

Investigating the Effects of Land Use Changes on Dust Storms in the Sistan Region Using Markov Chain Forecasting

A. Nourafar¹, H. Gholami^{2*}, N. Moradi³, V. Rahdari⁴, M. Rezaei³

1. PhD student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Zabol University, Zabol, Iran.

* Corresponding Author: hamidgholami@ut.ac.ir

Received date: 06/09/2023

Accepted date: 28/10/2023



[10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437)

Extended Abstract

Introduction

Population growth and the excessive use of natural resources have caused significant changes in natural ecosystems, including a decrease in rainfall and an increase in temperature. The potential exists for them to decrease vegetation and increase barren areas. Serious economic, social, and environmental damage can occur in natural ecosystems due to the destruction of land cover and other damages, such as dust storms. Therefore, ecosystem changes are taking place worldwide, both at the temporal and spatial scale, due to human activities and natural factors. So, investigating the amount of land use/cover changes, their effect on dust storms, and predicting these changes for the coming years can be an important step in reducing and controlling unprincipled changes, planning, and optimizing resource. Climate change and human activities, such as drought, human activities, and non-compliance with water rights, have a significant impact on the Hamon wetland area, so that the dry bed of the wetland has become the main sources of dust. This research is focused on investigating the impact of land use changes on dust storms and forecasting land use changes in the Sistan region for the next 20 years.

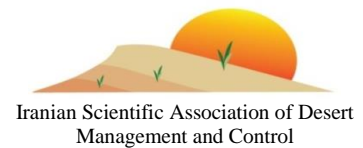
Material and Methods

The impact of land use changes on dust storms in the Sistan region was examined using Markov chain forecasting methods. For this purpose, first of all, the land use maps of 2002, 2011 and 2022 were prepared using satellite images. An anomalous method was used to investigate climatic parameters, including temperature, rainfall, and the number of days with dust, in the next step. To evaluate climatic changes, it is necessary to use a method that shows long-term changes. The anomaly method was employed for this purpose. The values of this index can be



Desert Management

www.isadmc.ir



either positive or negative. In order to predict land use changes for the next 20 years, the combination of the maps of 2002 and 2022 for severe drought conditions were used by using Markov chain and Cell models. The Markov model was predicted to generate multiple images. The transfer probability matrix allows for the expression of the probability that any type of land cover will be found in any location in the future. Despite the accuracy of transmission probabilities for each user is unknown, due to the lack of information on the spatial distribution of users, the Markov model does not have any spatial dependence information. In contrast, to the automatic network, it is an agent that has the ability to change its state based on the application of the law that shows the new state in accordance with the previous state and the state of its neighbors.

Results and Discussion

This study examined the impact of land use change on dust in the Sistan region. At first, climatic changes of temperature, rainfall and number of dusty days were investigated and the results showed that the temperature has increased and rainfall has decreased in the Sistan region during the last two decades. The land use maps also showed that in the years when the Hamon wetland has been drained, pastures and dense vegetation have increased and barren lands and salt marshes have decreased. But due to the recent droughts like the year 2022, when a drought has occurred in the region, the use of vegetation and pasture has decreased and barren and salt marshes have increased. These conditions cause an increase in the level of dust in the region. The land use map for severe drought conditions in the next 20 years was predicted using the Markov model. It showed that in the future, pastures and dense vegetation will decrease, but barren lands and salt marsh areas will increase dramatically. As desertification and wind erosion increase, dust storms will also increase as a result of these conditions. The economic, social, environmental, and health conditions of residents in the region are adversely affected by dust storms. Therefore, proper planning and management can reduce the damages caused by dust storms in the Sistan region.

