

## **Spatial Distribution of Sediment Around *Salvadora Persica L.* and *Alhaji Camelorum L.* and Modeling Their Future Changes**

M. Rezaei<sup>1\*</sup>, F. Zerehi<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Natural Resources Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.
2. M.Sc. of Natural Resources Engineering, Desert Management and Control, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.

\* Corresponding Author: m.rezai@hormozgan.ac.ir

Received date: 29/12/2021

Accepted date: 12/03/2022

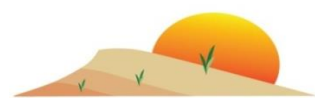
 [10.22034/JDMAL.2022.545782.1362](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.545782.1362)

### **Abstract**

One of the ecological crises is the degradation of Nebka's ecosystems that threatens environmental stability and causes many regional and trans-regional impacts, such as increasing the risk of wind erosion. The aim of this study was to investigate the trend of spatial and temporal changes in future land cover with Nebka and accumulated erosive sediments around the phanerophyte species *Salvadora persica L.* and *Alhaji camelorum L.* in the Persian Gulf and Oman sea. Thus, Markov chain and satellite images were used to simulate the existing land uses, and trend of temporal and spatial changes. Land cover maps were prepared for the years 2001, 2011, and 2021, using Landsat satellite data and applying maximum likelihood supervised classification method. After model evaluation procedures, the land cover maps for 2030 and 2040 were predicted using both Markov chain and automatic cell model. Results of land cover changes in 2001, 2011 and 2021 showed that the areas of Nebka have decreased by 1047.9 ha. Predictive maps for 2031 and 2041 with an overall accuracy of 91.4% and kappa coefficient of 0.88%, have high accuracy. The sediment levels of nebka will decrease from 8.67% in 2021 to 4.26% in 2031 and 2.09% in 2041, respectively. The decrease in the area of nebka in the past and predicting the downward trend of changes in nebka land in the future showed that the natural barriers to the movement of suspended sediment were destroyed and reduced.

**Keywords:** Wind erosion; forecasting; Changes; land cover; Hormozgan





## توزیع مکانی و پایداری رسوبات انباشته شده اطراف *Salvadora persica* L.

### و *Alhaji camelorum* L. و مدل‌سازی پیش‌بینی تغییر آن

مرضیه رضایی<sup>۱\*</sup>، فاطمه زرهی<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۲. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

\* نویسنده مسئول: [m.rezai@hormozgan.ac.ir](mailto:m.rezai@hormozgan.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

doi [10.22034/JDMAL.2022.545782.1362](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.545782.1362)

#### چکیده

یکی از بحران‌های بوم‌شناختی (اکولوژیک)، تخریب زیست‌بوم‌های دارای نیکا است که پایداری محیط را به خطر انداخته و عوارض منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای فراوانی مانند افزایش خطر فرسایش بادی را ایجاد می‌کند. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پوشش اراضی دارای نیکا در آینده و رسوبات بادی انباشته شده در اطراف گونه‌های فانروفیت *Salvadora persica* L. و *Alhaji camelorum* L. در ناحیه خلیج فارس و عمانی است. به این منظور با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف و با استفاده از تصاویر سنجنش از دوری کاربری‌های موجود، شبیه‌سازی و روند تغییرات زمانی و مکانی آن بررسی شد. نقشه‌های پوشش اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست و با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال برای سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰، ۱۴۰۰ تهیه شد. سپس با استفاده از مدل توامان زنجیره مارکوف و سلول خودکار نقشه پوشش اراضی برای سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ پیش‌بینی شد. نتایج تغییر پوشش اراضی در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ نشان داد که پهنه‌های رسوبی در نیکازارها ۱۰۴۷/۹ هکتار کاهش داشته است. نقشه‌های پیش‌بینی برای سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ با صحت کلی ۹۱/۴٪ و ضریب کاپای ۰/۸۸٪ دارای دقت زیادی هستند. سطح رسوبات نیکازارها به ترتیب از ۸/۶۷٪ در سال ۱۴۰۰ به ۴/۲۶٪ در سال ۱۴۱۰ و ۲/۰۹٪ در سال ۱۴۲۰ کاهش خواهند داشت. کاهش سطح نیکازارها در گذشته و پیش‌بینی روند نزولی انباشت رسوب در آینده نشان داد موانع طبیعی که از جابجاشدن رسوبات جلوگیری می‌کرده‌اند، تخریب شده و کاهش یافته است.

**واژگان کلیدی:** پوشش اراضی؛ زنجیره مارکوف؛ سلول خودکار؛ فرسایش بادی؛ هرمزگان



## ■ مقدمه

تخریب زیست‌بوم‌های دارای نمکا یکی از بحران‌های بوم‌شناختی است که پایداری محیط را به خطر انداخته و عوارض منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای فراوانی مانند افزایش مخاطرات فرسایش بادی را ایجاد می‌کند (۴). پویایی ماسه‌های بادی به عنوان مخاطره محیط‌زیستی در نواحی خشک و نیمه‌خشک، موجب می‌شود سالانه هزاران تن ماسه روان، اراضی کشاورزی، مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی را در کام خود فرو برده و موجب نابودی آن‌ها، مهاجرت روستاییان و زیان‌های اقتصادی بی‌شمار شده و از طرفی پایداری محیط را به خطر اندازد (۱۴). فعالیت‌های گردوغبار ارتباط مثبت معنی‌داری با سرعت‌های بادهای سطحی در تابستان و ارتباط معکوس با بارش در زمستان دارد (۸). این مسائل باعث عدم اجرای طرح‌های عمرانی و کشاورزی شده و باعث ایجاد فقر مضاعف اقتصادی در بین ساکنان منطقه و مهاجرت آن‌ها به مناطق دیگر می‌شود (۱۹). با وجود این شناخت و بررسی دقیق آماری نمکا مناطق مطالعاتی و تحلیل علمی و پیش‌بینی آن‌ها به عنوان عامل بازدارنده ماسه‌های متحرک می‌تواند در مدیریت محیط منطقه و استفاده بهینه از منابع طبیعی آن بسیار مفید و ارزنده باشد (۱۸). گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک با کاهش سرعت باد و تثبیت ماسه‌های روان، موجب شکل‌گیری بوم‌نظام نمکا می‌شوند که نقش مهمی را در بیابان‌زدایی و حفاظت از محیط‌زیست ایفا می‌کند (۵). وضعیت بحرانی بوم‌شناختی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیابانی از یک سو و بهره‌برداری بی‌رویه انسان از سویی دیگر، موجب گسترش بیابان‌ها شده و مشکلی بزرگ در سطح ملی ایجاد کرده است. یکی از راه‌حل‌های جلوگیری از گسترش بیابان‌ها، تثبیت ماسه‌های روان به وسیله نمک‌آزارها است (۲۲).

