای-هات وی

روش استخراج عامل‌ها: تجزیه به مؤلفه اصلی - روش چرخش: واریماکس

۳-۱- نتایج مدل رگرسیون

جدول ۶ آماره‌های مربوط به رگرسیون چند متغیره گام به گام را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۷ در اولین گام مدل متغیر قطر دایره معادل وارد شده و ضریب تعیین (R^2) به مقدار ۰/۳۹ رسیده است. در دومین گام با ورود متغیر ضریب گراویلیوس ضریب تعیین به ۰/۵۸ رسیده و در گام سوم مدل با ورود متغیر زمان تمرکز کریچ ضریب تعیین به ۰/۶۵۶ رسیده است. ضریب تعیین تعدیل شده در مدل سوم (جدول ۶) دلالت بر این دارد که سه متغیر قطر دایره معادل، ضریب گراویلیوس و زمان تمرکز کریچ، قادر به تبیین ۶۵ درصد از تغییرات متغیر شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو است. با توجه به اینکه بهترین مدل رگرسیونی مدلی است که ضریب تعیین (R^2) بیشتر و خطای استاندارد کمتر داشته باشد، لذا مدل سوم مدل نهایی برای زیرحوزه

های مورد مطالعه است. در ارتباط با سطح معنی‌داری F و سطح معنی‌داری Sig باید خاطر نشان کرد که با یکدیگر رابطه معکوس دارند. به عبارت دیگر هرچه سطح معناداری F افزایش یابد، سطح معناداری Sig کاهش می‌یابد.

جدول (۶): ضرایب همبستگی و روابط رگرسیونی به روش گام به گام (یافته‌های تحقیق)

مدل	متغیرهای مستقل	ضریب همبستگی (R)	ضریب تعیین (R ²)	ضریب تعدیل شده	اشتباه معیار (SE)	آماره دوربین - آماره فیشر F	سطح معناداری
۱	قطر دایره معادل	۰/۶۵۲	۰/۴۲۵	۰/۳۹۷	۱/۱۲	۱۴/۸۰	۰/۰۱
۲	قطر دایره معادل + کریچ	۰/۷۸۷	۰/۶۲۰	۰/۵۸۰	۰/۰۱	۹/۷۱	۰/۰۰۶
۳	قطر دایره معادل + کریچ + ضریب گراویلیوس	۰/۸۴۰	۰/۷۰۵	۰/۶۵۶	۰/۹۱	۵/۲۲	۰/۰۳

جدول ۷ ضرایب رگرسیون و آزمون معنی‌داری را نشان می‌دهد. برای سنجش معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب رابطه رگرسیون، از آزمون t استفاده گردید. معنی‌دار بودن ضریب در معادله رگرسیون به این معنا است که متغیر مستقل می‌تواند به طور معنی‌داری قسمتی از تغییرات در متغیر وابسته را بیان کند. با توجه به سطح معناداری آزمون t در مدل ۳ با اطمینان ۹۵ درصد این ضرایب مخالف صفر و برابر با مقادیر برآورد شده است. مقادیر VIF همه متغیرها کمتر از ۱۰ بوده و بیانگر عدم وجود هم‌خطی بین ویژگی‌های فیزیوگرافیک می‌باشد، لذا متغیرها برای تعیین ضریب رگرسیونی مناسب ارزیابی شد. بر اساس مدل‌های حاصل از همبستگی، شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو با ویژگی قطر دایره معادل همبستگی مثبت داشته و در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است (جدول ۷). متغیر زمان تمرکز کریچ با ضریب همبستگی ۸۴ درصد بعد از دو پارامتر قطر دایره معادل و ضریب گراویلیوس بیشترین همبستگی را با میزان شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو دارد.

