

## ارزیابی تخریب سرزمین با پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی و پارامترهای اقلیمی در مناطق ساحلی جنوب ایران با استفاده از مدل Ca - Markov

سیدعلیرضا حسینی: دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

حمید غلامی\*: دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

یحیی اسماعیل‌پور: استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

آرتمی سردا<sup>۱</sup>: استاد گروه جغرافیا، دانشگاه والنسیا، اسپانیا

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۷)

### چکیده

تغییرات کاربری معمولاً در اثر عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی (جنگل‌زدایی، شهرنشینی، کشاورزی غیراصولی و چرای زیاد) ایجاد می‌شود. دو پارامتر (دما و بارش) در پهنه‌بندی و طبقه‌بندی‌های اقلیمی نقش عمده‌ای دارد و از عوامل مؤثر بر فعالیت‌های انسانی، طبیعی، اقتصادی و کشاورزی به شمار می‌رود. در این تحقیق، روند تغییرات کاربری اراضی مناطق ساحلی جنوب ایران طی دوره‌ی ۲۱ ساله (۱۳۷۷ - ۱۳۹۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست (سنجنده‌های TM و OLI) و روش حداکثر احتمال (به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای) بررسی شد. از SAVI نیز به عنوان شاخصی برای بررسی روند تخریب سرزمین و بیابان‌زایی و نشان دادن پویایی پوشش گیاهی استفاده شد. به منظور ترسیم نقشه‌های دما و بارش، از روش میان‌یابی عکس مربع فاصله (IDW) استفاده شد. برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش در بازه زمانی مورد اشاره نیز از مدل سلول خودکار CA-Markov استفاده شد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش برای بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸ به ترتیب، بیانگر افزایش طبقه کاربری مناطق انسان‌ساخت، اراضی شور و کاهش طبقه کاربری پوشش گیاهی و افزایش دما و پراکنش نامنظم بارش می‌باشد. یافته‌های مدل برای سال ۱۴۱۸ به گونه‌ای است که در صورت ادامه‌ی روند موجود در مناطق ساحلی، طبقه اراضی شور، مناطق انسان‌ساخت با افزایش ۴ و ۱/۵ درصدی تغییرات و کاربری پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی نیز با رشد سینوسی و اندک همراه می‌باشد. روند مشاهدات تغییرات SAVI نیز نشان داد که طبقات ۰/۴ - ۰/۲ و ۰/۶ - ۰/۴ به ترتیب روند افزایشی و کاهشی، ۱/۸ و ۱/۷ - درصدی را دنبال می‌کند. همچنین نتایج پیش‌بینی تغییرات دمایی و بارش حاکی از این است که طبقه دمایی ۲۷ - ۲۵/۵ درجه سانتیگراد در منطقه با افزایش ۱۷ درصدی تغییرات روبروست. طبقات بارش > ۱۵۰ و ۲۵۰ - ۳۰۰ میلی‌متر نیز به ترتیب با روند افزایشی و کاهشی همراه می‌باشد. بنابراین، با توجه به نتایج تغییرات کاربری اراضی و روند سینوسی و کاهشی فراوانی پوشش گیاهی، همچنین افزایش دما و پراکنش نامنظم بارش می‌توان نتیجه گرفت که مناطق ساحلی جنوب تحت تأثیر عوامل اثرگذار اقلیمی - انسانی است و گرایش منطقه نیز به سمت بیابانی شدن و تخریب سرزمین می‌باشد.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی، تخریب سرزمین، کاربری اراضی، مناطق ساحلی، مدل Ca - Markov.

## ۱- مقدمه

تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین یکی از مهم‌ترین مباحث محیط زیستی قابل توجه در دنیا می‌باشد (Guan et al, 2011). تغییر کاربری، از بین رفتن پوشش گیاهی و تخریب زیستگاه‌ها از دلایل عمده‌ی از بین رفتن تنوع زیستی به شمار می‌رود. چنین تغییراتی معمولاً در اثر عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی (جنگل زدایی، شهرنشینی، کشاورزی غیر اصولی، چرای زیاد) ایجاد می‌شود که پس از آن، تخریب سرزمین صورت می‌گیرد. تخریب سرزمین، فرایندی جهانی است که چندین علت دارد. عواملی که مستلزم کاهش کلی ظرفیت ارائه‌ی کالاها و خدمات اکوسیستم توسط محصولات زراعی، مراتع و جنگل‌ها می‌باشد و با رسیدن به آخرین مرحله - که بیابان‌زایی است - برگشت‌ناپذیر می‌شود (Montanarella, 2007). درک علل و ماهیت تغییرات اقلیمی از مهم‌ترین اهداف جمع‌آوری داده‌های هواشناسی و پایش پدیده‌های اقلیمی است. در این راستا، دو پارامتر بارش و دما همواره از سوی محققان قابل توجه بوده‌است؛ چرا که این دو پارامتر، مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی محسوب می‌شود که در پهنه‌بندی و طبقه‌بندی‌های اقلیمی نقش عمده‌ای دارد و از عوامل مؤثر بر فعالیت‌های انسانی، طبیعی، اقتصادی و کشاورزی به شمار می‌رود (Khorshid doost et al, 2018).

آشکارسازی تغییرات و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی و پارامترهای دما و بارش، در ایجاد دید کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی، حفاظت اراضی و اتخاذ تدابیر سیاست‌های درازمدت بسیار مؤثر می‌باشد. روش‌های زیادی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی، دما و بارش وجود دارد که می‌توان به مدل آماری، هیبرید، تکاملی، سیستمی و Cellular اشاره کرد. مدل Cellular شامل مدل‌های مارکوف و CA است و آنالیز مارکوف ماتریس‌هایی را به کار می‌برد که تمامی تغییرات کاربری زمین را میان تمامی گروه‌های منحصر به فرد این کاربری نشان می‌دهد (Mondal et al, 2016). توانایی مدل CA مارکوف به طور وسیع در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین، پیش‌بینی رشد شهری و شهرنشینی و وضع هوا شناخته شده‌است (Khosh goftar et al, 2011). روش زنجیره‌ی مارکوف از جمله مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های پیش‌بینی آماری در علوم جوی است که در سال‌های اخیر از سوی بسیاری از محققان در پژوهش‌های مختلف قابل توجه قرار گرفته‌است.

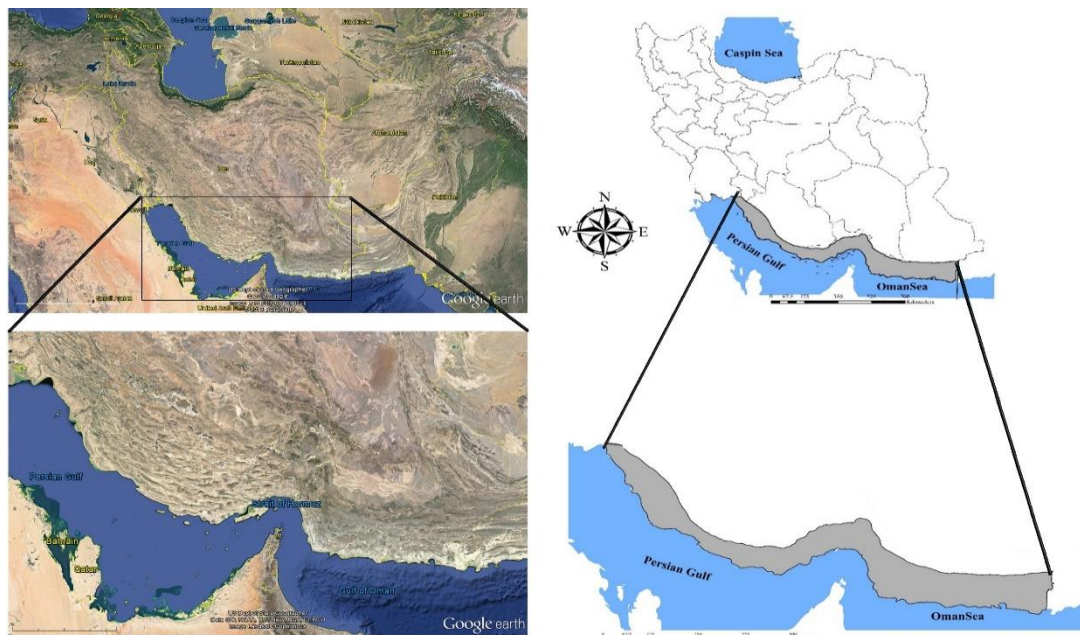
در مطالعات انجام شده، Salehi و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ی CA مارکوف در حوزه آبخیز صفارود رامسر به این نتایج رسیدند که کاربری مناطق انسان‌ساخت و اراضی مسکونی در فاصله‌ی زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۸، دارای بیشترین رشد می‌باشد. اراضی جنگلی و مراتع نیز به ترتیب به میزان ۴/۹ و ۱/۷ درصد کاهش می‌یابد که نتایج بیانگر تغییرات کاربری به سمت اراضی مسکونی است. همچنین یافته‌های تحقیق Halebian و Soltanian (۲۰۱۷) نشان داد که در طی دوره‌ی مورد مطالعه، پوشش گیاهی بیشترین تغییرات را داشته‌است. این حجم تغییر طی دوره‌ی ۱۹۸۶-۱۹۹۴ می‌باشد که ۱۰۶۲ کیلومتر مربع کاهش را نشان می‌دهد. از طرفی، بیشترین شدت افزایش مناطق شور و بیابانی نیز طی دوره‌ی ۱۹۹۴-۲۰۰۰ رخ داده‌است که حدود ۴۹۵ کیلومتر مربع افزایش را نشان می‌دهد. در نهایت مشخص شد که بیشترین تغییرات طی دوره‌ی ۲۰۱۶-۲۰۲۴ در پوشش گیاهی رخ خواهد داد که در آن حدود ۶۰ درصد از پوشش گیاهی منطقه از بین خواهد رفت و اراضی بایر جایگزین آن خواهد شد. اراضی شور و بیابانی نیز جایگزین حدود ۳/۳ درصد از اراضی بایر، حدود ۱ درصد از پوشش گیاهی و کمتر از

۰/۰۱ درصد از شهر و تالاب گاوخونی می‌شود. Maher و همکاران (۲۰۱۸) نیز در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA-Markov در منطقه‌ی سریمبان مالزی در سال ۲۰۳۰ به این نتایج رسیدند که اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی و شهری تبدیل می‌شود و این تغییرات ناشی از افزایش جمعیت و توسعه‌ی اقتصادی می‌باشد. Alijani و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل وضعیت نهان زنجیره‌ی مارکوف، رفتار بارش سالیانه سه ایستگاه شیراز، جاسک و بوشهر را - که طولانی‌ترین دوره‌ی آماری را در جنوب ایران داشتند - مدل‌سازی کردند. نتایج پژوهش آنها حاکی از یکسان بودن شدت ساختار تداوم ایستگاه‌ها است.