Keywords: Desertification; Remote sensing; Automatic cells; Anomaly; Drought





تعیین نقش تغییر کاربری اراضی بر توفان‌های گردوغبار در منطقه سیستان با پایه پیش‌بینی زنجیره مارکوف

علیرضا نورافر^۱، حمید غلامی^{۲*}، نوازاله مرادی^۳، وحید راهداری^۴، مرضیه رضایی^۳

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۳. استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

۴. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

* نویسنده مسئول: hamidgholami@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶



[10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.2011010.1437)

چکیده

در پژوهش حاضر نقش تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر توفان‌های گردوغبار در منطقه سیستان با بهره‌گیری از سنجش از دور در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ مورد واکاوی قرار گرفته است. با توجه به تأثیرگذاری تغییر اقلیمی بر کاربری/پوشش اراضی، متغیرهای اقلیمی شامل؛ بارندگی، دما و تعداد روزهای گردوغباری به روش آنومالی بررسی شد و در ادامه به منظور پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی در ۲۰ سال آینده از ترکیب نقشه‌های سال ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ برای شرایط خشکسالی شدید، با زنجیره مارکوف پیش‌بینی انجام شد. نتایج نشان داد در منطقه سیستان طی دو دهه گذشته دما افزایش و بارندگی کاهش یافته است. نقشه‌های کاربری اراضی نیز نشان داد در سال‌هایی که تالاب هامون آبگیری شده است، مرتع و پوشش گیاهی متراکم روند افزایشی و اراضی بایر (بدون پوشش گیاهی) و شوره زار روند کاهشی داشته است. اما با توجه به خشکسالی‌های اخیر همانند سال ۱۴۰۱ که خشکسالی در منطقه فراهم شده است، کاربری مرتع کاهش و بایر و شوره زار افزایش داشته است. این شرایط منجر به افزایش گردوغبار در منطقه می‌شود، نقشه کاربری/پوشش اراضی در ۲۰ سال آینده برای شرایط خشکسالی شدید با استفاده از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد در آینده مرتع و پوشش گیاهی متراکم کاهش خواهد داشت اما اراضی بایر و مناطق شوره زار افزایش چشم‌گیری خواهد داشت این شرایط، منجر به افزایش بیابان‌زایی و فرسایش بادی می‌شود و در پی آن توفان‌های گردوغباری افزایش خواهد داشت. با توجه به اینکه توفان‌های گردوغبار بر شرایط اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیست و سلامت ساکنان منطقه تأثیرهای منفی بسیاری دارد، بنابراین با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح به منظور کنترل پیامدهای حاصل از گردوغبار در منطقه سیستان می‌توان خسارت‌های حاصل از توفان‌های گردوغبار در این منطقه را کاهش داد.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی؛ سنجش از دور؛ سلول‌های خودکار؛ آنومالی؛ خشکسالی