جدول (۷): آزمون معنی‌داری ضرایب روابط رگرسیونی (یافته‌های تحقیق)

مدل	متغیر مستقل	بتا	T	سطح معناداری
	مقدار ثابت		۷/۶۵۳	۰/۰۰
۱	قطر دایره معادل	۰/۶۵۲	۳/۸۴۷	۰/۰۰۱
	مقدار ثابت		۹/۵۷۶	۰/۰۰
	قطر دایره معادل	۰/۸۴۲	۵/۴۶۶	۰/۰۰
۲	کریچ	-۰/۴۸۰	-۳/۱۱۶	۰/۰۰۶
	مقدار ثابت		۵/۰۱۵	۰/۰۰
	قطر دایره معادل	۰/۹۵۲	۶/۴۵۷	۰/۰۰
۳	کریچ	-۰/۴۰۶	-۲/۸۳۴	۰/۰۱۱
	ضریب گراویلیوس	-۰/۳۳۱	-۲/۲۸۵	۰/۰۳۵

طبق جدول ۷ معادله نهایی رگرسیون به صورت مدل ۳ (به ترتیب قطر دایره معادل، زمان تمرکز کریچ و ضریب گراویلیوس) است. با توجه به ضریب بتای به دست آمده شکل‌گیری مانگرو به ترتیب با قطر دایره معادل ($B=0/952$)، سطح معنی‌داری ($Sig=0/00$) رابطه مستقیم دارد. همچنین شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو با زمان تمرکز کریچ ($B=-0/406$)، سطح معناداری ($Sig=0/01$) و نیز با ضریب گراویلیوس ($B=-0/331$) و سطح معنی‌داری ($Sig=0/035$) رابطه معکوس دارد و مدل نهایی به صورت زیر ارائه گردیده است (رابطه ۲).

$$\text{رابطه (۲)} \quad Y = 7/95 + (0/925 \times \text{قطر دایره معادل (Km)}) - (0/406 \times \text{زمان تمرکز کریچ (Hr)}) - (0/331 \times \text{ضریب گراویلیوس})$$

۴- بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی مناطق ساحلی در پی اثرات متقابل قوی بین سیستم خشکی و آبی، در برگیرنده‌ی فرآیندهای فیزیکی بسیاری بوده که با تأثیر بر اکوسیستم مانگرو منجر به حساسیت می‌شوند (Wolanski, 1992; Mazda et al., 1999). با وجود شناخته شدن نقش تغییرات اقلیم در تغییرات دوره‌های کاهشی و افزایشی جنگل‌های مانگرو به عنوان ویژگی مشترک سواحل مناطق خشک از گذشته (Cintron et al., 1978) و اهمیت بسیار زیاد جنگل‌های مانگرو در تنظیم فرآیندهای بیوشیمیایی در مناطق ساحلی (Otero Pérez and Macías Vazquez, 2010) مطالعات کافی روی شرایط فیزیوگوشیمیایی خاک و بستر رویشی آنها در اقلیم خشک و نیمه‌خشک انجام نشده است (Nóbrega et al., 2013). در سواحل خلیج فارس و دریای عمان بدلیل اقلیم گرم و خشک، جریان‌های آب سطحی با تداوم زمانی قابل توجه اغلب وجود ندارد و در صورت وقوع سیلاب‌های مقطعی بدلیل گذر