مناطق ساحلی در گوشه و کنار جهان از اهمیت زیادی برخوردار است. سواحل هر کشور از نظر اقتصادی، اجتماعی و سیاسی حتی نظامی اهمیت خاصی دارد؛ زیرا از یک سو حدود ۷۵ درصد سطح زمین از اقیانوس‌ها و دریاها تشکیل شده است و از سوی دیگر، بسیاری از تأسیسات زیربنایی در مناطق ساحلی قرار دارد. سواحل جزئی از سیستم زمین است که اکثریت انسان‌ها آن را برای محل سکونت خود برمی‌گزینند؛ به طوری که حدود ۶۰ درصد از جوامع در مناطق ساحلی زندگی می‌کنند. در حالی که در قرن بیستم شاهد به مخاطره افتادن وضعیت این مناطق حساس و باارزش بوده‌ایم (Cracknell et al, 1999). با توجه به گستره‌ی مناطق ساحلی در کشور، اهمیت استراتژیک این مناطق و کم توجهی به آن، پایش تغییرات پوشش و کاربری با رویکرد تخریب سرزمین و بیابان‌زایی امری الزامی است. بنابراین، درک ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و عوامل محرک آنها بسیار مهم است تا دانشمندان، مدیران و سیاست‌گذاران بتوانند استراتژی‌های حفاظت از طبیعت را طراحی کنند و سیاست‌های آگاهانه و مناسبی را در مورد استفاده از اراضی با هدف حفظ برخی از ویژگی‌های منحصر به فرد آن اتخاذ کنند. اطلاعات دقیق در مورد تغییر کاربری و پوشش، برای درک علل تغییر و تدوین سیاست‌ها و راهبردهای مؤثر برای کاهش سرعت و معکوس کردن تخریب سرزمین بسیار مهم است (Rogan and chen, 2004). هدف از این مطالعه، پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی همراه با تغییرات دما و بارش در فاصله‌ی سال‌های ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸ در محدوده‌ی سواحل جنوبی ایران در سه استان ساحلی سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بوشهر در مناطق ساحل جنوبی ایران می‌باشد که به کمک مدل CA مارکوف و با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM و OLI) و داده‌های هواشناسی (دما و بارش) اجرا می‌شود.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه در این تحقیق، پهنای شرقی تا غربی جنوب ایران را در بر می‌گیرد که مناطق ساحلی استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بوشهر را شامل می‌شود. مرز منطقه‌ی مورد مطالعه، به صورت ۶۰ کیلومتر از خط ساحلی در نظر گرفته شد که بیشترین خصوصیات مناطق ساحلی را دارا باشد (PAK, 2005). این محدوده در منطقه‌ای بین طول شرقی ۵۰ درجه ۶ دقیقه تا ۶۱ درجه ۵۴ دقیقه و عرض شمالی ۲۵ درجه ۴ دقیقه تا ۳۰ درجه ۱۵ دقیقه قرار گرفته است. از لحاظ اقلیم و شرایط محیطی، نوار ساحلی جزء نواحی گرم و مرطوب محسوب می‌شود. تابستان‌های نسبتاً طولانی و زمستان‌ها که فقط در دو ماه دی و بهمن هوا تا حدی سرد است. این کرانه به علت مجاورت با دریا، رطوبت بسیار بالایی دارد؛ حداکثر دمای هوا در این مناطق در تابستان به ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد و حداکثر رطوبت نسبی به ۷۰ درصد می‌رسد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

### ۳- مواد و روش‌ها

#### جمع‌آوری آمار و اطلاعات تحقیق

محدوده‌ی زمانی تحقیق، بازه ۲۱ ساله از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. کلیدی داده‌های مورد استفاده در تحقیق شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ی توپوگرافی و سایر نقشه‌های موضوعی مرتبط با تحقیق، در این بازه زمانی جمع‌آوری و تهیه شد. تصاویر ماهواره‌ای لندست (OLI، ETM<sup>+</sup> و TM) مطابق جدول شماره‌ی (۱) از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا<sup>۱</sup> دریافت شد. اطلاعات هواشناسی مربوط به دو پارامتر دما و بارش نیز از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. همچنین در این پژوهش از نرم‌افزار GIS 10/4, IDRISI SELVA ARC و Google Earth استفاده شد.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

تاریخ میلادی	ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک مکانی
۱۹۹۸	لندست ۴	TM	۳۰
۲۰۱۹	لندست ۸	OLI	۳۰

#### پیش‌پردازش، طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای و تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی

در این تحقیق به منظور دستیابی به روند تغییرات کمی کاربری پوشش اراضی، پردازش تصاویر ماهواره‌ی لندست (OLI، ETM<sup>+</sup> و TM) در ۲ دوره‌ی مربوط به سال‌های (۱۳۷۷، ۱۳۹۸) در محدوده‌ی ساحلی استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و بوشهر بررسی شد. از این رو قبل از به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای، فرایند پیش‌پردازش - که شامل دو گام تصحیحات هندسی و رادیومتریک است - انجام شد. سپس برای استخراج اطلاعات مفید از داده‌های

<sup>1</sup> United States Geological Survey

ماهواره‌ای، الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی انتخاب شد؛ به همین منظور، از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال<sup>۱</sup> استفاده شد (Mather, 1999). پیش نیاز استفاده از این الگوریتم به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره، انتخاب نمونه‌های تعلیمی است. در این مطالعه با توجه به کیفیت داده‌ها برای دوره‌ی زمانی، نمونه‌های تعلیمی برای طبقات کاربری و پوشش اراضی تهیه و پس پردازش‌های طبقه‌بندی به منظور افزایش کیفیت و دقت این طبقه‌بندی اجرا شد. سپس با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ی مربوط به مناطق کوهستانی استخراج و با استفاده از الگوریتم UPDATE در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به نقشه‌ی حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال اضافه شد. به این ترتیب با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و قابلیت‌های کم و بیش شناخته شده‌ی تصاویر مورد استفاده، در استخراج اطلاعات مفید به ویژه تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی و پوشش زمین، شش طبقه کاربری شامل پوشش گیاهی، پهنه‌های آبی، اراضی شور، ماسه‌زار، کوه و مناطق انسان‌ساخت مد نظر قرار گرفت.

### محاسبه‌ی شاخص پوشش گیاهی SAVI<sup>۲</sup>

این شاخص این امکان را فراهم می‌سازد که نواحی دارای پوشش گیاهی از سطوح بدون پوشش جدا شود. برای محاسبه‌ی این شاخص از باند سوم (قرمز - R) و باند چهارم (مادون قرمز - NIR) تصاویر ماهواره‌ی لندست (سنجده TM<sup>+</sup> و ETM<sup>+</sup>) و باند چهارم (قرمز - R) و پنجم (مادون قرمز - NIR) (سنجده OLI) استفاده شد. این شاخص در رابطه‌ی (۱) نشان داده شده‌است. با توجه به تنوع شاخص‌های پوشش گیاهی، بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد شاخص SAVI، مطلوب‌ترین شاخص پوشش گیاهی در مناطق خشک است که از آن به منظور بررسی روند تخریب و بیابان‌زایی و نشان دادن پویایی پوشش گیاهی استفاده می‌شود؛ ضریب L بین ۱٪ برای خاک لخت تا ۱۰۰٪ برای پوشش گیاهی متغیر است که معمولاً این ضریب ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود رابطه‌ی (۲). Kharazmi و همکاران (۲۰۱۶) و Nateghi و همکاران (۲۰۱۶) این امر را تأیید می‌کنند.

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - RED)}{NIR + RED + L} \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

رابطه‌ی ۲

$$L = 1 - (2 \times a \times NDVI \times WDWI) = \frac{(2 \times NIR^2 \times R^2) + (1.5 \times NIR + 0.5 \times R)}{NIR + R + 0.5}$$

NIR: برابر با ارزش بازتاب باند مادون قرمز نزدیک، R: برابر با ارزش بازتاب باند قرمز، A: برابر با زاویه‌ی بین خط خاک و محور، NIR - WDWI: برابر با شاخص پوشش گیاهی وزنی و NDVI: برابر با شاخص پوشش گیاهی نرمال شده‌است.

<sup>۱</sup> Maximum Likelihood

<sup>۲</sup> Soil adjusted vegetation Index

بعد از اجرای تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک تصاویر ماهواره‌ای، شاخص SAVI در نرم‌افزار ENVI ۵/۳ محاسبه شد.

### تهیه نقشه‌های دما و بارش

برای تهیه نقشه‌های دو متغیر دما و بارش، آمار ۳۲ ایستگاه سینوپتیک فعال در منطقه - که شامل ۵ استان سیستان بلوچستان، هرمزگان، بوشهر، فارس و خوزستان است - بررسی و برای ترسیم نقشه‌های هم‌ارزش نیز از روش میان‌یابی عکس مربع فاصله<sup>۱</sup> (IDW) استفاده شد (Salimi et al, 2018) و (Eskandari et al, 2019). در این روش بر اساس نقاط همسایه، برازش داده تولید می‌شود و به نقاط مجاور بر اساس نسبت فاصله‌ی آنها از نقطه‌ی مجهول وزنی خاص اختصاص می‌یابد. در حقیقت نوعی میانگین‌گیری وزنی صورت می‌گیرد. مقدار تخمینی در این روش از رابطه‌ی (۳) به دست می‌آید.

$$z_{x0} = \frac{\sum_{i=1}^{\alpha} z_x d_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^{\beta} d_i^{-\alpha}}$$

رابطه‌ی ۳

که در آن  $z_{x0}$ : مقدار تخمینی متغیر  $Z$  در نقطه‌ی  $x_0$ ;  $z_{x1}$ : مقدار نمونه در نقطه‌ی  $x_1$ ;  $d_i$ : فاصله‌ی نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین و  $\alpha$ : ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند (Ahmad auli, 2009).

### ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی و پیش‌بینی

برای ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی، به طور متوسط ۱۲۰ نقطه‌ی تعلیمی در هر کلاس کاربری بر روی تصویر گوگل ارث و برداشت میدانی توسط دستگاه موقعیت‌یاب زمینی (GPS) و پس‌پردازش تصاویر انجام شد (Koch and Landis, 1977). برای صحت مدل سلول‌های خودکار - مارکوف برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی و دما و بارش، از شاخص کاپا استفاده شد. ضریب کاپا نیز به وسیله‌ی نرم‌افزار ENVI ۵/۳ با استفاده از روابط (۴، ۵، ۶) به دست آمد.

$$\emptyset = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ii} = 1p_{ii}$$

رابطه‌ی ۴

$$k = \frac{\emptyset 1 - \emptyset 2}{1 - \emptyset 2}$$

رابطه‌ی ۵

$$k = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n p_{ix} p_{xi} = 1p_{ix} p_{xi}$$

رابطه‌ی ۶

در این رابطه‌ها  $n$  برابر با تعداد کل نمونه‌های آموزشی،  $p_{ii}$  عناصر قطر اصلی،  $p_{ix}$  جمع ستون‌ها و  $p_{i}$  جمع ردیف‌هاست.

<sup>1</sup> inverse distance weighted



## مدل زنجیره مارکوف CA-Markov

CA به عنوان روشی با پویایی زمانی - مکانی می‌تواند تغییرات را در فضای دو بعدی شبیه‌سازی کند. از این روش به صورت گسترده در بسیاری از زمینه‌های جغرافیایی به خصوص پیش‌بینی رشد شهر و تغییرات کاربری استفاده شده است (Stevens et al, 2007). مدل سلول خودکار مارکوف، سیستمی دینامیک و گسسته در مکان و زمان است که بر روی یک شبکه‌ی منظم از سلول‌ها عمل می‌کند و داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توانند به طور مؤثری در آن مشارکت داده شوند (Li and Reynolds, 1997). در مدل سلول خودکار - مارکوف، پروسه‌ی زنجیره‌ی مارکوف تغییرات زمانی را میان کلاس کاربری زمین، شاخص پوشش گیاهی، دما و بارش بر اساس احتمالات تبدیل کنترل می‌کند؛ در حالی که تغییرات مکانی به وسیله‌ی قوانین محلی تعیین CA یا نقشه‌های شایستگی کنترل می‌شود. بنابراین با استفاده از مدل سلول خودکار - مارکوف، وضعیت پیکسل‌ها برای پیش‌بینی تغییرات وضعیت آنها در آینده از قوانین خاصی پیروی می‌کنند؛ در ابتدا با به کارگیری مدل زنجیره‌ی مارکوف، احتمال تغییر طبقات نقشه کاربری پوشش گیاهی، دما و بارش به یکدیگر در قالب ماتریس احتمال تغییر وضعیت و بر مبنای تغییرات مساحتی به وقوع پیوسته بین زمان  $t_0$  و  $t_1$  محاسبه می‌شود. خروجی مدل مارکوف (ماتریس تغییر وضعیت کاربری‌ها، پوشش گیاهی، دما و بارش) از نظر ماهیت، غیرمکانی است؛ به عبارتی، در آن هیچ دانش و آگاهی از موقعیت جغرافیایی کاربری‌های زمین وجود ندارد. برای پیش‌بینی موقعیت مکانی (کاربری‌ها، دما و بارش) در زمان  $t+1$  تکنیک سلول‌های خودکار به همراه این مدل استفاده می‌شود؛ به این صورت که نقشه‌ی آینده‌ی تغییرات با استفاده از نقشه‌های شایستگی تبدیل<sup>۱</sup> با اعمال فیلتر مجاورت<sup>۲</sup> و طی فرآیند تخصیص چند منظوره تهیه می‌شود. در حقیقت مدل سلول‌های خودکار مارکوف، مؤلفه‌های مجاورت مکانی و دانش کاربر نسبت به توزیع مکانی احتمال تبدیل کاربری‌ها را به مدل زنجیره مارکوف اضافه می‌کند (Kohonen, 2012 & Eastman, 2006 & Lambin, 1997 & Weng, 2002). در این تحقیق از تصاویر طبقه‌بندی شده و نقشه‌های دما و بارش در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۸ به عنوان نقشه‌های کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی، نقشه‌های دما و بارش برای تهیه‌ی ماتریس تبدیل وضعیت استفاده شد. این ماتریس حاوی اطلاعات درصد تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها می‌باشد. فاصله‌ی زمانی هر دو تصویر ۲۱ سال است پس از این بازه زمانی برای پیش‌بینی استفاده شد.

## ۴- یافته‌ها (نتایج)

## آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش در بازه زمانی (۱۳۷۷ - ۱۳۹۸)

بررسی روند تغییر کاربری اراضی در مناطق ساحلی جنوب طی ۲۱ سال - مطابق جدول (۲) - نشان می‌دهد که طبقه اراضی شور و مناطق انسان‌ساخت با افزایش ۸/۶ و ۱/۲ درصدی تغییرات، بیشترین رشد مساحت را در بین طبقات کاربری دارد. همچنین طبقات کاربری ماسه‌زار و پوشش گیاهی به ترتیب با کاهش مساحت ۳/۵ - درصد و ۶ - درصدی تغییرات روبروست و در طبقه کاربری پهنه‌های آبی نیز روند کاهشی مشاهده شد. روند مشاهدات تغییرات SAVI نشان می‌دهد که طبقه ۰/۲ - ۰ روند افزایشی ۰/۸ درصدی تغییرات نشان می‌دهد، همچنین طبقه ۰/۴ - ۰/۲ روند کاهشی

<sup>1</sup> Transition Suitability Maps

<sup>2</sup> Filter Contiguity

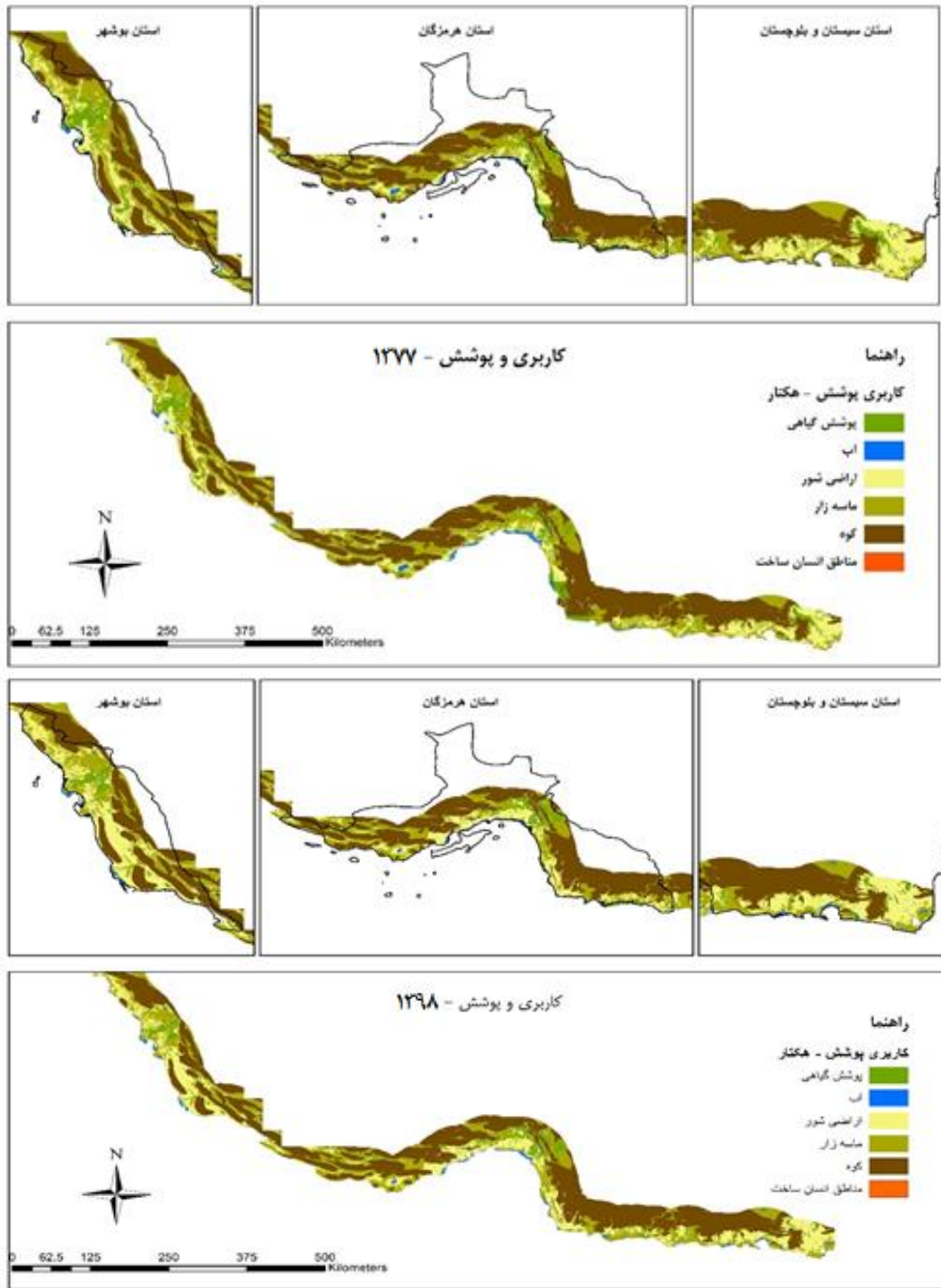
را دنبال می‌کند. نتایج تغییرات دمایی در بازه زمانی ۲۱ ساله نشان داد که طبقه دمایی  $<25/5>$  و  $<28/5>$  درجه سانتیگراد در منطقه با کاهش  $-0/7$  و  $-8/6$  درصد تغییرات روبروست. همچنین طبقه دمایی  $27-28/5$ ، آهنگ افزایشی  $9/7$  درصدی تغییرات را دنبال می‌کند. بررسی روند تغییرات بارش حاکی از این است که طبقه بارش  $>150$  میلیمتر در منطقه، روند افزایشی و طبقه بارش  $250-300$  میلیمتر، روند کاهشی را در پی داشته‌است.