■ مقدمه

توفان‌های گردوغبار، از جمله معضل‌های مهم محیط زیستی است و با توجه به اینکه در سال‌های اخیر شدت بیشتری داشته‌است، بنابراین خسارت‌های بسیاری را در پی داشته‌است. در کشور ایران نیز همانند بسیاری از مناطق جهان توفان‌های گردوغباری افزایش یافته‌است، با توجه به اینکه ایران بر روی کمربند بیابانی قرار دارد بسیاری از مناطق ایران از جمله سیستان به علت خشکسالی‌های پی در پی و افزایش بیابان‌زایی، توفان‌های گردوغباری شدت یافته‌است و خسارت‌هایی از جمله؛ افزایش بیماری‌های قلبی، ریوی، چشمی، ویروسی، آلرژی، تعطیلی ادارات، مدارس، کسب و کارها، از بین رفتن تولیدات کشاورزی و باغی و... در پی داشته‌است (۳۷، ۳۸). با توجه به اینکه، در سال‌های اخیر، رشد جمعیت و استفاده بی‌رویه انسان از منابع طبیعی منجر به تخریب کاربری‌های اراضی شده‌است، همچنین تغییرات اقلیمی از جمله کاهش بارندگی و افزایش دما نیز اکوسیستم‌های طبیعی را بسیار تحت تأثیر قرار داده‌است، به صورتیکه منجر به کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی بایر شده‌است که نتیجه آن تخریب کاربری‌های اراضی می‌باشد (۱۰، ۲۶) و پیامدهای بسیاری، از جمله وقوع توفان‌های گردوغبار که خود یک واکنش به تخریب اراضی از جمله تخریب پوشش گیاهی می‌باشد و در نتیجه ایجاد و شدت گردوغبار در منطقه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیست و به‌ویژه در زمینه سلامت خطرات جدی را در پی داد (۶). بنابراین با توجه به فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی، تغییر اکوسیستم‌ها در سراسر جهان در هر دو مقیاس زمانی و مکانی در حال وقوع می‌باشد (۲۳، ۸). لذا آگاهی و شناخت نوع کاربری‌های اراضی و تغییرات ایجاد شده در کاربری‌های اراضی نیاز بنیادی به منظور مدیریت یک منطقه‌است (۲۲، ۵). نقشه کاربری اراضی به نقشه‌هایی که اطلاعات سطوح مختلف زمین را نمایش می‌دهد گفته می‌شود نقشه کاربری اراضی اطلاعات بسیار مفید و کاربردی را برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران تامین می‌کند (۲۷، ۱۲). به منظور دسترسی به این اطلاعات و تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده از علم سنجش از دور بسیار رایج می‌باشد و استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از