از زمین‌های جلگه‌ای هموار با شوری بسیار زیاد در پس کرانه‌ی خط ساحلی معمولاً شور شده به گونه‌ای که در برخی منابع رسیدن آب شیرین به جنگل‌های مانگرو این منطقه رخدادی بسیار نادر شمرده شده است (Walton et al., 2014). با این وجود حمل رسوب و مواد محلول توسط جریان‌های سطحی به مانگرو در مناطق خشک و نیمه‌خشک در برخی مطالعات با هدف ارزیابی تأثیر کاربری اراضی بالادست مانند کشاورزی و پرورش میگو بر خاک و بستر رویشی جنگل‌های مانگرو مورد مطالعه قرار گرفته است (Jayanthi et al., 2018) که در تحقیق حاضر موضوع اصلی مورد بررسی بوده است. اگر چه مورد مشابه روش‌شناسی تحقیق حاضر به نحوی که کاملاً منطبق بر یکدیگر باشند یافت نشد، اما بخش‌های مختلف آن در تحقیقات جداگانه‌ای دیده شد. از جمله می‌توان مطالعه سیستمی فرآیندهای هیدرولوژیک از حوزه‌ی آبخیز تا جنگل مانگرو در تحقیق (Davis et al., 2005) در مانگروه‌های اورگلیدز^۱ فلوریدا را معرفی نمود. در زمینه مطالعه سیستم‌های مبتنی بر رسوب‌زایی حوزه آبخیز و رسوب آن در پایین دست می‌توان نمونه Woodroffe (۱۹۹۲) را به عنوان یکی از اولین نمونه‌ها دانست که بیان می‌کند، زیست‌شناسان به طور معمول اکوسیستم‌های مانگرو را به عنوان سیستم‌های شکوفا^۲ تولید بالای مواد آلی می‌دانند. در حالی که دیدگاه جامع‌تر در علوم محیطی این جنگل‌ها را به عنوان مخازن کارآمد رسوب، در امتداد چرخه‌های هیدرولوژیک و رسوبی قاره‌ها می‌داند. او عقیده دارد این تضاد ظاهری را می‌توان با توجه به مختصات و مقیاس فضا و زمان به هم پیوسته که مشخصه دینامیک سیستم‌های مانگرو است هم‌راستا دید. تحقیقات در خصوص فرآیندهای رسوبی اکوسیستم‌های مانگرو نسبتاً جدید است. مثلاً یکی از مفاهیم پایه در این زمینه دانه‌بندی و بافت رسوبات در بستر رویشی مانگروها است که Ramanathan et al. (۲۰۰۹) به بررسی ویژگی‌های بافت رسوبات سطحی اکوسیستم مانگرو سوندربان^۳ هندی پرداختند. در این تحقیق با پیچیده توصیف شدن شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر سیستم، تغییرات انرژی در طول پروفایل رودخانه عامل کنترل کننده دانه‌بندی رسوبات بستر مانگروها معرفی شده است که با مشاهدات و گزارش‌های ذکر شده در مورد دانه‌بندی بستر رویشی مانگروه‌های ایران نیز هم‌خوانی دارد. Gardiner and Park (۱۹۷۸) کاربرد خصوصیات فیزیوگرافیک در مطالعات هیدرولوژی و رسوب حوزه‌های آبخیز را نتیجه‌بخش و بسیار موثر دانسته و استفاده موفق از این ویژگی‌ها در مطالعات اکوسیستم‌های مانگرو نسبتاً تازگی دارد. Praveena و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه رسوب سطحی روبشگاه مانگرو با تأیید کلی کارایی روش PCA نشان دادند که این روش با استفاده از پیش‌پردازش‌های نرمال‌سازی و حذف داده‌های پرت توانسته است تأثیر متغیرهای محیطی و جزر و مد بر رسوب سطحی را آشکار ساخته و در توصیف و تفسیر بهتر تغییرات رسوب و فاکتورهای کنترل کننده آن در ارتباط با دامنه‌ی نوسان جزر و مد، کارآمد ظاهر شود. این نتایج با تحقیق حاضر با توجه به نتایج به دست آمده در آزمون‌های KMO و بارلت^۴ که به منظور سنجش و ارزیابی تناسب و مطلوبیت داده‌ها استفاده شد هم‌خوانی دارد و می‌توان کارایی کلی روش PCA را در مطالعات به منظور آشکارسازی ارتباط عوامل محیطی و روبشگاه‌های مانگرو، تأیید نمود. همان گونه که دیده شد در این تحقیق بر اساس نتایج تحلیل عاملی (تجزیه به مؤلفه اصلی) قطر دایره معادل، زمان تمرکز کریپچ، ضریب شکل هورتون، ضریب گراویلیوس، بالاترین ارتفاع حوزه و بالاترین ارتفاع آبراهه اصلی به عنوان عوامل دارای بیشترین تأثیر انتخاب گردیدند که با برخی تحقیقات انجام شده مانند: نصری و نجفی (۱۳۹۴) و Weston and Velez (۲۰۰۹) هم‌خوانی داشته است. در بخش بعدی نتایج مدل رگرسیون خطی چندگانه حاکی از آن است که از بین شش متغیر ورودی به مدل، سه متغیر قطر دایره معادل، زمان تمرکز کریپچ و ضریب گراویلیوس با ضریب تعیین ($R^2 = 0/686$) اثر نسبتاً معنی‌داری بر شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو داشتند که با تحقیق نجفی و نصری (۱۳۹۴) از نظر پارامتر قطر دایره معادل هم‌خوانی دارد. نتایج تحقیق دلالت بر این دارد که خصوصیات فیزیوگرافیک حوزه آبخیز بالادست همبستگی نسبتاً بالایی با شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو دارند و می‌توانند در پیش‌بینی شکل‌گیری جنگل‌های مانگرو پایین دست استفاده شوند. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر در زمینه ارتباط اکوسیستم‌های مانگرو با حوزه‌های آبخیز توصیه می‌شود حوزه مدیریت و توسعه پروژه‌های جنگل‌های مانگرو با بررسی همه جانبه خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیک حوزه‌های آبخیز صورت گیرد.