جدول ۲: مساحت و درصد کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش در بازه زمانی ۱۳۷۷-۱۳۹۸

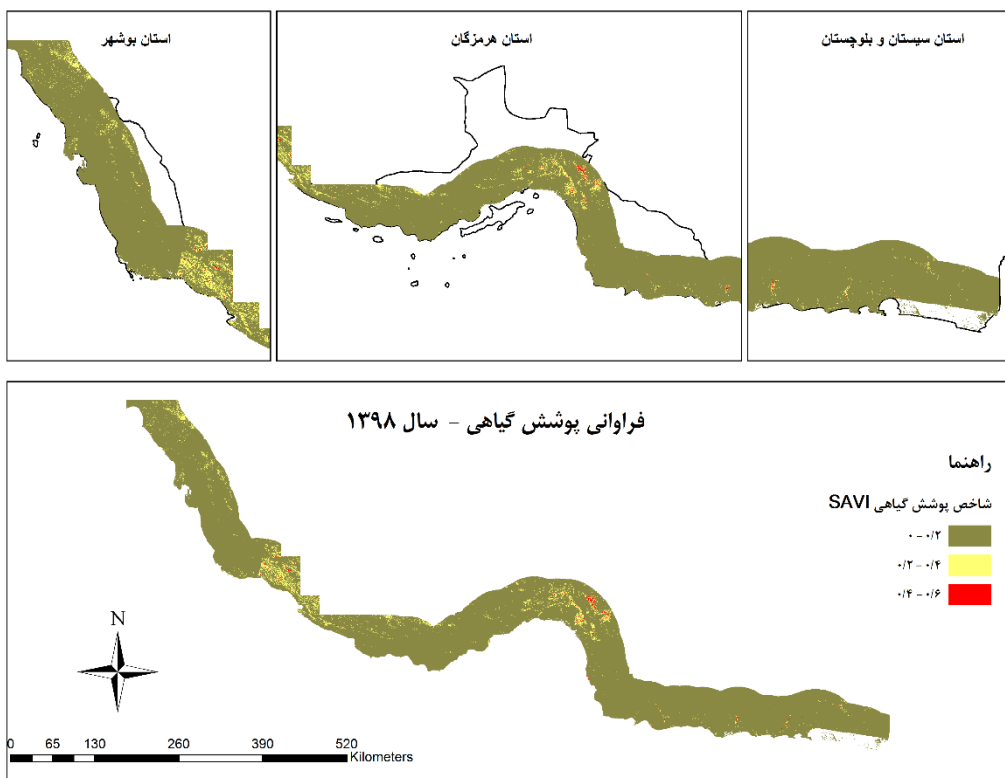
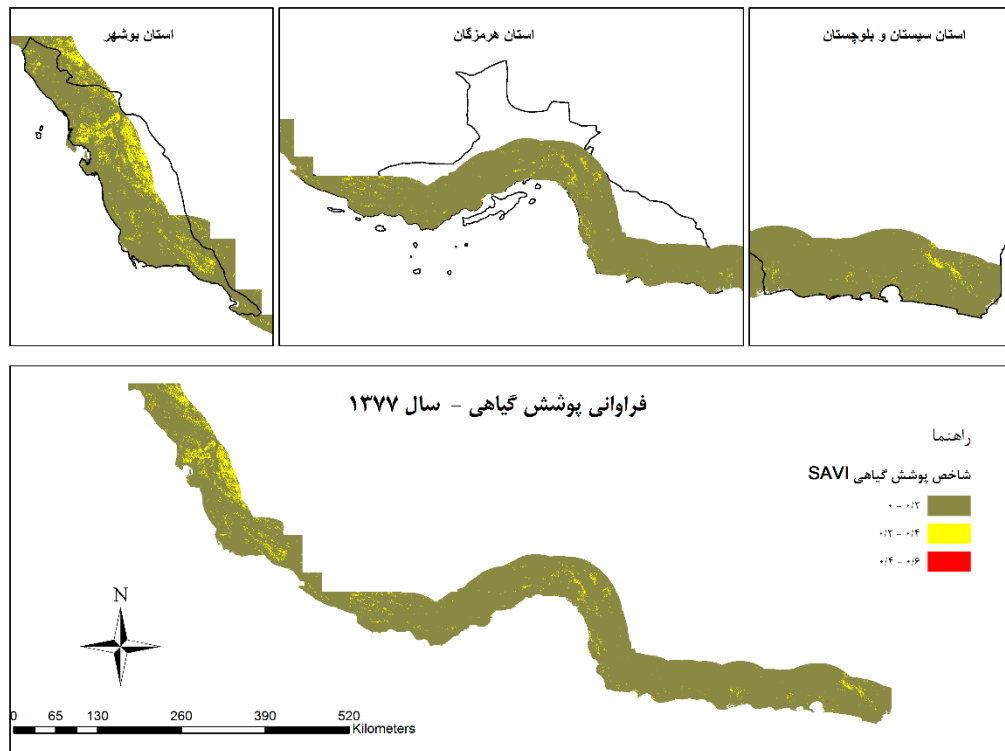
سال	۱۳۷۷	۱۳۹۸	۱۳۷۷-۱۳۹۸
طبقات کاربری	مساحت (هکتار)	مساحت (هکتار)	تغییرات (درصد)
پوشش گیاهی	۶۴۷۸۵۸	۴۸۳۵۸۰	-۳/۵
آب	۱۳۷۲۲۱	۱۲۲۲۲۸	-۰/۳
اراضی شور	۱۵۵۹۵۴۹	۱۹۵۹۸۱۰	۸/۶
ماسه‌زار	۲۲۴۹۶۳۰	۱۹۶۸۷۲۴	-۶
مناطق انسان‌ساخت	۵۲۷۲۲	۱۱۲۶۳۸	۱/۲
<b>SAVI</b>			
۰ - ۰/۲	۸۳۶۸۷۲۵	۸۴۳۱۰۲۵	۰/۸
۰/۲ - ۰/۴	۴۴۶۱۲۵	۳۷۱۴۵۰	-۰/۱
۰/۴ - ۰/۶	۲۴۱۲۵	۳۶۵۰۰	۰/۷
<b>دما (درجه سانتیگراد)</b>			
$<25/5$	۹۸۹۲۱	۳۵۱۵۲	-۰/۷
$27-25/5$	۹۳۵۰۵	۵۴۶۰۱	-۰/۴
$28/5-27$	۶۸۹۵۰۱	۱۵۷۰۰۰۱	۹/۷
$28/5<$	۸۱۳۳۱۰۲	۷۳۵۵۲۷۵	-۸/۶
<b>بارش (میلیمتر)</b>			
$<150$	۱۴۱۴۸۱۱	۲۹۰۱۱۲۰۱	۱۵/۵
$150-200$	۳۳۸۳۱۰۲	۳۲۸۵۳۰۲	۱
$200-250$	۲۰۵۲۱۱۰	۲۷۴۴۰۰۳	۷/۲
$250-300$	۲۵۱۷۴۰۰	۴۹۵۴۰۵	-۲۱/۱
$>300$	۱۹۸۷۰۰	۱۴۰۲۱۲	-۰/۶

روند تغییرات کاربری و پوشش، فراوانی پوشش گیاهی، دما و بارش سالیانه‌ی مناطق ساحلی جنوب ایران برای سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۸ در شکل‌های (۲،۳،۴،۵) نشان داده شده‌است.