این عوارض در تثبیت ماسه‌های بادی رونده در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی اهمیت بسیار زیادی دارد و سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی، مانند جاده‌ها و خطوط انتقال برق و تلفن را تا حدودی از هجوم ماسه‌های بادی ایمن می‌کنند (۳). افزون بر این، نمکا از جمله عوارض بسیار زیبا در مناطق بیابانی است و توجه بسیاری از پژوهشگران و گردشگران را

به خود جلب می‌کنند. پوشش گیاهی از عوامل اصلی تشکیل‌دهنده نمکا است و بازیابی حمل ماسه در بادپناه پوشش گیاهی نمکا سریعتر از شرایط بدون پوشش گیاهی است و در این امر سرعت باد مؤثر است (۱۰). نوع گونه‌های گیاهی نیز در مورفومتری نمکا مؤثر است و سیر تکاملی شکل‌گیری آن و توسعه و تغییر محیط‌های بیابانی تحت‌تأثیر این عامل است (۳۱). ارزیابی مقایسه‌ای نمک‌های کویر نمک سیرجان با استفاده از واکاوی متغیرهای مورفومتری نمکابه خوبی نشان‌دهنده این مطالب بود (۱۷). در صورتی که رسوبات در پای گیاهان فانروفیت و درختی و درختچه‌ای رسوب کنند ربدو و در صورتی که پای گونه‌های همی‌کریپتوفیت و علفی رسوب کنند، نمکا تشکیل می‌شود. اما در پژوهش‌های بسیاری در ایران، این دو واژه به یک معنا در نظر گرفته شده و بیشتر از واژه نمکا استفاده شده است. در مقایسه منطقه‌ای در نوع گونه‌های گیاهی در سیرجان نمکای گز *Tamarix aphylla*. Karst و *Seidlitzia rosmarinus*. (Ehreb) Bge به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را در تثبیت ماسه‌های روان داشته‌اند. توجه به نوع گونه سازگار به فرسایش بادی و تأثیرگذار در تثبیت ماسه در برنامه‌ریزی‌های مدیریت و کنترل تلماسه‌ها به منظور انتخاب بهترین سامانه نمکایی باید مورد توجه قرار گیرد (۲). از سوی دیگر بررسی روند زوال نمک‌آزارها یا توسعه سطح آن‌ها در طی زمان باید بررسی شود، چه بسا که نابودی و تخریب این اراضی در صورت ثابت‌بودن قدرت فرساینده بادی، می‌تواند هشدار جدی برای منطقه باشد. به‌طوری‌که حجمی از تلماسه که قبلاً در آن سطح ویژه نشست داده می‌شد، به مکان دیگر منتقل شده و از دسترس خارج و به مناطق مسکونی یا صنعتی هجوم می‌برند. رسوبات معلق می‌تواند خسارت‌های زیادی به دستگاه‌های صنعتی وارد آورد یا سلامت ساکنین منطقه را تهدید کند. برای تحلیل عملکرد سامانه زمین در ارزیابی روند نمک‌آزارها در این راستا، می‌توان از الگوها در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی، داده‌های مکانی و سنجش از دوری در بازه‌های زمانی مختلف که بسیار دقیق عمل می‌کنند، استفاده نمود (۲۹). امروزه به منظور بررسی روند تغییرات پوشش اراضی و پیش‌بینی آن‌ها از مدل‌ها و روش‌های مختلف سنجش از

مقابل سرعت و شدت زیاد باد، سازگاری زیادی دارند به طوری که ریشه و ساقه‌های آن حجم زیادی از رسوبات بادی را نشست داده و پس از مقابله با فرسایش بادی، تبدیل به تلماسه‌ای از ماسه‌های روان می‌شوند.

بدین ترتیب ماسه در پای گیاه تثبیت شده و نیکها به مرور زمان بزرگ‌تر می‌شوند. در بسیاری مواقع که باد شدت می‌گیرد منازلی که قبل از آن‌ها نیکا وجود ندارد رسوبات تا ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ Cm پشت درب منازل یا پنجره‌ها رسوب کرده و گاهی در برخی موارد زندگی مردم را مختل می‌نماید. این نیکازارها که عامل‌های پایداری این جغرافیای طبیعی هستند متاسفانه دستخوش تخریب شده و اگر حفاظت و احیایی از این گونه‌ها انجام نپذیرد، با تخریب پوشش زمین، آثار مخرب فرسایش بادی نیز افزایش خواهد یافت. بدین ترتیب که با کاهش پوشش گیاهی به تبع آن حجم تلماسه تثبیت شده نیز کاهش یافته و رسوبات ریزدانه به صورت گرد و غبار انتقال خواهند یافت و با توجه به اینکه مناطق مسکونی در نزدیک این نیکازارها وجود دارد سلامت شهروندان نیز دستخوش تغییر خواهد شد. چه بسا که آمار بیماری‌های تنفسی در سالهای اخیر در این منطقه بیانگر وجود این مخاطره است. بنابراین پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی این نیکازارها امری بسیار مهم و ضروری است تا از روند تخریب بیشتر آن جلوگیری گردد. پژوهش حاضر در نیکازارهای بخش شرقی استان هرمزگان انتخاب شد که در سال‌های اخیر تغییرات فراوانی داشته است. اگر چه گونه اصلی تشکیل دهنده نیکا در سیریک درخت مسواک *S. persica* L. با ۳۷/۸٪ پوشش گیاهی است اما به دلیل اینکه خارشر *Alhaji camelorum* L. با ۸/۷٪ پوشش گیاهی که گونه‌های همی کریپتوفیت است نیز تشکیل نیکا داده است در منطقه سیریک تغییرات ربدو و نیکا در بازه زمانی گذشته و آینده مورد پژوهش قرار گرفت. بنابراین مهمترین هدف پژوهش حاضر تعیین روند تغییر پوشش اراضی و رسوبات انباشته شده بین سال ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ و پیش‌بینی آنتا سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ با بهره‌گیری از مدل توامان زنجیره مارکوف و سلول خودکار است.

دوری و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌گردد (۱۵). در شبیه‌سازی پوشش‌های موجود در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده داده‌های سنجش از دوری و به روش ترکیبی سلول خودکار و زنجیره مارکوف، نقشه پوشش برای سال ۱۴۰۷ و ۱۴۱۷ پیش‌بینی و بررسی روند تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ نشان داد که زمین‌های کشاورزی و اراضی شهری انسان‌ساخت به ترتیب افزایش ۳/۳۱ و ۲/۷۴٪ داشته؛ اما پهنه‌های آبی ۶/۸۷٪ و سایر پوشش‌ها ۷۱٪/۰٪ کاهش نشان داده است (۹). یکی از مدل‌های استفاده شده که در پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین بسیار کارآمد است، مدل خودکار زنجیره مارکوف<sup>۱</sup> است که از تلفیق دو مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار بهره می‌گیرد. بدین ترتیب که مدل زنجیره مارکوف به تنهایی قادر به شرح کمیت حالت‌های تبدیل بین انواع کاربری نیست، اما توانایی آشکارسازی میزان تبدیل بین انواع کاربری‌های گوناگون را دارد. از طرفی مدل سلول‌های خودکار یک تکنیک مدل‌سازی است که در فضای رستری تعریف می‌شود. وضعیت سلول معمولاً پوشش و کاربری اراضی آن سلول را ارایه می‌دهد و تغییر در نوع کاربری یک سلول به کاربری دیگر، وابسته به وضعیت کاربری سلول‌های همسایه است (۲۷). در پژوهش‌های بسیاری از مدل‌های زنجیره مارکوف به منظور پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی اراضی استفاده می‌شود. مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف با افزودن مشخصه مجاورت مکانی به مدل تصادفی زنجیره مارکوف، پوشش اراضی را برای سال‌های آینده شبیه‌سازی می‌کند (۲۵).