منابع

- اصغری سراسکانرود، ص.، و قلعه، ا. (۱۳۹۸). بررسی ارتباط بین ویژگی‌های هیدروژئومورفیک و میزان تولید رسوب (مطالعه موردی: حوزه قرنقو در استان آذربایجان شرقی). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۸(۳)، ۱۶۴-۱۴۶.
- بیژنی، ا.، صالحی، م.، و پرورش، ح. (۱۳۹۹). تأثیر گونه کهور بومی *Prosopis cineraria* (L.) Druce و غیربومی *Prosopis juliflora* (SW.) DC بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک. جنگل ایران، ۱۲(۱)، ۱۰۱-۱۱۱.
- چوپانی، س.، خسرو شاهی، م.، غلامپور، م.، و میرآخورلو، خ. (۱۳۸۵). قلمرو محدوده‌های بیابانی استان هرمزگان از دیدگاه زمین‌شناختی. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۳(۱)، ۲۶-۱۷.
- دانه‌کار، ا.، عرفانی، م.، نوری، غ.، عقیقی، ح.، مروی مهاجر، م.، و اردکانی، ط. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات وسعت روبشگاه مانگرو (مطالعه موردی: خور گواتر در استان سیستان و بلوچستان). جنگل ایران، ۴(۳)، ۱۹۷-۲۰۷.
- زارع چاهوکی، م.ع. (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم افزار SPSS (چاپ دوم). تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، ۳۱۲ص.