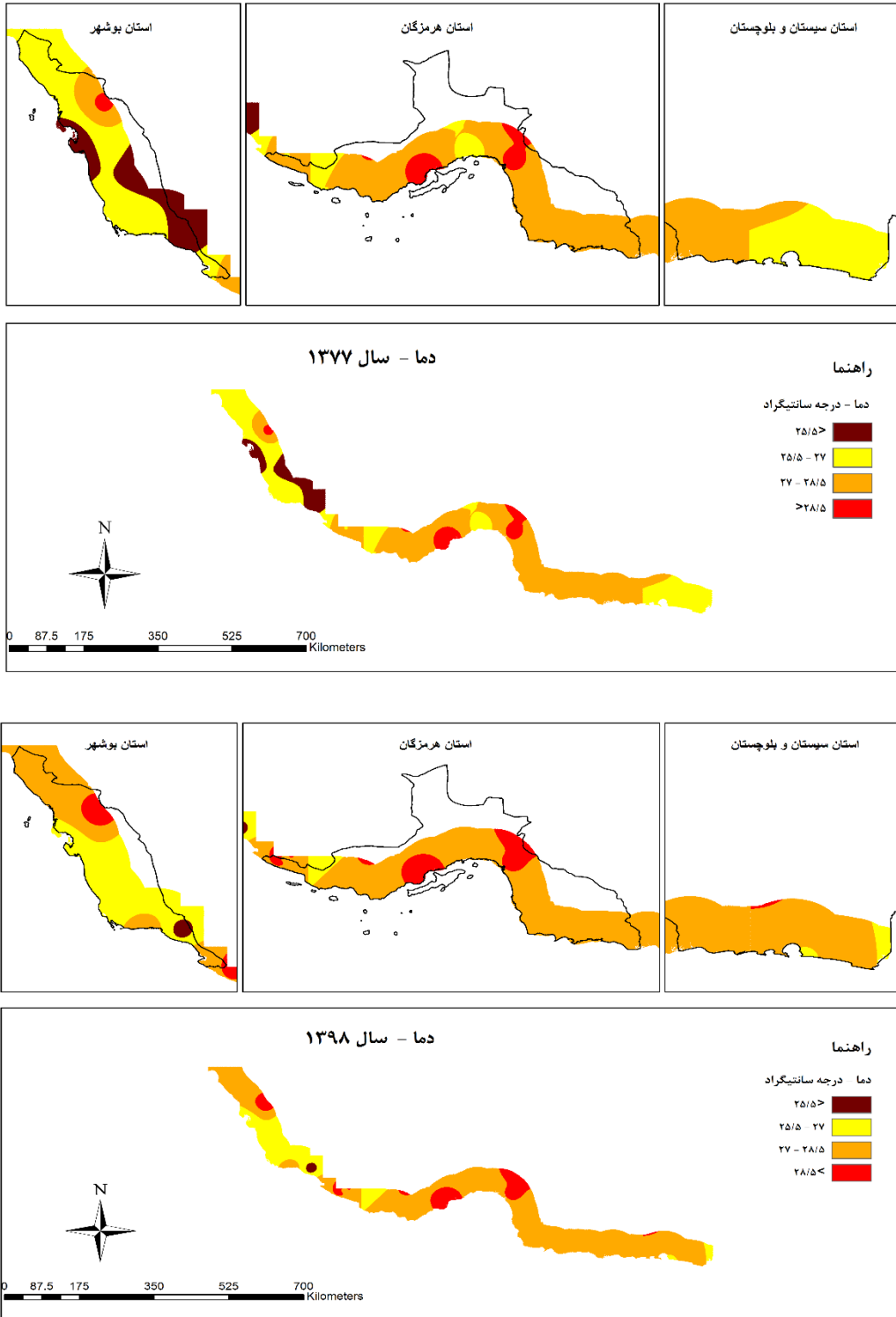




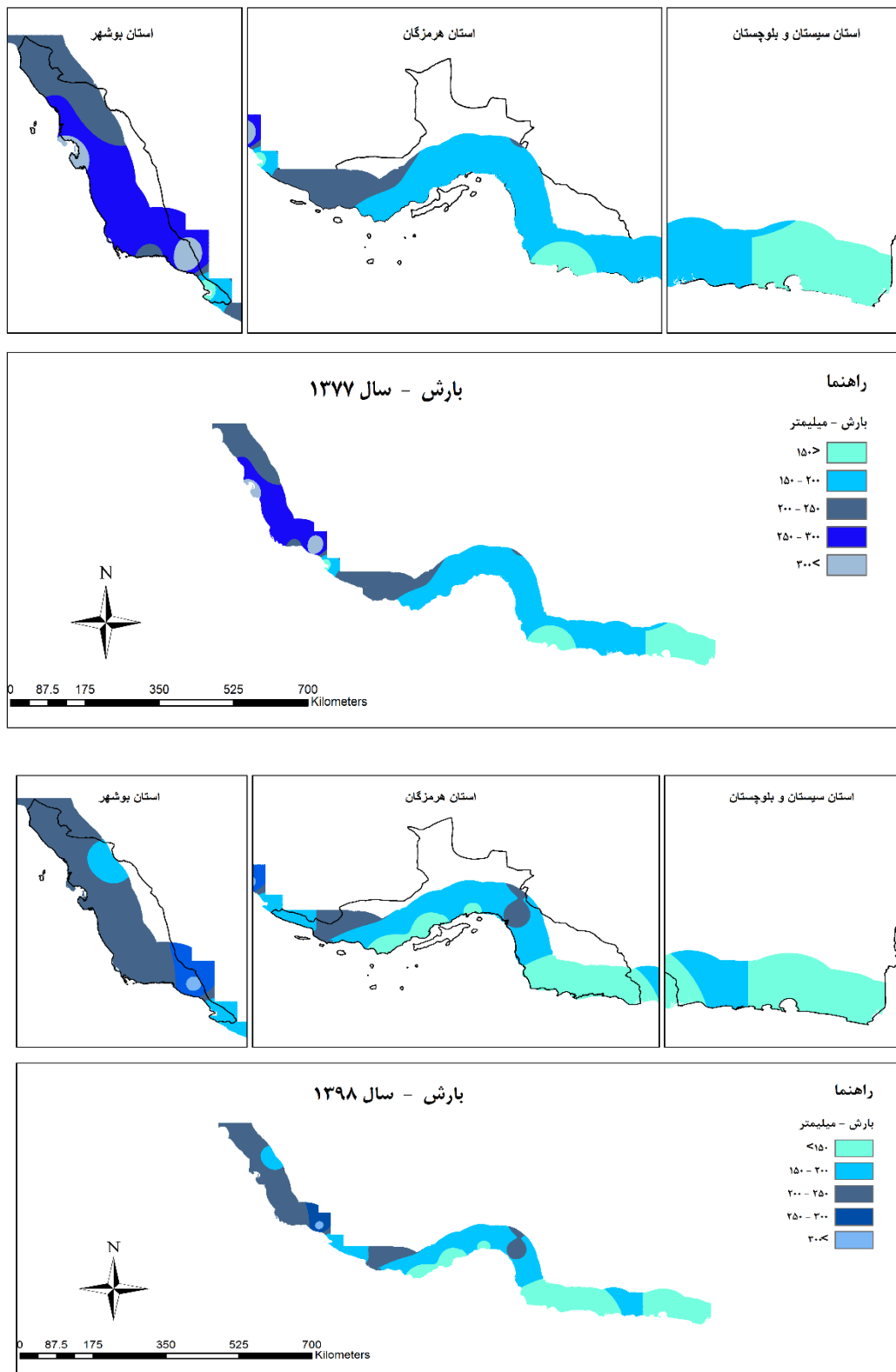
شکل ۲: نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸



شکل ۳: نقشه‌ی فراوانی پوشش گیاهی منطقه‌ی مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸



شکل ۴: نقشه‌ی دمایی منطقه‌ی مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸



شکل ۵: نقشه‌ی بارش منطقه‌ی مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸

## دقت طبقه‌بندی تصاویر

نتایج مربوط به برآورد دقت طبقه‌بندی‌ها در جدول ارائه شده‌است. دقت طبقه‌بندی‌ها به طور کلی بیش از ۸۰٪ است و برای استفاده در مدل مارکوف مناسب می‌باشد.

جدول ۳: دقت کلی و شاخص کاپا برای کاربری و پوشش، SAVI، دما و بارش

کاربری و پوشش		سال
شاخص کاپا	دقت کلی	
۰/۸۳	۸۸/۶۲	۱۳۷۷
۰/۸۵	۹۰/۶۵	۱۳۹۸
SAVI		
۰/۸۷	۸۷/۳	۱۳۷۷
۰/۸۱	۹۱/۲	۱۳۹۸
دما		
۰/۸۲	۸۶/۴	۱۳۷۷
۰/۸۷	۹۲/۲۲	۱۳۹۸
بارش		
۰/۸۷	۹۰/۶۲	۱۳۷۷
۰/۸۹	۹۲/۴۴	۱۳۹۸

برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA مارکوف، از جدول مساحت انتقال یافته و ماتریس احتمال شرطی استفاده شد. نقشه‌ی کاربری اراضی، فراوانی پوشش گیاهی، دما و بارش حاصل از مدل‌سازی را می‌توان با نقشه‌های به دست آمده از سال ۱۳۹۸ به عنوان مرجع مقایسه کرد. ضریب کاپای حاصل، از ماتریس خطای نقشه به دست آمده از مدل‌سازی و نقشه‌ی کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش تهیه شده به ترتیب با مقدار ۸۵، ۸۱، ۸۷ و ۸۹ درصد به دست آمد که برای پیش‌بینی میزان تغییرات تا سال ۱۴۱۸ استفاده شد. جدول شماره‌ی (۴، ۵، ۶ و ۷) احتمال تغییر کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش برای نقشه‌ی پیش‌بینی سال ۱۴۱۸ نشان می‌دهد.

جدول ۴: احتمال تغییر کاربری اراضی برای نقشه‌ی پیش‌بینی سال ۱۴۱۸

مناطق انسان‌ساخت	ماسه‌زار	اراضی شور	آب	پوشش گیاهی	طبقات کاربری
۰/۰۱۴۷	۰/۱۸۱۲	۰/۴۲۲۵	۰/۰۲۲۱	۰/۳۵۹۴	پوشش گیاهی
۰/۰۳۳۹	۰/۲۸۰۷	۰/۲۷۱۱	۰/۳۸۹۴	۰/۰۲۴۹	آب
۰/۰۲۴۳	۰/۲۲۸۰	۰/۶۴۴۲	۰/۰۱۸۴	۰/۰۸۵۱	اراضی شور
۰/۰۱۳۶	۰/۵۳۴۰	۰/۳۳۵۸	۰/۰۱۹۸	۰/۰۹۶۸	ماسه‌زار
۰/۸۳۸۱	۰/۰۳۷۸	۰/۰۸۶۳	۰/۰۰۵۴	۰/۰۳۲۴	مناطق انسان‌ساخت

جدول ۵: احتمال تغییرات SAVI برای نقشه‌ی پیش‌بینی سال ۱۴۱۸

SAVI	۰ - ۰/۲	۰/۲ - ۰/۴	۰/۴ - ۰/۶
۰ - ۰/۲	۰/۸۳	۰/۱۶	۰/۰۱
۰/۲ - ۰/۴	۰/۹۵	۰/۰۴	۰/۰۱
۰/۴ - ۰/۶	۰/۸۵	۰/۱۰	۰/۰۵

جدول ۶: احتمال تغییرات دما برای نقشه‌ی پیش‌بینی سال ۱۴۱۸

دما (درجه سانتیگراد)	۲۵/۵ >	۲۵/۵ - ۲۷	۲۵/۵ - ۲۷	۲۷ - ۲۸/۵	> ۲۸/۵
۲۵/۵ >	۰/۵۰	۰/۰۷	۰/۴۱	۰/۰۲	۰/۰۲
۲۵/۵ - ۲۷	۰/۰۲	۰/۵۳	۰/۴۳	۰/۰۲	۰/۰۲
۲۷ - ۲۸/۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۸۵	۰/۰۵	۰/۰۵
> ۲۸/۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۷۲	۰/۷۲

جدول ۷: احتمال تغییرات بارش برای نقشه‌ی پیش‌بینی سال ۱۴۱۸

بارش (میلیمتر)	۱۵۰ >	۱۵۰ - ۲۰۰	۱۵۰ - ۲۰۰	۲۵۰ - ۳۰۰	۳۰۰ <
۱۵۰ >	۰/۸۳	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۵۰ - ۲۰۰	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۰۰ - ۲۵۰	۰/۰۰	۰/۴۷	۰/۵۳	۰۰/۰	۰/۰۰
۲۵۰ - ۳۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۷	۰/۱۳	۰/۰۰
۳۰۰ <	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۱۴

### آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش در سال ۱۴۱۸

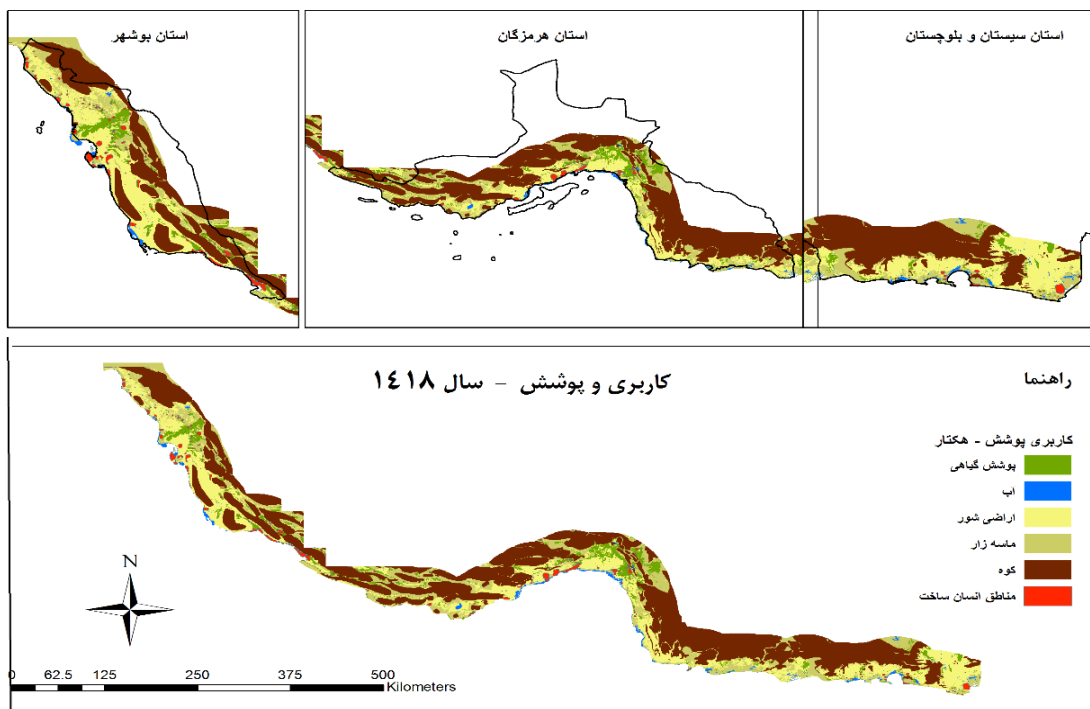
نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۱۴۱۸ مطابق جدول شماره‌ی (۸) به گونه‌ای است که در صورت ادامه‌ی روند موجود در مناطق ساحلی، طبقه اراضی شور، مناطق انسان‌ساخت و پوشش گیاهی با افزایش ۴، ۱/۵ و ۰/۹۹ درصدی تغییرات، بیشترین رشد مساحت را در بین طبقات کاربری داشت. کاربری مناطق انسان‌ساخت با رشد نزدیک دو برابری مساحت از ۱۱۲۶۳۸ هکتار در سال ۱۳۹۸ به ۱۸۵۳۷۹ هکتار در سال ۱۴۱۸ رسیده‌است. همچنین طبقات کاربری ماسه‌زار با کاهش مساحت ۶/۸ - تغییرات روبروست و در طبقه کاربری آب نیز روند یکنواختی مشاهده شد. روند مشاهدات تغییرات SAVI در سال ۱۴۱۸ نشان می‌دهد که طبقه ۰/۴ - ۰/۲، روند افزایشی ۱/۸ درصدی تغییرات داشته‌است. همچنین طبقه ۰/۴ - ۰/۶ روند کاهشی ۱/۷ - درصدی را دنبال می‌کند. نتایج پیش‌بینی تغییرات دمایی در سال ۱۴۱۸ نشان داد که طبقه دمایی ۲۷ - ۲۵/۵ درجه سانتیگراد در منطقه، با افزایش ۱۷ درصد تغییرات روبروست. همچنین طبقه دمایی ۲۸/۵ - ۲۷، آهنگ کاهشی ۱۸ - درصدی تغییرات را دنبال می‌کند. بررسی روند تغییرات بارش در سال ۱۴۱۸ حاکی از این است که طبقات بارش > ۱۵۰ میلیمتر و ۲۰۰ - ۱۵۰ در منطقه، روند افزایشی و طبقه بارش ۲۵۰ - ۳۰۰ میلیمتر و ۲۵۰ - ۲۰۰، روند کاهشی را دنبال می‌کند.



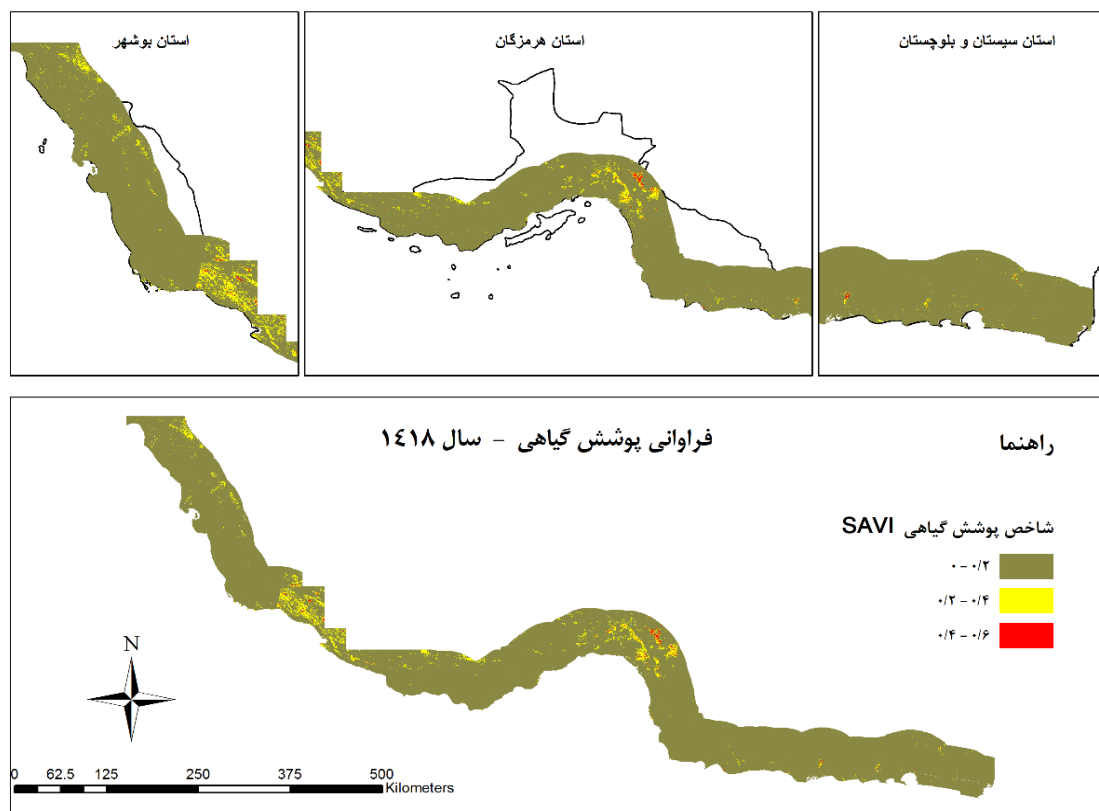
جدول ۸: مساحت و درصد کاربری اراضی، SAVI، دما و بارش پیش‌بینی شده در سال ۱۴۱۸

سال	۱۳۹۸	۱۴۱۸	۱۳۹۸-۱۴۱۸
طبقات کاربری	مساحت (هکتار)	مساحت (هکتار)	تغییرات (درصد)
پوشش گیاهی	۴۸۳۵۵۸۰	۵۲۹۹۲۵	۰/۹۹
آب	۱۲۲۲۲۸	۱۳۲۴۵۸	۰/۲
اراضی شور	۱۹۵۹۸۱۰	۲۱۵۰۲۴۱	۴
ماسه‌زار	۱۹۶۸۷۲۴	۱۶۴۸۹۷۷	-۶/۸
مناطق انسان‌ساخت	۱۱۲۶۳۸	۱۸۵۳۷۹	۱/۵
<b>SAVI</b>			
۰ - ۰/۲	۳۷۱۴۵۰	۵۲۹۴۶۲	۰/۰۹
۰/۲ - ۰/۴	۳۶۵۰۰	۴۴۸۸۸	۱/۸
۰/۴ - ۰/۶	۸۴۳۱۰۲۵	۸۲۶۴۶۲۵	-۱/۷
<b>دما (درجه سانتیگراد)</b>			
<۲۵/۵	۵۴۶۰۱	۱۱۹۹۲۱	۰/۷
۲۵/۵ - ۲۷	۱۵۷۰۰۰۱	۳۱۱۶۷۰۶	۱۷
۲۷ - ۲۸/۵	۷۳۵۵۲۷۵	۵۷۲۹۹۸۲	-۱۸
>۲۸/۵	۳۵۱۵۲	۴۸۴۲۰	۰/۱۴
<b>بارش (میلیمتر)</b>			
<۱۵۰	۳۲۸۵۳۰۲	۳۴۰۱۲۰۳	۱/۲
۱۵۰ - ۲۰۰	۲۷۴۴۰۰۳	۲۸۹۰۵۱۰	۱/۵
۲۰۰ - ۲۵۰	۴۹۵۴۰۵	۳۰۳۴۰۴	-۲
۲۵۰ - ۳۰۰	۱۴۰۲۱۲	۱۹۰۰۵	-۱/۲
۳۰۰ >	۲۹۰۱۲۰۱	۲۹۵۲۰۰۱	۰/۵