شهرستان سیریک در استان هرمزگان به دلیل همجواری با خلیج فارس و قرارگرفتن در مسیر بادهای ساحلی که از کشورهای همجوار دبی و عمان به این شهرستان می‌وزد، دارای بحران فرسایش بادی است (۲۶). باد، در سرعت‌های بیش از حد آستانه، ماسه‌های ساحلی را با خود حمل می‌کند که بیشتر این مواد ریز در هوا مشکل‌های بسیاری را برای مردم ساکن در این شهرستان ایجاد می‌کند (۱۰). اما گونه‌های فانروفیت مسواک یا *Salvadora persica* L. و *Alhaji camelorum* L.

## ■ مواد و روش

### معرفی منطقه مورد پژوهش

نبکازارهای سیریک در اراضی جنوبی شهرستان سیریک و در نزدیکی مناطق ماندابی خور آذینی واقع شده‌اند. این منطقه در استان هرمزگان و در ۷۵ km جنوب شرقی میناب در ساحل دریای عمان، در مسیر راه آسفالته میناب - سیریک در عرض جغرافیایی ۲۹۳۸۰۰۰ تا ۲۹۶۶۰۰۰ و طول جغرافیایی ۱۰۹۰۰۰۰ تا ۱۱۲۶۰۰۰ در واحد UTM و زون ۴۰ قرار گرفته است. همچنین از شمال به شهرستان میناب، از جنوب به شهرستان جاسک، از شرق به شهرستان بشاگرد، از غرب به خلیج فارس محدود می‌شود (۱۰). مقدار بارش سالانه ۱۳۱/۵ mm، میانگین دمای کمینه سردترین و گرمترین ماه سال به ترتیب ۱۲/۲۲°C و ۴۰/۹۵°C، دمای میانگین سالانه ۳۶/۸°C است. بنا به طبقه بندی آمبرژه نوع اقلیم بیابانی گرم شدید است. منطقه سیریک پس از جاسک دارای بیشترین فرسایش بادی در استان هرمزگان است و در برخی مناطق رسوبگذاری، نبکا تشکیل شده است. از نظر بارش تنها دو

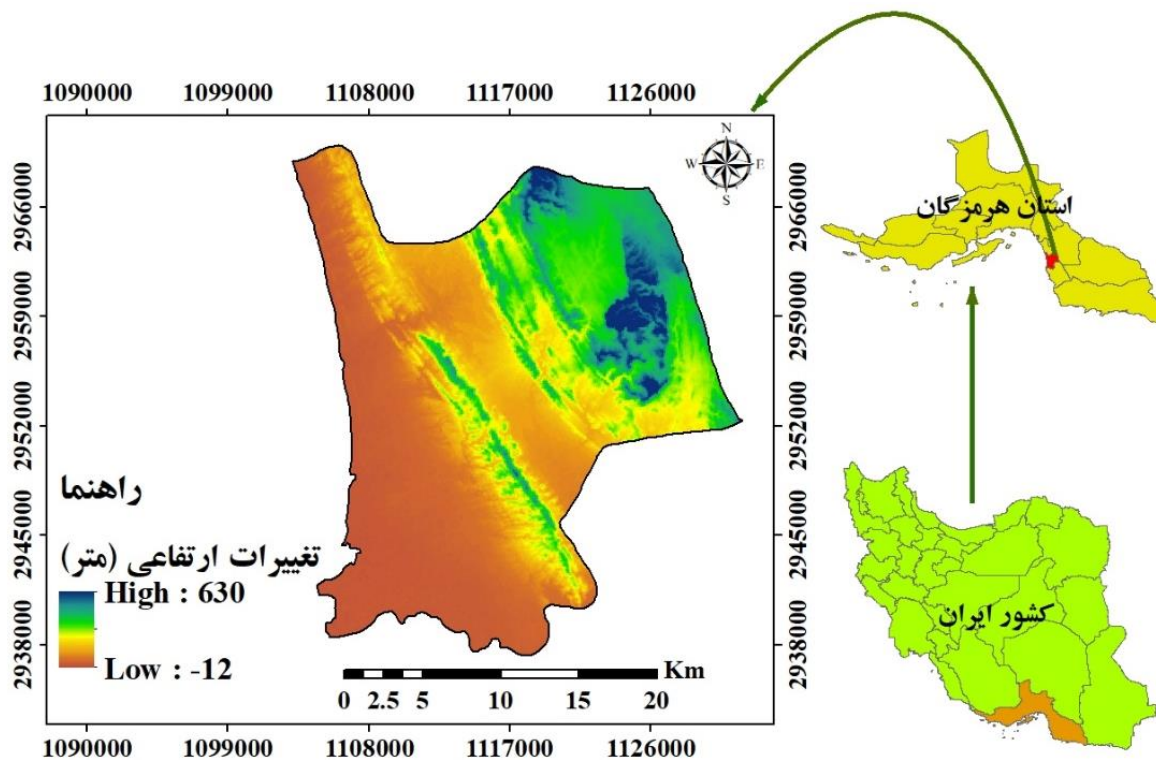
ماه از سال در دی و بهمن خشک نیست و دیگر ماه‌ها خشک و دارای کمبود بارش است (۲۱) (شکل ۱).

### داده‌های سنجش از دوری

برای بررسی روند تغییر نبکا شهرستان سیریک پس از تهیه تصاویر TM و OLI از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ که جزئیات آن‌ها در جدول ۱ آماده است، تصاویر در قالب مرز منطقه برش داده شد (۲۸).

### نقشه پوشش اراضی

پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای تصحیحات اتمسفری و رادیومتری با استفاده از ماژول فلش<sup>۱</sup> در نرم افزار ENVI5.3 انجام پذیرفت. پارامترهای مورد نیاز برای تصحیحات اتمسفری از فایل متنی همراه با تصاویر تهیه شده استخراج و همچنین از اطلاعات ارتفاعی مورد نیاز از مدل رقومی ارتفاع تهیه شده، به دست آمد. تمامی تصاویر از نظر تصحیحات هندسی در سیستم مختصات UTM WGS84<sup>۲</sup> و زون ۴۰ شمالی در قالب مرز منطقه برش داده شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد پژوهش

2 Universal Transverse Mercator (UTM) World Geodetic System (WGS) 1984

<sup>1</sup> FLAASH

جدول ۱. تصاویر استفاده شده

سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ	مبنا
TM	۴۱	۱۵۹	۱۳۸۰/۰۳/۰۶	WGS84
TM	۴۱	۱۵۹	۱۳۹۰/۰۴/۰۱	WGS84
OLI	۴۱	۱۵۹	۱۴۰۰/۰۳/۰۸	WGS84

مقدار این ضریب بین صفر تا یک می‌باشد که هرچه به ۱ نزدیک باشد دقت نقشه پوشش اراضی تولیدشده بالاتر است (۲۵). در تهیه نقشه پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا به همراه داده‌های کنترل زمینی بهره گرفته شد.