1. Everglades

2. outwelling

3. Sundarban

- شفیعی بافتی، آ.، عباسی، ز.، تاج بخش، س.م.، موسوی، س.م.، و معماریان، ه. (۱۳۹۹). بررسی زمین‌ساخت فعال در شمال حوزه آبخیز دشت بیرجند با استفاده از فاکتورهای مورفومتریک. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۹(۱)، ۱۱۷-۱۳۳.
- شهبازی، ع.، خلیقی سیگارودی، ش.، ملکیان، آ.، و سلاجقه، ع. (۱۳۹۳). انتخاب بهترین فرمول تجربی برای برآورد زمان تمرکز در حوزه‌های آبخیز شهری (مطالعه موردی: شهر ماهدشت). مرتع و آبخیزداری، ۶۷(۳)، ۴۳۵-۴۱۹.
- شویکلو، ا. (۱۳۹۶). آنالیز و تفسیر داده‌های حسی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA). علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۵(۸۰)، ۳۷۷-۳۶۱.
- صفیاری، ش. (۱۳۹۶). جنگل‌های مانگرو در ایران. طبیعت ایران، ۲(۲)، ۵۷-۴۹.
- صفیاری، ش.، مجنونیان، ه.، و فرخجسته، ه. (۱۳۸۴). جنگل‌های مانگرو: جنگل‌های مانگرو در ایران (جلد دوم). انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۵۴۰ص.
- علیزاده، ا. (۱۳۹۴). هیدرولوژی کاربردی (چاپ چهارم). مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۹۴۲ص.
- غفوری، ز.، آرمان، ن.، فرجی، م.، و خورسندی، ز. (۱۳۹۶). تعیین عوامل مؤثر بر رسوب‌دهی با استفاده از روش‌های آماری، مطالعه موردی: حوزه سیدآباد. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۲(۲)، ۱۹۰-۲۰۴.
- کاظم پور، ک.، بشیری، م.، و اکبری، م. (۱۳۹۶). مدل‌سازی رابطه بین خصوصیات فیزیکی حوزه زهکش و رواناب و رسوب (مطالعه موردی: حوزه گرماب، استان خراسان رضوی). ترویج و توسعه آبخیزداری، ۵(۱۹)، ۱۰-۱.
- مافی غلامی، د.، و نوری کمری، ا. (۱۳۹۷). بررسی رابطه میان وقوع خشکسالی هیدرولوژیک و تغییرات گستره مانگروه‌های استان هرمزگان. علوم و فنون دریایی، ۱۷(۲)، ۸۲-۹۵.
- مصلحی، م.، یعقوب زاده، م.، بیژنی، ا.، و احمدی، ا. (۱۳۹۹). اندازه‌گیری و برآورد شاخص سطح برگ، زی‌توده و سطح ویژه درختان چنندل (*Rhizophora mucronata* Lam.) در جنگل‌های مانگروی سیریک. جنگل ایران، ۱۲(۳)، ۴۳۴-۴۲۱.
- معمودی، ر.، و آذری، م. (۱۳۹۶). ارتباط بین ویژگی‌های ژئومورفیک با رسوب آبخیز (مطالعه موردی: زیرحوزه‌های منتخب خراسان رضوی). پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۷(۴)، ۸۳-۱۰۱.
- نصری، م.، و نجفی، ع. (۱۳۹۴). تعیین روابط ریاضی نسبت تحویل رسوب (SDR) و عوامل حوزه‌ای. اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۲(۲)، ۱۲-۱.
- هنربخش، ا.، نیازی، ع.، سلطانی کویابی، س.، و طهماسبی، پ. (۱۳۹۸). مدل‌سازی رابطه میزان رسوبات معلق و ویژگی‌های هیدرولوژیکی و محیطی حوزه (مطالعه موردی: حوزه سد دز). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۸(۱)، ۱۱۷-۱۰۵.
- Berger, U., Rivera-Monroy, V.H., Doyle, T.W., Dahdouh-Guebas, F., Duke, N.C., Fontalvo-Herazo, M.L., Hildenbrandt, H., Koedam, N., Mehlig, U., Piou, C., and Twilley, R. R. (2008). Advances and limitations of individual-based models to analyze and predict dynamics of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 260-274.
- Cintron, G., Lugo, A.E., Pool, D.J., and Morris, G. (1978). Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica*, 10(2), 110-121.
- Cunha-Lignon, M., Coelho Jr, C., Almeida, R., Menghini, R., Correa, F., Schaeffer-Novelli, Y., Cintrón-Molero, G., and Dahdouh-Guebas, F. (2009). Mangrove forests and sedimentary processes on the South of Coast of São Paulo State (Brazil). *Journal of Coastal Research*, 405-409.
- Davis, S. M., Childers, D.L., Lorenz, J.J., Wanless, H. R., and Hopkins, T.E. (2005). A conceptual model of ecological interactions in the mangrove estuaries of the Florida Everglades. *Wetlands*, 25(4), 832-842.
- Gardiner, V., and Park, C.C. (1978). Drainage basin morphometry: review and assessment. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2(1), 1-35.
- Gellis, A.C. (2013). Factors influencing storm-generated suspended-sediment concentrations and loads in four basins of contrasting land use, humid-tropical Puerto Rico. *Catena*, 104, 39-57.
- Ghasemi, A., Fallah, A., and Joibary, S.S. (2016). Allometric equations for estimating standing biomass of *Avicennia marina* in Bushehr of Iran. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2), 691-697.
- Giri, C. (2016). Observation and monitoring of mangrove forests using remote sensing: Opportunities and challenges. *Remote Sensing*, 8(9), 783-788.
- Gu, Z. K., Fan, H., and Song, Z.J. (2019). Quantitative analysis of the macro-geomorphic evolution of Buyuan Basin, China. *Journal of Mountain Science*, 16(5), 1035-1047.
- Hai, N.T., Dell, B., Phuong, V.T., and Harper, R. J. (2020). Towards a more robust approach for the restoration of mangroves in Vietnam. *Annals of Forest Science*, 77(1), 1-18.
- Harmel, R.D., King, K.W., and Slade, R.M. (2003). Automated storm water sampling on small watersheds. *Applied Engineering in Agriculture*, 19(6), 667-674.
- Himes-Cornell, A., Pendleton, L., and Atiyah, P. (2018). Valuing ecosystem services from blue forests: a systematic review of the valuation of salt marshes, sea grass beds and mangrove forests. *Ecosystem Services*, 30(A), 36-48.
- Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275-370.
- Jayanthi, M., Thirumurthy, S., Muralidhar, M., and Ravichandran, P. (2018). Impact of shrimp aquaculture development on important ecosystems in India. *Global Environmental Change*, 52, 10-21.
- Jennerjahn, T. C., and Ittekkot, V. (2002). Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. *The Science of Nature*, 89(1), 23-30.
- Kirpich, Z.P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil engineering*, 10(6), 362.
- Mayaux, P., Holmgren, P., Achard, F., Eva, H., Stibig, H.J., and Branthomme, A. (2005). Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), 373-384.
- Mazda, Y., Kanazawa, N., and Kurokawa, T. (1999). Dependence of dispersion on vegetation density in a tidal creek-mangrove swamp system. *Mangroves and Salt Marshes*, 3(1), 59-66.
- Meshram, S.G., and Sharma, S.K. (2017). Prioritization of watershed through morphometric parameters: a PCA-based approach. *Applied Water Science*, 7(3), 1505-1519.
- Miller, V.C. (1953) A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. Department of Geology Columbia University, New York, 389-402.