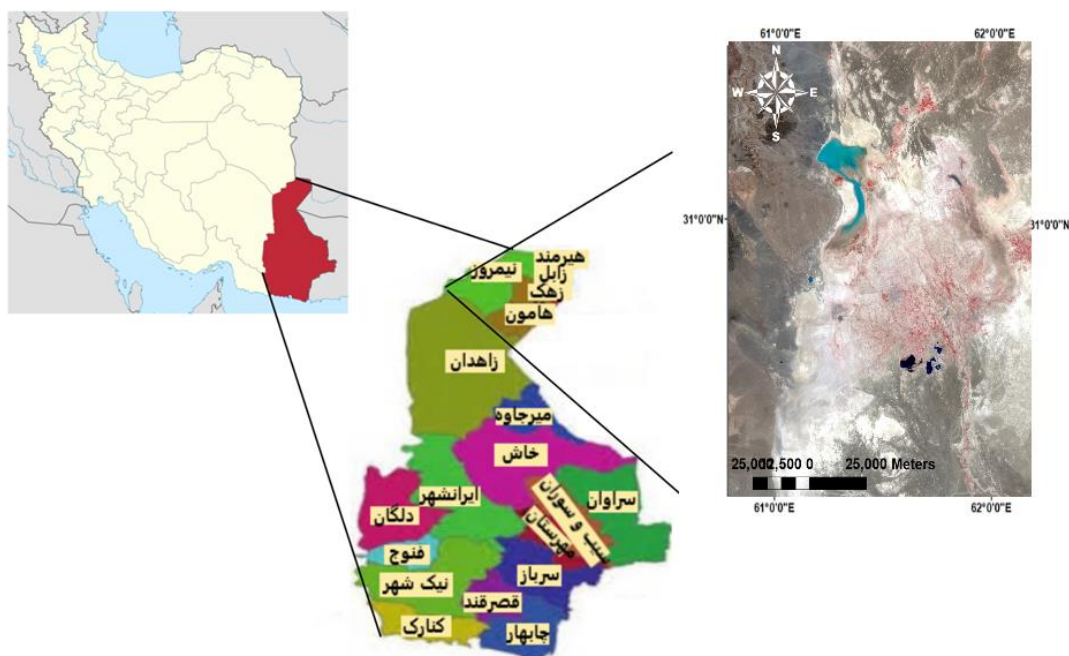
طبقه‌بندی تصاویر، بسیار پرکاربرد است (۷، ۲۹، ۳۲). با توجه به اهمیت کاربری‌های اراضی و اثرات جبران ناپذیر تخریب اراضی، پیش‌بینی تغییرات اراضی در سال‌های آینده می‌تواند کمک بسیاری به مدیران برای برنامه‌ریزی کوتاه مدت و بلندمدت داشته‌باشد (۱۸، ۳۰). روش‌های بسیاری برای آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های اراضی، با استفاده از فناوری سنجش از دور، وجود دارد، از جمله آن می‌توان به مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار به عنوان یکی از روش‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های اراضی اشاره کرد، مهم‌ترین مزیت پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی بررسی و اطلاع از وضعیت تخریب یا احیاء کاربری پوشش اراضی در آینده است تا در صورت تخریب اراضی در آینده، اقدامات لازم به منظور کنترل عوامل تأثیرگذار بر تخریب کاربری پوشش اراضی صورت گیرد (۱۹، ۲۰). بسیاری از محققان برای بررسی تغییرات کاربری‌های پوشش اراضی، از علم سنجش از دور بسیار استفاده کرده‌اند و پژوهش‌های بسیاری در این زمینه در ایران و جهان انجام شده‌است. نتایج بررسی تغییر کاربری/پوشش اراضی در منطقه ایلورین در نیجریه در دوره زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۱ با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از زنجیره مارکوف نشان‌داد اراضی ساخته شده، رشد سریعی بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۶ داشته‌است و طبق پیش‌بینی پیش‌بینی آن در ۱۴ سال آینده این روند افزایشی ادامه‌دار است (۳). محققان، کاربری اراضی شهر پکن را نیز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پیش‌بینی کردند و نتیجه گرفتند در سال ۲۰۳۰ مساحت مناطق کشاورزی کاهش و مناطق مسکونی افزایش خواهد یافت (۱۶). تغییرات کاربری پوشش اراضی در بیابان ساحلی شمال غربی مصر نیز در سال‌های ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۱ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پیش‌بینی و بررسی شد، نتایج آن‌ها نشان داد مساحت مرتع‌ها، تالاب‌های جنگلی، مساحت باغ‌ها و مزرعه-های کشاورزی و منطقه‌های سنگی کاهش یافته‌است و پیش‌بینی مربوط به سال ۲۰۲۳-۲۰۱۱ کاهش مساحت مرتع، باغ، مزارع کشاورزی و منطقه‌های سنگی را نشان داد (۱۷). محققان به بررسی تغییرات کاربری پوشش اراضی مناطق ساحلی در مازندران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مساحت کاربری جنگل و کاربری اراضی باز کاهش یافته