#### پیش‌بینی با استفاده از روش CA-Markov

اخیرا استفاده از روش ترکیبی سلول خودکار و زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در آینده مورد استفاده، بسیاری از محققین قرار گرفته است (۳۱). مدل ترکیبی CA-Markov3 یک روش قدرتمند، برای مدلسازی دینامیکی و مکانی - زمانی بوده که ترکیبی از سلول خودکار و زنجیره ماکوف است. این روش برای پیش‌بینی تغییرات بین دو تصویر از ماتریس احتمال انتقال استفاده می‌کند (۱۹). مدل ترکیبی با CA-Markov براساس داده‌های شبکه (پیکسل) مبنا در قسمت مدل‌ساز تغییرات زمین (LCM<sup>4</sup>) متعلق به نرم افزار TerrSet انجام شد. ورودی‌های این ماژول با فرمت TIF از نرم افزار GIS می‌باشند که ماتریس احتمال انتقال حاصل از مدل زنجیره مارکوف به عنوان ورودی CA می‌باشد (۳۲). بنابراین روش ترکیبی CA-Markov برای پیش‌بینی کاربری اراضی استفاده شد (۳۰). ادغام اطلاعات محیطی حاصل از GIS و نقشه‌های تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های RS، همراه با مدل CA-Markov، برای پیش‌بینی مکانی و زمانی پوشش‌های مختلف استفاده شد.

#### نتایج

در تهیه نقشه پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا به همراه

تهیه نقشه پوشش اراضی پس انجام تصحیحات لازم با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر شباهت<sup>۱</sup> تصاویر طبقه‌بندی شدند. در طبقه‌بندی تصاویر برای سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ در ۲ طبقه ربدو و نیکا و سایر کاربری‌ها طبقه‌بندی شدند. برای طبقه‌بندی درست تصاویر و انتخاب صحیح نقاط آموزش به برداشت نقاط آموزشی از طریق سامانه گوگل ارث، ترکیب رنگی کاذب<sup>۲</sup> استفاده شد (۲).

#### ارزیابی دقیق نقشه پوشش زمین

برای ارزیابی دقت نقشه‌های پوشش اراضی تولیدشده در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ از ماتریس خطا استفاده شد. برای بررسی صحت نقشه‌های پوشش اراضی از ترکیب رنگی کاذب تصاویر استفاده و برای ارزیابی دقت کلی از رابطه ۱ استفاده شد (۱۷).

$$OA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{ii} \quad (1)$$

در این رابطه OA صحت کلی، N تعداد پیکسل‌ها،  $\sum P_{ii}$  جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد. همچنین برای هر طبقه کاربری مقدار دقت تولیدکننده و دقت کاربر نیز محاسبه گردید. در ادامه برای بررسی دقیق‌تر نقشه پوشش تولیدشده از ضریب کاپا (رابطه ۲) استفاده شد (۹).

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad (2)$$

در این رابطه  $P_0$  درستی مشاهده شده،  $P_c$  توافق مورد انتظار می‌باشد.

3 Cellular Automata -Markov Chain  
4 Land Change Modeler (LCM)

1 Maximum Likelihood Classification  
2 False Color Composite (FCC)

است. بر اساس نتایج حاصل شده، تغییرات شامل کاهش، افزایش و تغییرات خاص برای هر طبقه نسبت به طبقه دیگر است. با توجه به نتایج در دوره اول، تغییرات خالص کاهش مساحت نیکازارها در نواحی پوشیده از نیکا نشان داد که مساحت این پوشش اراضی در سال ۱۳۸۰، ۶۹۹۰/۷ha و مساحت ۱۲/۸۶٪ را احاطه کرده و در سال ۱۳۹۰، ۵۷۶۳/۳ha، که مساحت ۱۰/۶٪ را شامل می‌شود. در نهایت در سال ۱۴۰۰ ۴۷۱۵/۳ha معادل ۸/۶۷٪ از کل منطقه را در بر گرفته است. بررسی تغییرات پوشش اراضی برحسب درصد مساحت در جدول (۳) نشان داد که مساحت نیکازارها حدود ۱۲۲۷/۴ha که معادل ۲/۲۶٪ از کل مساحت می‌باشد، کاهش یافته است. در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۰ نیز مساحت نیکازارها حدود ۱۰۴۷/۹ha و معادل ۹۳٪ کاهش داشته است (جدول ۴).

داده‌های کنترل زمینی بهره گرفته شد که روش ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۱/۴٪ و ضریب کاپا ۰/۸۸٪ از دیگر روش‌ها دقت بهتری دارند (۱۴).

بررسی دقت نقشه پوشش اراضی تولید شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که دقت نقشه‌های تولید شده مطلوب بوده است. به طوری که نتایج نشان داد که دقت کلی نقشه پوشش زمین تولید شده در سال‌های ۱۳۸۰، دقت کلی ۹۲/۵ و ضریب کاپا ۰/۹۰، در سال ۱۳۹۰، دقت کلی ۹۲/۲ و ضریب کاپا ۰/۸۶ و در سال ۱۴۰۰، دقت کلی ۹۵/۶ و ضریب کاپا ۰/۸۵ بود که این نتایج بیان کننده دقت بالای نقشه های تولید شده می‌باشد.

**تغییرات پوشش اراضی و انباشت رسوبات نیکازارها در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰**

نقشه پوشش اراضی برای سه دوره زمانی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ در شکل ۲ الف، ب و پ آورده شده