- Nóbrega, G.N., Ferreira, T.O., Romero, R.E., Marques, A.G.B., and Otero Pérez, X.L. (2013). Iron and sulfur geochemistry in semi-arid mangrove soils (Ceará, Brazil) in relation to seasonal changes and shrimp farming effluents. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(9), 7393-7407.
- Nooka Ratnam, K., Srivastava, Y.K., Venkateswa Rao, V., Amminedu, E., and Murthy, K.S.R (2005) Check dam positioning by prioritization of microwatersheds using SYI model and Morphometric analysis - Remote sensing and GIS perspective. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33(1), 25-38.
- Otero Pérez, X.L., and Macías Vazquez, F. (2010). *Biogeochemistry and pedogenetic process in saltmarsh and mangrove systems (Environmental Science, Engineering and Technology)*. UK: Nova Science Publishers, 259p.
- Ouyang, Y. (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water research*, 39(12), 2621-2635.
- Praveena, S.M., Kwan, O.W., and Aris, A.Z. (2012). Effect of data pre-treatment procedures on principal component analysis: a case study for mangrove surface sediment datasets. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(11), 6855-6868.
- Ramanathan, A.L., Rajkumar, K., Majumdar, J., Singh, G., Behera, P.N., Santra, S.C., and Chidambaram, S. (2009). Textural characteristics of the surface sediments of a tropical mangrove Sundarban ecosystem India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences (IJMS)*, 38(4), 397-403.
- Roy, A.H., Wenger, S.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J., Ladson, A.R., Shuster, W.D., Thurston, H.W., and Brown, R.R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: lessons from Australia and the United States. *Environmental Management*, 42(2), 344-359.
- Saatchi, S.S., Harris, N.L., Brown, S., Lefsky, M., Mitchard, E.T.A., Salas, W., Zutta, B.R., Buermann, W., Lewis, S.L., Hagen, S., Petrova, S., White, L., Silman, M., and Morel, A. (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(24), 9899-9904.
- Sabzian, M. (2010). *Iran tourism, comprehensive book*. Tehran: Kamel Publications, 400p.
- Safa, O., Soltanipoor, M.A., Rastegar, S., Kazemi, M., Nourbaksh Dehkordi, K., and Ghannadi, A. (2013). An ethnobotanical survey on hormozgan province, Iran. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3(1), 64-81.
- Schumm, S.A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597-646.
- Sharma, P., Singh, P., and Tiwari, A.K. (2009). Effects of *Lantana camara* invasion on plant biodiversity and soil erosion in a forest watershed in lower Himalayas, India. *Indian Journal of Forestry*, 32(3), 369-374.
- Soni, S. (2017). Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya Pradesh India using geospatial technique. *Applied Water Science*, 7(5), 2089-2102.
- Spencer, T., Möller, I., and Reef, R. (2016). *Mangrove Systems and Environments*. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier, 10, 360-391.
- Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
- Walton, M.E.M., Al-Maslamani, I., Skov, M.W., Al-Shaikh, I., Al-Ansari, I.S., Kennedy, H.A., and Le Vay, L. (2014). Outwelling from arid mangrove systems is sustained by inwelling of seagrass productivity. *Marine Ecology Progress Series*, 507, 125-137.
- Weston, D., and Velez, R. (2009). Controlling Saltwater Intrusion to Environmental Sensitive Areas Due to the Construction of the Rio Anton Ruiz Flood Control Project. *World Environmental and Water Resources Congress, Great Rivers*, May 2009, 1-11.
- Wolanski, E. (1992). Hydrodynamics of mangrove swamps and their coastal waters. *Hydrobiologia*, 247(1-3), 141-161.
- Woodroffe, C. (1992). Mangrove sediments and geomorphology. 7-41. In: Robertson, A., and Alongi, D. *Tropical mangrove ecosystems (Coastal and estuarine studies)*. USA: Wiley, 330p.
- Ziegler, A.D., Benner, S.G., Tantasirin, C., Wood, S.H., Sutherland, R.A., Sidle, R.C., Jachowski, N., Nullet, M.A., Xi, L.X., Snidvongs, A., Giambelluca, T.W., and Fox, J.M. (2014). Turbidity-based sediment monitoring in northern Thailand: hysteresis, variability, and uncertainty. *Journal of Hydrology*, 519(B), 2020-2039.