به منظور کنترل تغییرات، برنامه‌ریزی درست و استفاده بهینه از سرزمین باشد (۳۳، ۳۴). لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تغییرات کاربری پوشش اراضی بر توفان‌های گردوغبار منطقه سیستان و پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی برای ۲۰ سال آینده در دشت سیستان است. اما در بررسی حاضر، تأثیر متغیرهای اقلیمی بر کاربری پوشش اراضی نیز پرداخته می‌شود تا مشخص شود با توجه به تغییر متغیرهای اقلیمی، پوشش اراضی چه تغییراتی داشته است و همچنین پیش‌بینی شود، با توجه به شرایط اقلیمی فعلی (شرایط خشکسالی حاکم بر منطقه سیستان) وضعیت پوشش اراضی در شرایط خشکسالی شدید، دچار چه تغییراتی خواهد شد.

■ مواد و روش

منطقه مورد بررسی دشت سیستان در شمال استان سیستان و بلوچستان در محدوده جغرافیایی $30^{\circ} 03'$ تا $31^{\circ} 22'$ عرض شمالی و $60^{\circ} 36'$ تا $61^{\circ} 48'$ طول شرقی قرار گرفته است (۳۵)،

و کاربری کشاورزی و مناطق مسکونی افزایش می‌یابد (۱۵). محققان به مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف در دوره ۲۵ ساله، در استان فارس پرداختند، نتایج نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به کاربری جنگل و تبدیل آن به کاربری کشاورزی و مرتع می‌باشد (۱). علاوه بر این، بررسی‌های تغییرات کاربری پوشش اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف در منطقه عباس آباد استان مازندران نیز نشان داده شده که پهنه ساخته شده روند افزایشی و کاربری‌های پوشش گیاهی، منابع آبی و اراضی بایر روند کاهشی داشته است. پیش‌بینی مارکوف نیز نشان داده است که تغییرات کاربری پوشش اراضی در سال ۲۰۳۰ نتایجی همانند سال-های قبل خواهد داشت (۲۶). محققان همچنین نشان دادند استفاده از پیش‌بینی زنجیره مارکوف می‌تواند اطلاعات کاربردی و مفیدی برای مدیران و برنامه‌ریزان برای مدیریت درست و پایدار، داشته باشد (۳۰، ۳۴، ۳۶). همانطور که در بررسی‌های ذکر شده نیز بیان شد، مقدار تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر توفان‌های گردوغباری و پیش‌بینی تغییرات کاربری پوشش اراضی برای آینده، اطلاعات مهمی



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

است، تالاب بین‌المللی هامون به‌عنوان مهم‌ترین منبع آبی در منطقه مورد مطالعه معرفی شده است به صورتی که حیات

دما و بارش متوسط به ترتیب $21/74^{\circ}C$ و $8/58mm$ در سال است. اقلیم منطقه طبق طبقه بندی آمبرژه بیابانی

استفاده شد همچنین، طبقه بندی نظارت شده به روش الگوریتم ماشین‌های پشتیبان برداری بر روی تصویر اعمال گردید. به منظور تهیه طبقات پوشش اراضی از شاخص‌های طیفی گیاهی نیز استفاده شد. پس از مقایسه شاخص‌های مورد بررسی و نقاط واقعیت زمینی، شاخص NDVI مورد استفاده قرار گرفت. شاخص NDVI معرف انعکاس انرژی خورشیدی از سطح زمین است و انواع شرایط پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. مقدار NDVI بین -۱ و +۱ در نوسان است و در زمانی که پاسخ طیفی اندازه‌گیری شده از سطح زمین برای هر دو باند خیلی مشابه باشد، NDVI به صفر نزدیک می‌شود. پوشش گیاهی سالم در بخش طیفی مادون قرمز مقادیر نزدیک در مقایسه با بخش طیف مرئی انعکاس بیشتری دارد، بر این اساس پوشش گیاهی سبز برای مقادیر NDVI مثبت می‌شود (۲۰، ۱۲). در پایان برای تهیه نقشه نهایی کاربری اراضی، طبقات بدست آمده از هر یک از این روش‌ها با واقعیت زمینی مقایسه شد و صحت کلی و کاپای طبقات نیز مقایسه شد. در پایان لایه‌های دارای صحت بیشتر در نرم افزار GIS با هم ترکیب و به روش طبقه بندی ترکیبی نقشه کاربری پوشش اراضی تهیه شد. برای صحت سنجی نقشه‌های نهایی پوشش اراضی هر سال ارزیابی صحت کلی و کاپای کلی انجام شد.

بررسی متغیرهای اقلیمی

برای بررسی تغییر اقلیمی از متغیرهای دما، بارندگی و تعداد روزهای همراه با گردوغبار از داده‌های هواشناسی شهرستان زابل استفاده شد. جدول زیر داده‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد (جدول ۱).

برای ارزیابی تغییر اقلیمی شرایط دراز مدت ضروری است و آنومالی بلند مدت اقلیمی باید مورد توجه باشد. این شاخص می‌تواند مقادیر مثبت یا منفی داشته باشد که آنومالی مثبت نشان دهنده بارندگی بیش از حد نرمال در یک سال است و آنومالی منفی نشان دهنده شرایط خشکسالی در دوره مدنظر است، آنومالی به معنای میزان تغییرات یک متغیر اقلیمی از مقدار نرمال آن است (۲۱).