**جدول ۲. ارزیابی دقت و صحت پوشش اراضی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰**

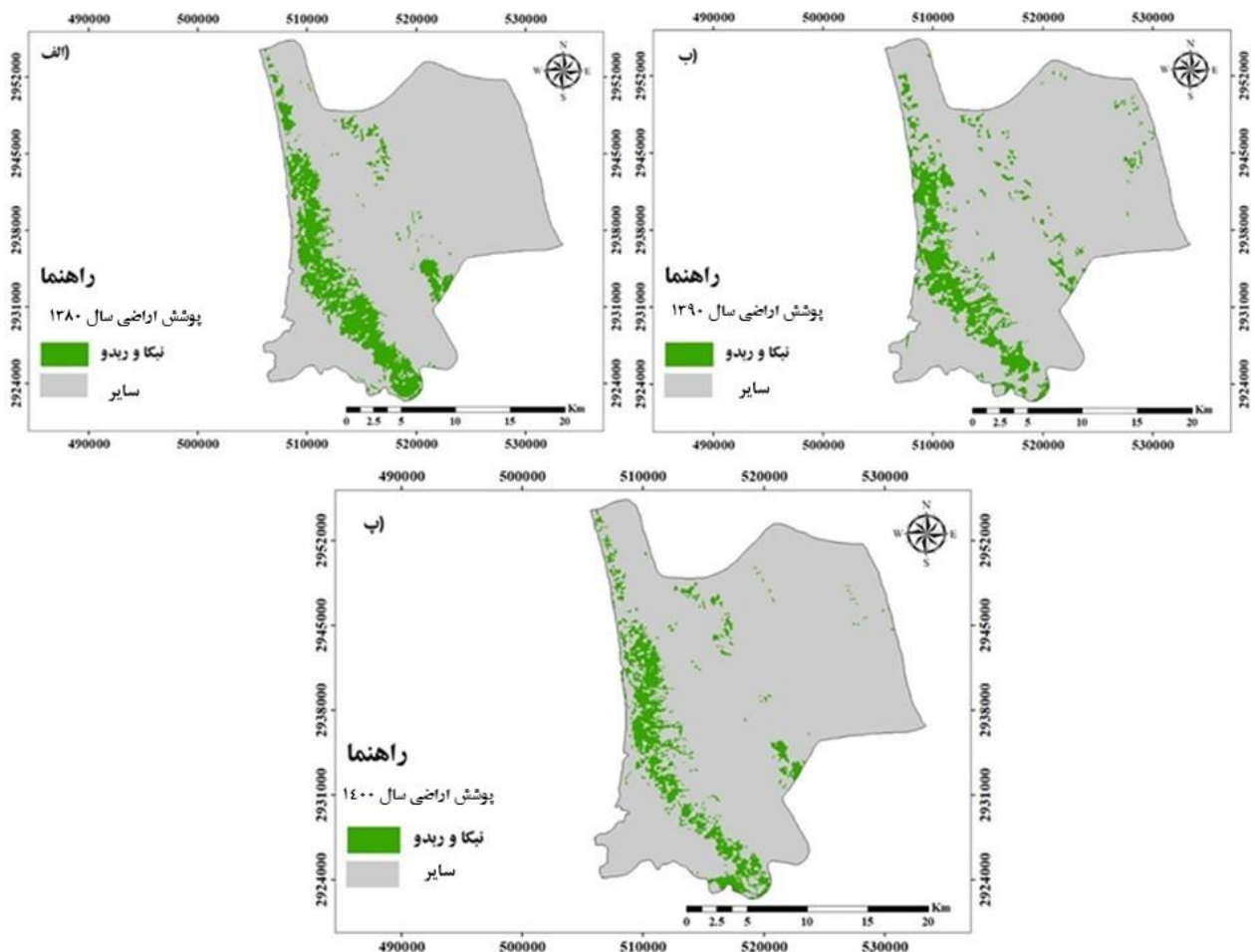
۱۳۸۰				
پوشش اراضی	ربدو و نیکا	پوشش‌های دیگر	کل	دقت تهیه کننده (%)
ربدو و نیکا	۱۲۰	۴	۱۲	۰/۹۶۷۷
پوشش‌های دیگر	۵	۶۱	۶۶	۰/۹۲
کل	۱۲۵	۶۵	۱۹۰	
دقت کاربر (%)	۰/۹۶	۰/۹۳		
دقت کلی (%)	۹۵/۵			
ضریب کاپا	۰/۹			
۱۳۹۰				
ربدو و نیکا	۹۸	۷	۱۰۵	۰/۹۳
پوشش‌های دیگر	۵	۶۰	۶۵	۰/۹۲
کل	۱۰۳	۶۷	۱۷۰	
دقت کاربر (%)	۰/۹۵	۰/۸۹		
دقت کلی (%)	۹۲/۲			
ضریب کاپا	۰/۸۶			
۱۴۰۰				
ربدو و نیکا	۷۸	۷	۸۵	۰/۹۱۷۶
پوشش‌های دیگر	۵	۷۳	۷۸	۰/۹۴
کل	۸۳	۸۰	۱۶۳	
دقت کاربر (%)	۰/۹۴	۰/۹۱		
دقت کلی (%)	۹۵/۶			
ضریب کاپا	۰/۸۵			

جدول ۳. مساحت پوشش اراضی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ (سایر پوشش‌ها: اراضی بایر)

	مساحت (ha)	مساحت %	مساحت (ha)	مساحت %	مساحت (ha)	مساحت %
پوشش اراضی	۱۳۸۰		۱۳۹۰		۱۴۰۰	
نبکا	۶۹۹۰/۷	۱۲/۸۶	۵۷۶۳/۳	۱۰/۶	۴۷۱۵/۳	۸/۶۷
سایر پوشش‌ها	۴۷۳۷۹/۲	۸۷/۱۴	۴۸۶۰۶/۶	۸۹/۴	۴۹۶۵۴/۶	۹۱/۳۳
مساحت کل	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰

جدول ۴. تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰

	تغییرات مساحت	تغییرات %	تغییرات مساحت	تغییرات %	تغییرات مساحت	تغییرات %
پوشش اراضی	۱۳۹۰-۱۳۸۰	۱۳۹۰-۱۳۸۰	۱۴۰۰-۱۳۹۰	۱۴۰۰-۱۳۹۰	۱۴۰۰-۱۳۸۰	۱۴۰۰-۱۳۸۰
نبکا	-۱۲۲۷/۴	-۲/۲۶	-۱۰۴۷/۹	-۱/۹۳	-۲۲۷۵/۳	-۴/۱۸
سایر پوشش‌ها	۱۲۲۷/۴	۲/۲۶	۱۰۴۷/۹	۱/۹۳	۲۲۷۵/۳	۴/۱۸



شکل ۲. نقشه پوشش اراضی طبقه بندی شده برای سال ۱۳۸۰ (الف)، ۱۳۹۰ (ب) و ۱۴۰۰ (پ)



را به دلیل فرسایش بادی از بین ببرند ولی وجود پوشش گیاهی مناسب مانع از فرسایش آن‌ها می‌شود (۲۱). در واقع یکی از راه‌های مهم حفاظت از نیکاه‌ها، افزایش پوشش گیاهی آن‌ها است که باید مورد توجه تصمیم‌گیران امر قرارگیرد (۲۳). بنابراین در مدیریت پوشش گیاهی و ایجاد فرصت زادآوری و استقرار گونه‌های مناسب می‌توان برای تقویت بازخورد طبیعی بوم‌نظام منطقه عمل کرد و بیشترین تأکید را در فرآیند تخریب بادی گذاشت.

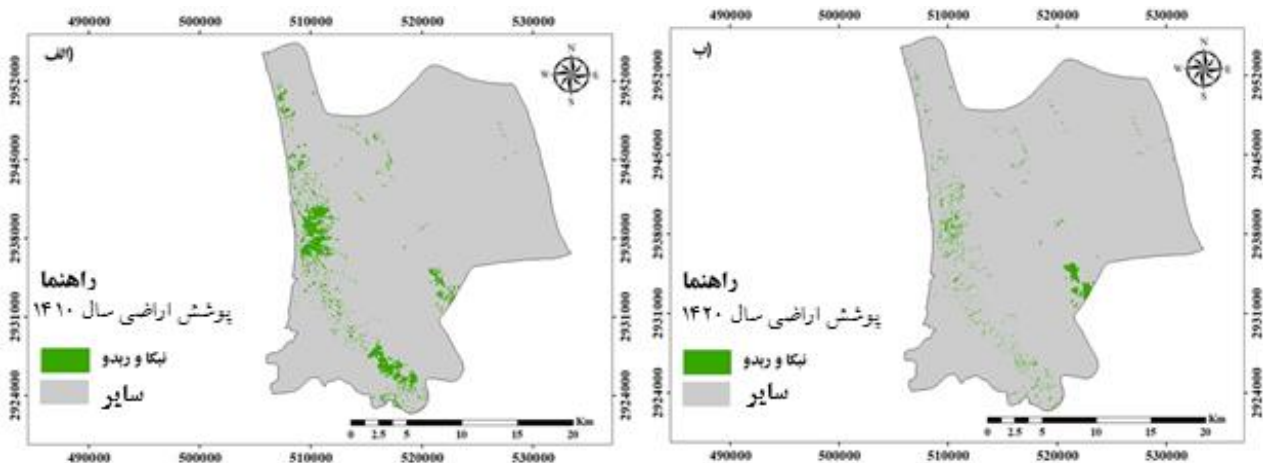
این نکته‌ای است که در پژوهش‌های قبلی با روش مرسوم، توانایی سنجش ابعاد مختلف محیط‌زیستی بوم‌نظام در آینده در سیریک را نداشته‌اند. با این اعتبار، یافته‌ها با فرض وجود یا عدم وجود تخریب نیکازارها در سیریک، این امکان را فراهم نمود تا ضمن ارائه نتایجی واقع‌بینانه‌تر از وضعیت بوم‌نظام، یافته‌هایی مبتنی بر واقعیت منطقی‌تر نیز ارائه دهد. چنین امکانی در صورت به کارگیری توامان رویکرد آینده‌نگرانه زیست‌محیطی با بررسی‌های راهبردی و در چهارچوب ارزیابی روند تغییر از گذشته تا کنون عملی خواهد شد (۲۶).