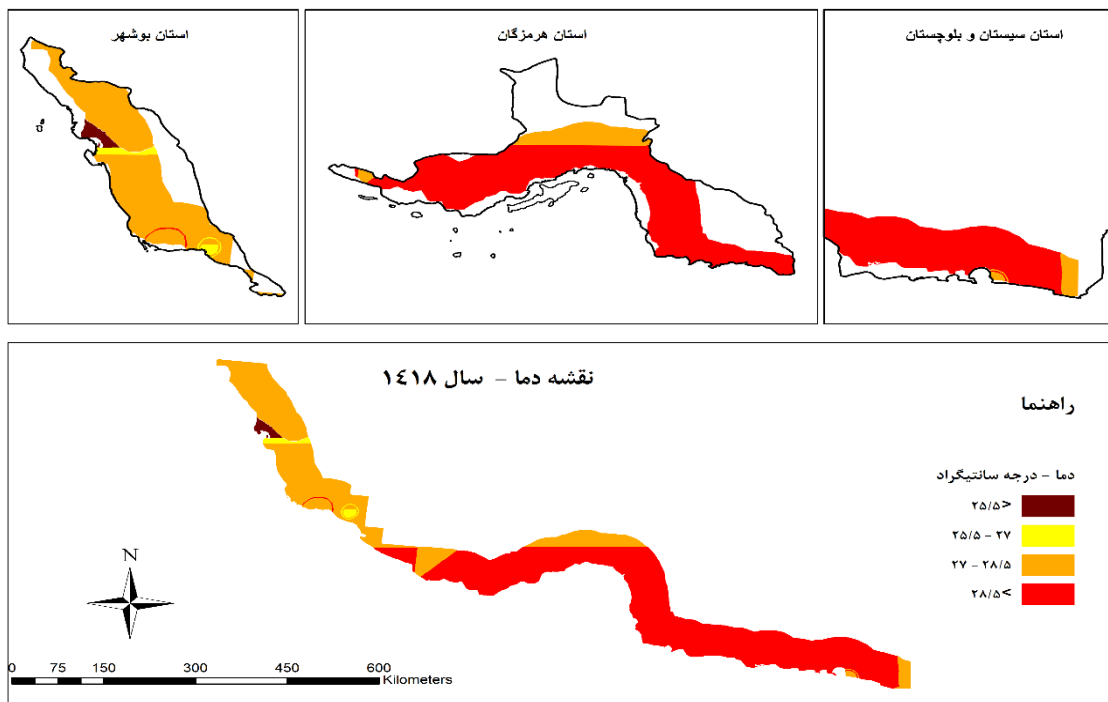
پیش‌بینی روند تغییرات کاربری و پوشش، فروانی پوشش گیاهی، دما و بارش سالیانه در مناطق ساحلی جنوب ایران برای سال ۱۴۱۸ در شکل‌های (۶، ۷، ۸ و ۹) نشان داده شده‌است.



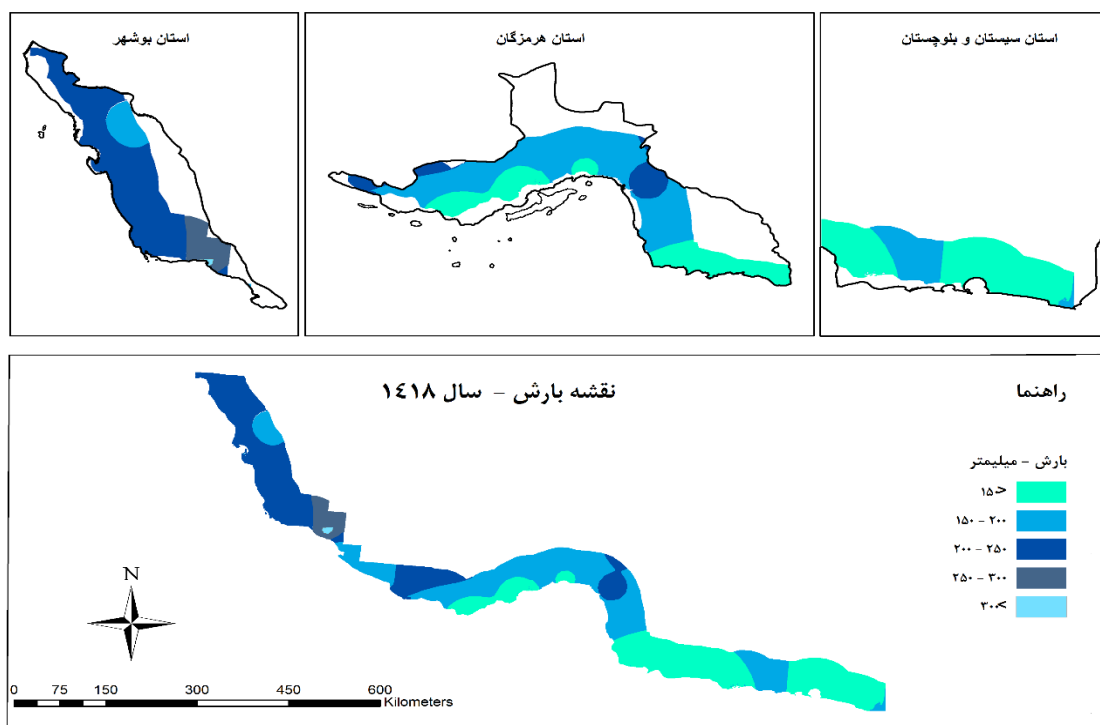
شکل ۶: نقشه‌ی پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه در سال ۱۴۱۸



شکل ۷: نقشه‌ی پیش‌بینی فراوانی پوشش گیاهی منطقه‌ی مورد مطالعه در سال ۱۴۱۸



شکل ۸: نقشه‌ی پیش‌بینی دمای منطقه‌ی مورد مطالعه در سال ۱۴۱۸



شکل ۹: نقشه‌ی پیش‌بینی بارش منطقه‌ی مورد مطالعه در سال ۱۴۱۸

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق روند تغییرات کاربری اراضی مناطق ساحلی جنوب ایران طی دوره‌ی ۲۱ ساله (۱۳۷۷ - ۱۳۹۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست (سنجنده‌های TM و OLI) بررسی و از روش حداکثر احتمال نیز برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. از شاخص SAVI نیز به عنوان مطلوب‌ترین شاخص پوشش گیاهی در مناطق خشک به منظور بررسی روند تخریب و بیابان‌زایی و نشان دادن پویایی پوشش گیاهی استفاده شد. Kharazmi و همکاران (۲۰۱۶) و Nateghi و همکاران (۲۰۱۶) این امر را تأیید می‌کنند. همچنین برای تهیه‌ی نقشه‌های دو متغیر دما و بارش، داده‌های ۳۲ ایستگاه سینوپتیک فعال در منطقه بررسی و برای ترسیم نقشه‌های هم‌ارزش، از روش درونیابی عکس مربع فاصله (IDW) استفاده شد. (Eskandari et al, 2019 & Salimi et al, 2018) استفاده از این روش را مناسب می‌دانند. در ادامه‌ی پژوهش برای پیش‌بینی ۲۰ ساله‌ی تغییرات کاربری، SAVI و پارامترهای دما و بارش، از مدل سلول خودکار CA-Markov استفاده شد. نتایج تغییرات کاربری در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸ نشان داد که طبقه اراضی شور و مناطق انسان‌ساخت به ترتیب ۸/۶ و ۱/۲ درصدی تغییرات و طبقات کاربری ماسه‌زار و پوشش گیاهی با کاهش ۶- و ۳/۵- درصدی تغییرات روبروست. نتایج پیش‌بینی حاصل از آشکارسازی تغییرات در سال ۱۴۱۸، حاکی از این است که در مناطق ساحلی، طبقات کاربری اراضی شور و مناطق انسان‌ساخت، روند افزایشی و پوشش گیاهی و کاربری پهنه‌های آبی، با تغییرات اندک افزایشی همراه است؛ بنابراین اراضی شور و بیابانی علاوه بر هجوم به سمت پوشش گیاهی، این اراضی را تحت سلطه‌ی خود در می‌آورد و مساحت خود را تا سال ۱۴۱۸ حدود ۴ درصد افزایش می‌دهد. از این رو با توجه به این نتایج در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۴۱۸، می‌توان گفت که روند تخریب سرزمین در این مناطق همچنان ادامه‌دار خواهد بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج Halebian و Soltanian (۲۰۱۷) همخوانی دارد و در یک راستا می‌باشد. آنها در بررسی روند تغییرات بیابان‌زایی به این نتیجه رسیدند که طی دوره‌ی ۲۰۱۶ - ۲۰۱۴، حدود ۶۰ درصد پوشش گیاهی منطقه از بین می‌رود و اراضی بایر جایگزین آن می‌شود. اراضی شور و بیابانی نیز جایگزین حدود ۳/۳ درصد از اراضی بایر، حدود ۱ درصد از پوشش گیاهی و کمتر از ۰/۱ درصد از شهر و تالاب گاوخونی می‌شود. همچنین روند شاخص‌های پوشش گیاهی SAVI در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸ بررسی شد و نتایج نشان داد که طبقه فراوانی پوشش گیاهی ۰/۲ - ۰، روند افزایشی ۰/۸ درصدی تغییرات و طبقه ۰/۴ - ۰/۲، روند کاهش‌ی را دنبال می‌کند. پیش‌بینی تغییرات SAVI نیز نشان داد که طبقه ۰/۴ - ۰/۲، روند افزایشی ۱/۸ درصدی و طبقه ۰/۶ - ۰/۴، روند کاهش‌ی ۱/۷- درصدی را دنبال می‌کند. تغییرات اندک فراوانی پوشش گیاهی طبقه ۰/۴ - ۰/۲ نیز در پی افزایش کاربری مناطق انسان‌ساخت و ایجاد پوشش گیاهی مصنوعی و اراضی کشاورزی در برخی نقاط منطقه صورت گرفته‌است که این نتایج با نگاه پایدار محیط زیست - که در آن اکوسیستم منطقه دگرگون می‌شود و خدمات اکوسیستم تغییر می‌یابد - در یک راستا نمی‌باشد. باتوجه به اهمیت تغییرات اقلیمی و دو پارامتر مهم دما، بارش و تأثیر آن بر اکوسیستم مناطق ساحلی، نتایج پارامتر دما و بارش در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸ نشان داد که طبقه دمایی  $> 25/5$  و  $< 28/5$  درجه سانتیگراد در منطقه، با کاهش ۷/۰- و ۸/۶- درصد تغییرات و طبقه دمایی  $27 - 28/5$ ، آهنگ افزایشی ۹/۷ درصدی تغییرات را دنبال می‌کند. طبقات بارش  $> 150$  میلی‌متر و  $200 - 150$  در منطقه، روند افزایشی و طبقات بارش  $250 - 300$  میلی‌متر و  $250 - 200$  نیز روند کاهش‌ی را نشان می‌دهد. پیش‌بینی تغییرات دمایی و بارش مدل نیز بیانگر این است که روند نتایج در بازه زمانی ۱۳۷۷ - ۱۳۹۸ برای

سال ۱۴۱۸ نیز اتفاق خواهد افتاد. با توجه به خصوصیات خاک و گونه‌های گیاهی مناطق ساحلی، روند تغییرات پوشش گیاهی به شدت تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) است؛ بنابراین، هر گونه تغییر در این پارامترها بر SAVI و تغییرات پوشش گیاهی منطقه اثر خواهد گذاشت که این نتایج با یافته‌های پژوهش Karampoor و همکاران (۲۰۱۴) - که به بررسی رابطه‌ی عناصر اقلیمی با پوشش گیاهی مناطق ساحلی پرداختند - مطابقت دارد. بنابراین، با توجه به نتایج تغییرات کاربری اراضی به عنوان یک عامل انسانی مهم - که نقش اساسی در ثبات اکوسیستم و خدمات آن دارد - و روند سینوسی و کاهش فراوانی پوشش گیاهی، همچنین افزایش دما و پراکنش نامنظم بارش می‌توان بیان کرد که اکوسیستم مناطق ساحلی تحت تأثیر عوامل اقلیمی و انسانی می‌باشد و در پی آن، نقش بسیار مهمی در فرایند تخریب سرزمین، بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی ایفا خواهد کرد. پیش‌بینی نیز حاکی از این است که روند تخریب سرزمین و بیابانی شدن در منطقه ادامه می‌یابد.