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده

منطقه سیستان بستگی به آبیگری تالاب هامون دارد (۱۱)، اما در پی خشکسالی چند دهه اخیر و در نتیجه کاهش پوشش گیاهی و افزایش اراضی بایر در این منطقه، تالاب هامون به مهم‌ترین کانون ریزگردها در منطقه تبدیل شده است و در هنگام توفان‌ها و حمل غبار به سمت مناطق مسکونی خسارت‌های جانی و مالی بسیاری را برای ساکنین ایجاد می‌کند (۱۴). شکل (۱) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

در پژوهش حاضر به منظور تهیه نقشه کاربری پوشش اراضی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ استفاده شده است، برای این کار از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سنجنده، (۱۳۸۱) TM، (۱۳۹۰) TM و OLI (۱۴۰۱) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰m استفاده شد.

پیش پردازش و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

بعد از دریافت کردن تصاویر ماهواره‌ای، به منظور پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شده است. هدف از این مرحله برطرف کردن خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک است؛ که در تصاویر خام وجود داشته است. تصحیح رادیومتریک برای درجه خاکستری استفاده شد و با ایجاد تغییر در مقدارهای آن برای پیکسل به پیکسل، محاسبه شد تا بعضی از خطاهای موجود برطرف شود. خطاهای اتمسفری، خطوط جاافتاده، رادیومتریک، خطوط نوار نوار شده و خطاهای دستگاهی از جمله خطاهای رادیومتریک هستند. که برای این خطاها دو نوع تصحیح رادیومتریک لحاظ می‌شود و شامل تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی می‌باشد، برای تصحیح رادیومتریک مطلق از داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده استفاده شد (۱۳، ۳۲). به منظور بررسی دسته‌های بازتابشی مختلف مربوط سطح زمین، در ابتدا از طبقه‌بندی نظارت نشده

۲۰۰۲/۰۲/۰۶	۱۳۸۱/۱۱/۱۷	
۲۰۱۱/۰۶/۰۱	۱۳۹۰/۰۳/۱۱	تصاویر ماهواره ای لندست
۲۰۲۲/۰۵/۰۷	۱۴۰۱/۰۲/۱۷	
۲۰۰۱-۲۰۲۲	۱۴۰۱ تا ۱۳۸۰	میانگین دمای سالیانه
۲۰۰۱-۲۰۲۲	۱۴۰۱ تا ۱۳۸۰	میانگین بارندگی سالیانه
۲۰۰۱-۲۰۲۲	۱۴۰۱ تا ۱۳۸۰	تعداد روزهای همراه با گردوغبار

در پژوهش حاضر به منظور بررسی تغییر اقلیمی از روابط (۱) و (۲) استفاده گردید.