**تغییرات رسوبات نیکازار در بازه زمانی ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰**

بررسی تغییرات رسوبات نیکا در سال ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ در شکل ۳ الف و ب و جدول ۵ نشان داد که سطح انباشت رسوب نیکا روند کاهشی داشته به طوری که در سال ۱۴۱۰ حدود ۲۳۱۶/۸ha که ۴/۲۶٪ نسبت به کل مساحت نیکازارها کاهش یافته است. این در حالی است که این مساحت در سال ۱۴۲۰ به ۱۱۳۵/۱ha خواهد رسید که حدود ۲/۰۹ از شهرستان سیریک را شامل می‌شود. بررسی روند تغییرات رسوبات نیکازارها بین سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰ در جدول ۶ نشان داد که مساحت آن‌ها ۱۱۸۱/۶ha کاهش یافته است. بر اساس نتایج این جدول روند تغییرات رسوب نیکا بین سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۴۱۰ کاهشی بوده که این کاهش حدود ۴/۴۱٪ بوده است و این در حالی است که در بازه زمانی ۱۴۱۰ تا ۱۴۲۰ مساحت به ۶/۵۸٪ کاهش خواهد یافت.

**■ بحث و نتیجه‌گیری**

نیکاه‌ها متأثر از عوامل زیادی مثل پوشش گیاهی، اقلیم و دیگر عوامل محیطی است (۲۹). بادهای شدید در دوره‌های خاص ممکن است بخشی از لایه‌های نیکا و ربدو



شکل ۳. نقشه پوشش اراضی طبقه بندی شده برای سال ۱۴۱۰ (الف) و ۱۴۲۰ (ب)

جدول ۵. مساحت پوشش اراضی سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰

	مساحت (ha)	مساحت %	مساحت (ha)	مساحت %
پوشش اراضی	۱۴۱۰	۱۴۱۰	۱۴۲۰	۱۴۲۰
نیکا	۲۳۱۶/۸	۴/۲۶	۱۱۳۵/۱	۲/۰۹
سایر پوشش‌ها	۵۲۰۵۲/۱	۹۵/۷	۵۲۳۳۴/۸	۹۷/۹۱
مساحت کل	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰	۵۴۳۶۹/۹	۱۰۰

جدول ۶. تغییرات پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۸۰، ۱۴۱۰ و ۱۴۲۰

	تغییرات مساحت	تغییرات %	تغییرات مساحت	تغییرات %	تغییرات مساحت	تغییرات %
پوشش اراضی	۱۴۲۰-۱۴۱۰	۱۴۲۰-۱۴۱۰	۱۴۱۰-۱۳۸۰	۱۴۱۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۳۸۰	۱۴۲۰-۱۳۸۰
نبکا	-۱۱۸۱/۶	-۲/۱۷	-۲۳۹۸/۵	-۴/۴۱	-۳۵۸۰/۲	-۶/۵۸
سایر پوشش‌ها	۱۱۸۱/۶	۲/۱۷	۲۳۹۸/۵	۴/۴۱	۳۵۸۰/۲	۶/۵۸

زمینی آن‌ها با توجه به ضریب کاپا بالای ۰.۸۵ همخوانی زیادی وجود دارد با توجه به زیادبودن ضریب کاپای بالاتر از ۰.۸۰ در سیریک، یافته‌ها با یکدیگر هم سو است (۱۶). همچنین نتایج پیش بینی با استفاده از مدل Ca-Markov برای سال ۱۴۰۸ و ۱۴۱۸ نشان داد که نبکاها نسبت همانند تغییر سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۸ کاهشی بوده است (۱۱). بنابراین نتایج مدل ترکیبی Ca-Markov با توجه به کارایی و دقت زیادی آن در مناطق مختلف کارآمد بوده و برای پیش‌بینی آینده بسیار مفید است.

در پژوهش دیگری در زمینه کاهش مساحت بوم نظام‌های ماندابی با تعیین ضریب همبستگی بالای ۰.۸۷ نتیجه گرفتند در صورت ادامه روند توسعه و تغییرات پوشش اراضی، مناطق زیادی در معرض تهدید و آسیب قرار خواهند گرفت و کنترل و مدیریت آن نیازمند صرف انرژی و هزینه‌های بسیار زیادی خواهد بود، یافته‌های استفاده زنجیره مارکوف و ضریب همبستگی با دارا بودن صحت قابل قبول روش مناسبی جهت پیش‌بینی شرایط آینده بوم نظام‌ها می‌باشد با یافته‌های پژوهش حاضر در تطابق کامل است (۲۱). در نبکاها سیریک ۶/۵۸٪ دیگر پوشش‌ها افزایش یافته و از پوشش نبکاها کاسته شده است در پژوهشی دیگر با توجه به اینکه ۱۸٪ از پوشش اراضی نیز به پوشش‌های غیر مرتعی تبدیل شده می‌توان دریافت که نتایج با یکدیگر هم جهت است (۱۲). در تحقیقی نیز مقایسه پوشش فعلی و پوشش پیشنهادی نشان داد که قسمت عمده‌ای بیش از ۱۹٪ از سطح مرتع کاهش یافته و این مناطق تحت استفاده‌های دیگر قرار گرفته‌اند این کاهش پوشش زمین با یافته‌های نبکاها سیریک ۶/۵۸٪ و تغییر پوشش طبیعی به سایر استفاده‌ها، هم گام است (۷). به غیر از شرایط اقلیمی خشکسالی، عمده دلیل کاهش مساحت نبکاها را می‌توان افزایش و توسعه شدید

پژوهش حاضر، با هدف پیش‌بینی شرایط نبکاها در آینده به منظور جلوگیری از کاهش عملکرد نبکاها در کنترل فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌های روان در منطقه سیریک استان هرمزگان انجام شد. نتایج نشان داد که از گذشته تا حال، مساحت نبکاها کاهش یافته است. این در حالی است که پیش‌بینی شرایط آینده نیز وضعیت مطلوبی را برای نبکاها نشان نمی‌دهد. مرور نتایج به دست آمده بیانگر این واقعیت است که ادامه چنین وضعیتی منجر به کاهش بیش از پیش مساحت این عارضه‌های مفید طبیعی خواهد شد. ادامه چنین روندی زنگ خطر نابودی تمام نبکاها را به صدا در خواهد آورد (۱۹). نتایج تحقیق حاضر در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ نشان داد پهنه‌های نبکاها ۲۲۷۵/۳ha کاهش داشته است (جدول ۴). یافته‌های پیش‌بینی نشان داد که نبکاها برای سال‌های ۱۴۰۰، ۲/۰۹٪ و برای سال ۱۴۱۰، ۴/۲۶٪ تغییر خواهند داشت (جدول ۴) که نتایج تغییر پوشش زمین و کاهش نبکاها با نتایج پژوهش انجام شده در دریاچه ارومیه که تغییر پوشش اراضی رخ داده و با کاهش اراضی مرتعی مواجه شدند، هم‌جهت بود (۹).