### منابع

1. Ahmad auli, Kh.; Nikmehr, S.; & A. Liaghat, 2009. Evaluation of different spatial estimating on estimating soil salinity, pH and CaCO<sub>3</sub> percentage (Case study of Boukan region), *Journal of Water and Soil*, 23, 46-54.
2. Alijani, B.; Mahmudi, P.; Chougan, A.; & M. Bishe niyasar, 2012. review the structure for continuity of the two states annual precipitation in south part of iran, by using latent state of Markov chain, *Journal of geography and development*, 9 (25), 1-16. (in Persian)
3. Cracknell, A. P., 1999. Remote sensing techniques in estuaries and coastal zones an update, *International Journal of Remote Sensing*, 20(3), 485-496.
4. Eastman, JR., 2006. IDRISI Andes guide to GIS and image processing, Clark University, Worcester, 328 pp.
5. Eskandari Damaneh, H.; Gholami, H.; Mahdavi, R.; Khoodrani, A., & J. Li, 2019. Evaluation of land degradation trend using satellite imagery and climatic data (Case study: Fars province), *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 8(24), 49-64. (in Persian)
6. Guan, D.; Li, H.; Inohae, T.; Su, W.; Nagaie, T.; & K. Hokao, 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model, *Ecological Modelling*, 222(20-22), 3761-3772.
7. Halabian, A. H., & M. Soltanian., (2017). assessment and forecasting the desertification changes in the east and south of isfahan by CA-MARKOV Model. *journal of spatial analysis environmental*. 3 (4), 71-88. (in Persian).
8. Karampoor, M.; Yousefi, A.; & N. Koohpaye, 2015. Relationship between climatic elements with vegetation cover of meadows in the Hormozgan province (a case study: *Gymnocarpus decander*), *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 6 (3), 41-48. (in Persian).
9. Kharazmi, R.; Abdollahi, A.; Rahdari, M. R.; & M. Karkon varnosfaderani, 2016. Monitoring Land Use Change and its Impacts on Land Degradation and Desertification Trend Using Landsat Satellite Images (Case study: East of Iran, Hamoon Wetland), *Arid Regions Geographic Studies*, 7 (25), 64-75. (in Persian).
10. Khorshiddoost , A. M.; Sarraf, B.; Ghermezcheshmeh, B.; & F. Jafarzadeh, 2018. Forecasting Heavy Rainfall in Southern Coasts of Caspian Sea Under Climate Change Conditions in the Period 2011-2030, *Journal Of Watershed Management Science and Engineering*, 12(42), 121-129. (in Persian).

11. Khosh goftar, M. M., & M. talei., (2011). Simulation of urban growth in Tehran using CA-Markov model. *Journal of RS and GIS for Natural Resource*. 2 (2), 17-34. (in Persian).
12. Kohonen, T., 2012. Self-organization and associative memory (Vol 8). *Springer Science & Business Media*.
13. Lambin, E. F., 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in physical geography*, 21(3), 375-393.
14. Landis, J. R., & G. G. Koch., (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*. 363-374.
15. Li, H., & J. F. Reynolds., (1997). Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: A combined Markov and cellular automaton approach. *Scale in remote sensing and GIS*. pp 211-230.
16. Lu, G. Y., & D. W. Wong., (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers & geosciences*. 34(9), 1044-1055.
17. Mather, P. M., 1999. Computer processing of remote-sensed images, John Wiley.
18. Nateghi, S.; Nohegar, A.; Ehsani, A. H.; & O. Bazrafshan, 2016. Coastal desert land use monitoring using change vector analysis technique during 2001 to 2014 (case study: Qeshm Island), *Journal of Range and Desert Research*, 23(2), 404 - 416. (in Persian).
19. Mondal, M. S.; Sharma, N.; Garg, P. K.; & M. Kappas, 2016. Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(2), 259-272.
20. Montanarella, L., 2007. Trends in land degradation in Europe. In *Climate and land degradation*, Springer, Berlin, Heidelberg, 83-104.
21. Pak, A., 2005. Integrated Coastal Zone Management (ICZM)" Tehran, *Port and sea Journal*, No 127 (in Persian).
22. Rogan, J., & D. Chen., (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in planning*. 61(4), 301-325.
23. Salehi, N.; Ekhtesasi, M. R.; & A. Talebi, 2019. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Safarod Ramsar watershed), *Journal of RS and GIS for Natural Resource*, 10(34), 106-120. (in Persian).
24. Salimi, S.; Balyani, S.; Hosseini, S. A.; & S. E. Momenpour, 2018. The prediction of spatial and temporal distribution of precipitation regime in Iran: the case of Fars province, *Modeling Earth Systems and Environment*, 4 (2), 565-577. (in Persian).
25. Weng, Q., 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling, *Journal of environmental management*, 64(3), 273-284.



# Assessing land degradation with predicting land cover and climatic parameters changes in coastal areas of southern Iran using Ca-Markov model

**Seyed Ali Reza Hosseini:** *Ph.D Candidate of Desert Management, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran*

**Hamid Gholami<sup>1</sup>:** *Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran*

**Yahya Esmailpoor :** *Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, BandarAbbas, Iran*

**Artemi Cerda:** *Professor, Department of Geography, University of Valencia, Spain*

Article History (Received: 2020/02/20

Accepted: 2020/06/6)

## Extended abstract

### 1- Introduction

Land use changes are identified as main driver for global changes with considerable effects on the ecosystems, climate and earth planet. At local to global scales, land resources have effective role on the humanity subsistence and ecosystem performance and its health. Changing in land use, degradation of vegetation and habitats are main causes for biodiversity destruction. Such changes are created by natural factors and anthropogenic activities (deforestation, agricultural unsuitable activities, overgrazing, etc.) resulting in land degradation. Rainfall and temperature are the two most important climatic variables which they use to climatic zonation and classification, and these variables are effective factors on the human, natural, economic and agricultural activities. Regarding to great area of the coastal region in Iran, in order to assessing land degradation and desertification, monitoring effective cover, land use and climatic variables is vital, and therefore understanding relationship between land use changes and driver factors are essential.

### 2- Methodology

In this research, we studied trend of land use changes in the coastal regions of southern Iran involving three provinces (Hormozgan, Sistan and Baluchestan and Busher) during period 1998-2019 using Landsat images (OLI and TM sensors). Likelihood maximum method applied to classifying satellite images and then SAVI, as a vegetation cover index, used to show vegetation dynamic and exploring land degradation and desertification trend. In order to map temperature and precipitation, we applied inverse distance weighting (IDW). For predicting land use changes, SAVI, temperature and precipitation, we used CA-Markov automat cell.

### 3- Results

Studying land use change trend in the coastal regions of the southern Iran during 1998-2019 indicates Salt land and man-made classes were increased 8.6 and 1.2%, and among all classes these two classes show the most changes, whereas a decreasing trend observed in the vegetation cover (with - 3.5%) and sand dunes (with -6%) classes, and also, a decreasing trend observed in water bodies. Based on the results, an increasing trend (with 0.8%) observed in the class 0-0.2% for SAVI, whereas we found a decreasing trend in the 0.2-0.4% class. According to results, a decreasing trend -0.7 and -8.6% were observed in the < 25.5 C and > 28.5 C classes, whereas 27-28.5% class shows an increasing trend with 9.7%. Studying precipitation changes showed that < 150 mm and 250-300 mm classes show an increasing and decreasing

<sup>1</sup> Corresponding author, Email: [hgholami@hormozgan.ac.ir](mailto:hgholami@hormozgan.ac.ir)

trend, respectively. Based on the predictions for 2039, three classes including salt land, man-made region and vegetation cover land uses show an increasing trend with 0.4%, 1.5% and 0.99% respectively. We observed a decreasing trend with -6.8% in the sand dune land use whereas water bodies have constant trend. Based on the forecasting results for SAVI, we observed an increasing trend 1.8% for 0.2-0.4% class and observed a decreasing trend (-1.7%) in the 0.4-0.6% class. Results showed that 25.5-27 C and 27-28.5 C classes experience an increasing trend (17%) and a decreasing trend (-18%) in 2039, respectively. According to precipitation predictions for 2039, we observed an increasing trend in the < 150 mm and 150-200mm classes, whereas we found a decreasing trend in the 250-300mm and 200-250mm classes, respectively.

#### 4- Discussion & Conclusions

Land use changing has an important role in instability ecosystem and its services, and it is an effective factor in direction of land degradation. According to results provided for effective climatic variables (with an increasing trend in temperature and a decreasing trend in the precipitation) changes vegetation cover and result in low SAVI. We can conclude that climatic variables and SAVI are related factors which play important roles in land degradation, desertification and combating desertification in the coastal area. Results of this study are consistent with Salehi et al., 2019; Halebian & Soltanian, 2017; Maher et al., 2018; Alijani et al., 2012.

**Key Words:** Prediction, Land degradation, Land use, Coastal region, Ca- Markov model.