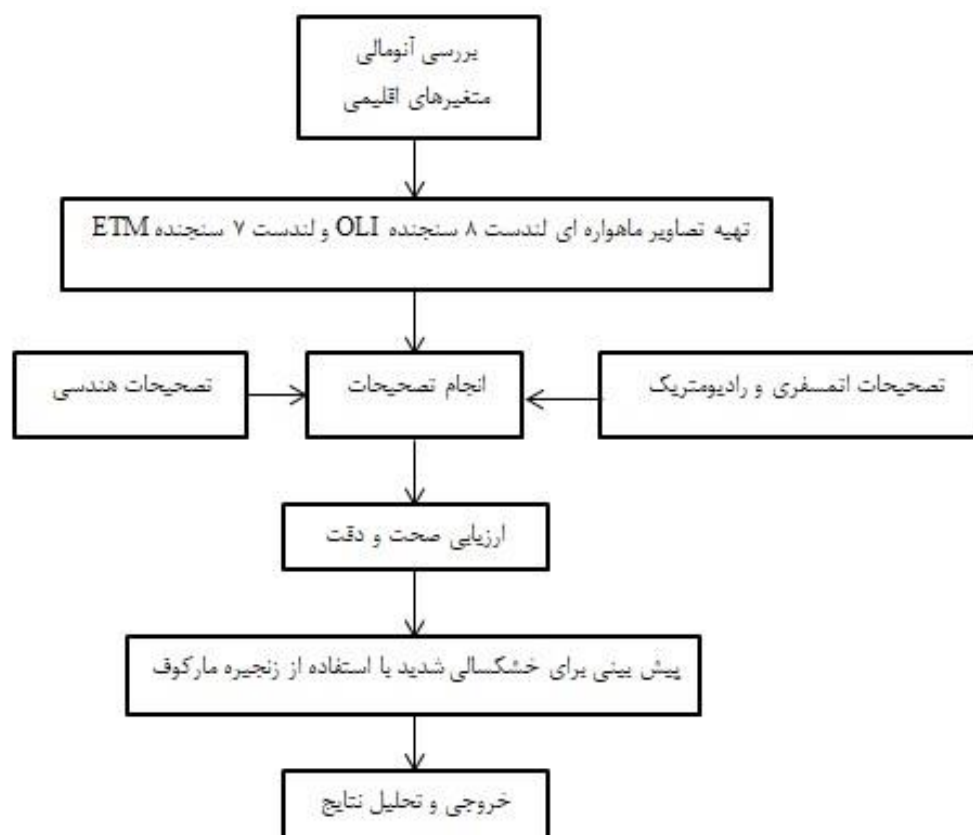
$$P_a = \frac{(P - \bar{P})}{\bar{P}} \quad (1)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

که در آن P_a آنومالی متغیر مربوطه، P مقدار سالیانه متغیر، \bar{P} میانگین بلند مدت متغیر مورد نظر، n طول دوره آماری و $i=1,2,\dots, n$ است.

مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف

در پژوهش حاضر از تصاویر طبقه بندی شده سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ استفاده شده است و برای پیش بینی وضعیت خشکسالی شدید در منطقه سیستان با بهره‌گیری از تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ ماتریس تبدیل وضعیت طبقه‌های پوشش زمین برای خشکسالی شدید استفاده شده است. در شکل (۲) مراحل انجام پژوهش حاضر ذکر شده است.



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش حاضر

نمودار تغییر تعداد روزهای همراه با گردوغبار را در منطقه سیستان نشان می‌دهد تعداد روزهای گردوغباری در این منطقه روند افزایشی داشته است و این مسئله بی ربط به متغیرهای اقلیمی از جمله دما و بارندگی نیست، همانطور که قبلاً اشاره شد سال ۱۳۸۳ بیشترین مقدار بارندگی را داشته است در مقابل دما نیز در سال ۱۳۸۳ روند کاهشی داشته است و در پی آن در سال ۱۳۸۳ تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز کاهش یافته است، اما در سال‌هایی که بارندگی کاهش و دما افزایش داشته است، تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز بیشتر شده، علاوه بر اثر تغییرات اقلیمی بر کاربری/پوشش اراضی با توجه به عدم تأمین حق آبه تالاب هامون و خشکسالی‌های پی در پی در منطقه منجر به تغییر در اراضی کاربری/پوشش اراضی شده است. زیرا با عدم آبیگری تالاب هامون، کاهش بارندگی و افزایش دما منابع آبی، پوشش گیاهی کاهش یافته و در نتیجه اراضی بایر افزایش می‌یابد که در پی آن فرسایش بادی و گردوغبار افزایش می‌یابد شکل (۵).