Relationship between physiographical characteristics of watersheds and mangrove forests formation (case study: Hormozgan province)

Atefeh Ravanpak ^{*1}, Yahya Esmailpour ², Alireza Kamali ³



Research Article

1. M.Sc. in Desert Management and Control, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran.

atefeh.ravanpak4681@gmail.com

* Corresponding author

2. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

y.esmaeilpour@hormozgan.ac.ir

3. Director of the Study Center of the Natural Resources Department of Hormozgan Province, Bandar Abbas, Iran.

alireza_77kamali@yahoo.com

Article Code: 2104-1005

Continous Pagination: 282-293

Received: 12 April 2021

Accepted: 13 January 2022

Online: 20 February 2023

Review speed: 307 days

Citation:

Ravanpak, A., Esmailpour, Y., and Kamali, A. (2023). Relationship between physiographical characteristics of watersheds and mangrove forests formation (case study: Hormozgan province). *Ecosystem Management*, 2(4), 1-12.

Abstract

Despite the importance of mangrove forests, mismanagement and insufficient knowledge about the environmental factors affecting these ecosystems is the first step in their sustainable management. In this research we extracted the drainage structure of watersheds from the digital elevation model (DEM) by 30 meters cell size and the 81 basins on the coastline of Hormozgan province were identified and partitioned. Then 22 morphological variables for each watershed were calculated using computational methods and geographic information system software features. In the next step, the principal component analysis (PCA) used for dimension reduction and feature selection to investigate the correlation between the formation of mangrove forests and upland watersheds characteristics. Based on principal components analysis results six watershed variables identified as independent variables and entered to the regression model. The results showed 93.21% of the variance of the dependent variables explained by these six variables which including: equivalent circle diameter, time of concentration (Kirpich method), Horton coefficient, the maximum elevation and the main stream variables. The equivalent circle diameter was the first effective factor and had a direct relationship while the Kirpich time of Concentration and Gravelius or compactness coefficient were also considered as very important factors with an inverse effect on the presence and area of mangrove forests downstream. Generally, the results of this study indicated a strong systemic relationship between upstream watersheds and coastal and downstream mangrove ecosystems, and in the management and protection of these ecosystems, the characteristics of the upstream watershed should be considered.

Key Words: Coastal Ecosystem, Principal Components Analysis (PCA), Geographic information System (GIS), Multivariate Regression, Sedimentary Process.