در ارزیابی تغییرپذیری بوم‌نظام‌های ماندابی و پیش‌بینی تغییر آن‌ها با استفاده از مدل ترکیبی Ca-Markov ضریب کاپا بالای ۰.۸۶ بین نقشه واقعیت زمینی و پیش‌بینی برآورد شد که بیانگر دقت بالای این مدل ترکیبی است (۳۱) با توجه به ضریب کاپای بالای ۰.۸۸ در نبکاها سیریک می‌توان بیان نمود که نتایج با یافته‌های پژوهش انجام شده مشابهت داشته و هر دو از دقت ضریب کاپای بالایی برخوردارند. پایش تغییرات پوشش اراضی عمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل Ca-Markov نشان داد که بین نقشه‌های پیش‌بینی شده سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ با نقشه‌های واقعیت

نکته ای است که در پژوهش‌های قبلی با روش مرسوم، توانایی سنجش ابعاد مختلف زیست‌محیطی بوم‌نظام در آینده در سیریک را نداشته‌اند. با این اعتبار، یافته‌ها با فرض وجود یا عدم وجود تخریب نیکازارها در سیریک، این امکان را فراهم نموده است تا ضمن ارایه نتایجی واقع‌بینانه‌تر از وضعیت بوم‌نظام، با مقایسه تغییرات گذشته و آینده، یافته‌هایی مبتنی بر واقعیتی منطقی‌تر نیز ارائه دهد (۲۰). علاوه بر آن حفظ تعادل چشم‌اندازهای طبیعی در حفاظت از آن‌ها نقش به‌سزایی دارد. در صورت عدم مداخله و فشار بر این چشم‌انداز تراکم گونه‌های گیاهی و بالطبع آن تراکم تپه‌های فیتوژنیک متناسب با قابلیت منطقه استقرار یافته و بر اساس ویژگی‌های مورفومتری آن‌ها عملکرد بازخوردهای طبیعی آن قابل محاسبه است. بنابراین اگر در بازه‌های زمانی نسبتاً طولانی تغییراتی در روند تراکم و عملکرد آن‌ها اتفاق نیافتد این بدان معنی است که سیستم به صورت طبیعی در حال کارکردن است در غیر این‌صورت بایستی با کنترل عوامل فشار و تخریب روندهای موجود سیستم را به سمت تعادل هدایت کرد (۶). بنا به هدف پژوهش که تغییرات پوشش اراضی نیکا و پایداری رسوبات انباشته شده توسط نیکاکاها را مورد بررسی قرار داد می‌توان بیان کرد که سطح پوشش اراضی نیکازار در سیریک سیر نزولی داشته و پیش‌بینی آن نیز نشان‌دهنده این روند تغییر پوشش زمین تا سال ۱۴۲۰، کاهش خواهد بود. بدین ترتیب در آینده شاهد کاهش سطح نیکازارها در سیریک خواهیم بود. این بدین معنا است که رسوبات انباشته شده به طور کامل تثبیت نیافته و سطح رسوبات انباشته شده نیز به تبع کاهش پوشش اراضی، کاهش خواهد یافت. یافته‌ها فرضیه نزولی بودن سیر تغییر پوشش نیکازارها و تغییر سطح ذرات رسوب در پای گیاهان، در گذر زمان در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده را تایید نمود. نتایج پژوهش حاضر هشدار برای مدیران به منظور جلوگیری از روند تخریب نیکازارها و حفظ پایداری این بوم‌نظام‌های خودکنترل طبیعی است و باید با تلاشی مجدانه، برای برطرف کردن عوامل تخریب آن بکوشند. با این توصیف، کاهش سطح نیکازارها در گذشته و پیش‌بینی روند نزولی تغییرات نیکازارها و رسوبات

کاربری‌های انسانی دانست که حتی در مناطق بیابانی با شدتی غیرقابل مهار در حال افزایش و بلعیدن پوشش‌های طبیعی هستند. با افزایش دخالت انسان در طبیعت، به منظور تامین رفاه و غذای جمعیت در حال افزایش، به تدریج عرصه‌های طبیعی جای خود را به استفاده‌های انسانی داده است که نتیجه آن تخریب سرزمین و کاهش شدید منابع و زیستگاه‌های طبیعی می‌باشد (۱۲). ادامه روند فعلی می‌تواند در آینده‌ای نزدیک زمینه را برای نابودی همه زیستگاه‌های طبیعی فراهم سازد (۶). یافته‌ها در نیکازارهای خارتوران سبزوار نشان داد تغییرات سرعت باد ناچیز بوده و تپه‌های ماسه‌ای و به همراه آن نیکازارها طی سه دهه ثابت شده‌اند و علل تغییرات اقلیمی می‌تواند آن‌ها را دستخوش تغییر قرار دهد (۲۰) نتایج رژیم بادی در شرق ۳۳/۴٪ و در شمال شرقی ۱۴/۳٪ تکرار داشت. این در حالی است که نیکازارهای سیریک ثابت نبوده و تغییرات آن‌ها روند نزولی داشته بنابراین نتایج مغایر یکدیگر است. به عبارت دیگر می‌توان گفت نیکازارهای سبزوار ثابت و پایدارند و نیکازار سیریک به لحاظ فعالیت‌های فرسایش بادی، فعال و ناپایدار هستند.

با مروری بر پژوهش‌های قبلی و مقایسه یافته‌های آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر، می‌توان دریافت که تپه‌های ماسه‌ای از پویاترین عارضه‌های ژئومورفیک سطح زمین به شمار می‌روند و تحلیل‌های صورت گرفته و خروجی حاصل از آن در این اثر، در سطح زیادی با واقعیت‌های بیان‌شده پیرامون سامانه بوم‌شناختی نیکازار در سیریک انطباق دارد. به طوری که در چهارچوب بررسی‌های بوم‌شناختی و آینده‌نگرانه و با بهره‌گیری از رویکرد ارزیابی روند تغییرات نیکازارها، می‌توان ضمن سنجش وضعیت کلی بوم‌نظام، الگوی پایداری یا ناپایداری آن را نیز از چگونگی توزیع فضایی نیکاکاها و تغییرات سطح آن‌ها در تصاویر ماهواره‌ای دریافت (۳۲). همچنین مقدار کمی بالای ضریب کاپا (۰/۸۵) میزان دقت پژوهش را در سطح بالایی مورد تایید قرار داد. به این منظور، ضمن سنجش اثرات مستقیم ارتباط نیکا با پوشش گیاهی و تعیین روند تغییرات در گذشته، ابعاد اثرگذاری روند تغییرات گذشته را نیز در پیش‌بینی وضعیت نیکازار در بازه زمانی آینده لحاظ نموده است. این

سخت‌گیرانه و با مدیریتی اصولی مانع از تاثیر عملکرد فعالیتهای انسانی بر پیکره منابع طبیعی به ویژه نیکاهای منطقه شد. زیرا در صورت نابودی نیکاهای موجود در سیریک، بایستی منتظر عواقب ناشی از فرسایش بادی بود. در صورت وقوع چنین شرایطی دیگر نیکا وجود نخواهد داشت تا ماسه‌های روان را تثبیت نماید و توفان‌های گرد و غبار در منطقه افزایش خواهد یافت. یافته‌ها به مدیران این امکان را می‌دهد که از روند تخریب این نیکازارها جلوگیری و شرایط پایداری در منطقه را به منظور حفاظت از محیط‌زیست مناطق بیابانی ایجاد نمایند.

انباشته شده در آینده نشان داد موانع طبیعی که از جابجاشدن رسوبات جلوگیری می‌کرده‌اند، مورد تخریب واقع شده و کاهش یافته‌اند. شرایط سیریک بیانگر این است که نیکازارها ناپایدار است و اگر روند تخریب پوشش گیاهی به همین ترتیب ادامه یابد فاجعه بزرگی رخ خواهد داد. آمار بیماری‌های تنفسی و خسارت‌های دستگاه‌های صنعتی و انباشت رسوب پشت درب و پنجره‌های منازل و ادارات و ... از مشکلات متعدد ایجاد ناپایداری منطقه، تخریب نیکازارها و حمل رسوبات نشست داده نشده به مناطق دیگر و ایجاد مشکلات بیشتر است. بنابراین لازم است با قوانینی

## ■ References

- Ahmed, B., Kamruzzaman, M. D., Zhu, X., Rahman, M., & Choi, K. (2013). Simulating land cover changes and their impacts on land surface temperature in Dhaka, Bangladesh. *Remote Sensing*, 5(11), 5969-5998.
- Arab Ameri, A. & Halabian, A. (2017). Analyzing nebka morphometric parameters and introducing the most appropriate type for sand dune stabilization, using ELECTRE algorithm (Case study: Chah Jam erg). *Geography and environmental planning*. 28(2). 93-108. (in Farsi)
- Ardon, K., H. Tsoar, D. & Blumberg. G. (2009). Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics. *Arid Environments*. 7(1), 1014-1022.
- Bubenzer, O., Embabi, N., Ashour, M. (2020). Sand sea and dune fields of Egypt. *Geosciences*. 10(101), 1-32.
- Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22 (2), 203-218.
- Daneshi, A., Najafinejad, A., Panahi, M. & Zarandian, A. (2020). Projecting land use change effects on habitat quality of Narmab dam basin in Golestan province. *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*. 1(1), 120-131. (in Farsi)
- Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied geography*, 29(3), 390-401.
- Ebrahimi Khusfi, Z., Khosroshahi, M., Roustaei, F. & Mirakbari, M. (2021). Spatial and seasonal variations of sand-dust events and their relation to atmospheric conditions and vegetation cover in semi-arid regions of central Iran. *Geoderma*. 365(1), 114225.
- Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Khosravi, H., Mahdavi Najafabadi, R., Khorani, A. & Li, G. (2020). Modeling spatial and temporal changes in land-uses and land cover of the Urmia lake basin applying cellular automata and markov chain. *Geography and Sustainability of Environment*. 10(35), 57-72. (in Farsi)
- General Department of Natural Resources and Watershed Management of Hormozgan Province, Desert Office. (2005). *Desertification plan of Kuhstak plain*, 229 p.

11. Gillies, J., A., Nield, J., M. & Nickling, G. (2014). Wind speed sediment transport recovery in the lee of a vegetated and denuded nebkha within a nebkha dune field. *Aeolian Research*. 12(1), 135-141.
12. Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*. 222(20-22), 3761-3772.
13. Hsep, P. A., Hernandez-Calvento, L., Gallego, J. & Miot da Silva, G. (2021). Nebkha or not? Climate control fore dune mode. *Arid Environments*. 187(3). 104444.
14. Itzhak, K., (2020). Soil erosion: dust control and sand stabilization. *Applied Sciences*. 10(22), 8044.
15. Khawaldah, H. (2016). A prediction of future land use/land cover in Amman area using GIS-based markov model and remote sensing. *Geographic Information System*. 8(1), 412-427.
16. Mansour, Sh. & Al-Belushi, M. & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques, *Land Use Policy*, 91(1). 104414.
17. Mahmoudi, T., Khoshhal, J., Mousavi, S. M. & Pourkhosravani, M., (2013). Comparison of the effect of Sirjan desert nebkas on the stabilization of sand dune using the method Hierarchical analysis, *Environmental Erosion Research*, 3(11), 65-79. (in Farsi)
18. Marod, D., Sungkaew, S., Mizunaga, H. & Thinkampheang, S. (2020). Woody plant community and distribution in a tropical coastal sand dune in southern Thailand. *Coastal Conservation*, 24(44), 2-9.
19. Mondal, M. S., Sharma, N., Garg, P. K., & Kappas, M. (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. Naeemi, M., Zandifar, S., Khosroshahi, M., Ashuri, P., Abbasi, H. R., (2021). Investigating the effect of climate change on the mobility of sand dunes in Sabzevar city, *Desert Management*, 9(2), 1-18. (in Farsi)
21. Petrosian, H., Danehkar, A., Ashrafi, S. & Peghhi, J., (2016). Investigating environmental factors for locating mangrove ex-situ conservation zones using gis spatial techniques and the logistic regression algorithm in mangrove forests in Iran, *Polish Journal of environmental of Studies*, 25(5), 2097–2106.
22. Pal, S., & Ziaul, S. K. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban center. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 20(1), 125-145.
23. Rabbani, A.; Mohseni, N. & Hosseinzadeh, S. R. (2021). Role of geomorphic processes in the morphology of semi-arid Nebkas. *Geography and Environmental Hazards*. 4(36), 23-105. (in Farsi)
24. Rahdari, M. and Rodríguez-Seijo, A., (2021). Monitoring sand drift potential and sand dune mobility over the last three decades (Khartouran erg, Sabzevar, NE Iran), *Sustainability*, 13(50), 1-16.
25. Shafii Sabet, N., Shakiba, A. & Mohamadi, A. (2019). Detection and prediction of land use changes using ca-markov model case study: Tehran Damavand metropolitan area, *Sepehr*, 28(111). 175-190.
26. Solaymani, S. (2021). A Review on energy and renewable energy policies in Iran, *Sustainability*, 13. 7328.
27. Wang, S. Q., Zheng, X. Q., & Zang, X. B. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*. 13, 1238-1245.
28. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (USGS-28)

29. Yan, L. Translator: Jabari, M. K. & Ahmadi, S. Zanzan, (2012). *Modelling urban development with geographical information systems and cellular automata*. Azar KalaK Publisher. 186P. (in Farsi)
30. Zare Garizi, A., Sheikh, V., Sadoddin, A., & Mahini, S. (2012). Simulating the spatiotemporal changes of forest extent for the Chehelchay watershed (Golestan province), using integrated CA-Markov model. *Forest and Poplar Research*. 20(2). 273-285. (in Farsi)
31. Zhang, J., Faichia, C., Tong, Z., Liu, X., Kazuva, E., Ullah, K., & Al-Shaibah, B. (2020). Using rs data-based CA-Markov model for dynamic simulation of historical and future LUCC in Vientiane, Laos. *Sustainability*, 12(20), 8410.
32. Ye, Y. C., Kuang, L. H., Zhao, X. M., & Guo, X. (2020). Scenario-based simulation of land use in Yingtan (Jiangxi Province, China) using an integrated genetic algorithm-cellular automaton-Markov model. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(24), 30390-30404.