تحلیل تغییر کاربری‌های اراضی

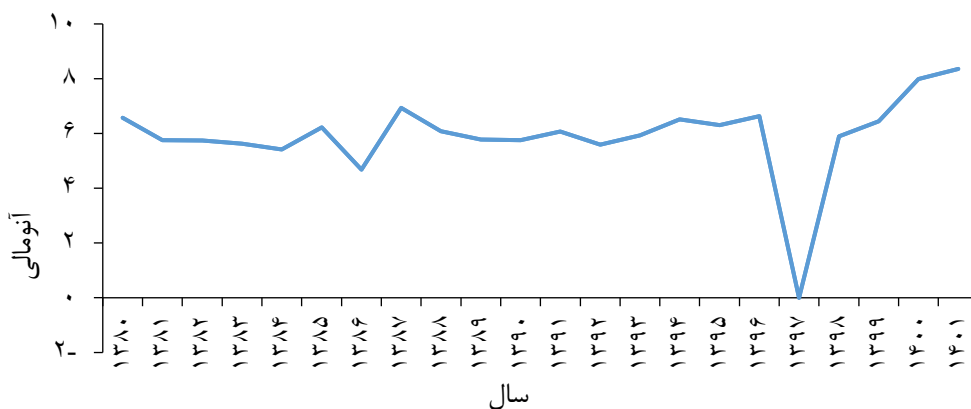
نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۱ به‌عنوان نقشه‌های پایه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تولید شد. نمودار تغییر کاربری‌های اراضی در سال‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد بیشترین مساحت متعلق به کاربری اراضی بایر و کم‌ترین مساحت مربوط به کاربری آب است (شکل ۶).

نتایج حاصل از بررسی آنومالی دما نشان می‌دهد، از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ آنومالی مثبت بوده است طی این سال‌ها بیشترین میانگین سالیانه دما $25/26^{\circ}\text{C}$ و کمترین میانگین سالیانه دما $21/02^{\circ}\text{C}$ است. آنومالی مثبت نشان دهنده افزایش دمای بیش از حد در دوره مطالعه می‌باشد. بنابراین در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۳۸۰ تاکنون تغییرات دمایی روند افزایشی داشته است، افزایش بیش از حد دما در منطقه منجر به افزایش تبخیر، کاهش رطوبت، خشکسالی و در پی آن بیابان‌زایی و افزایش گردوغبار شده است (شکل ۳).

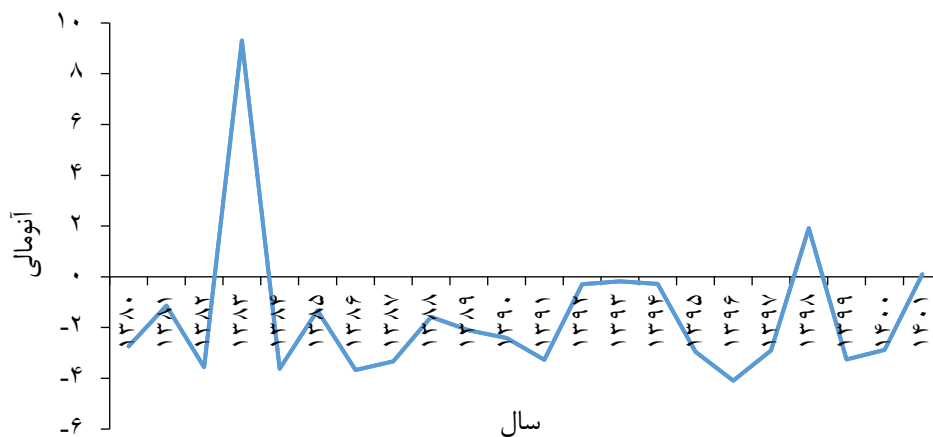
بررسی نتایج آنومالی بارندگی

روند تغییرات آنومالی بارندگی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ نشان داد بارندگی دچار نوسان زیادی شده است به طوری که تنها در دو سال ۱۳۸۳ و ۱۳۹۸ آنومالی بارندگی مثبت بوده است. بقیه سال‌های مورد مطالعه آنومالی بارندگی منفی است به طوری که بیشترین مقدار میانگین بارندگی در طی سال‌های مورد مطالعه $14/29\text{mm}$ و کمترین مقدار میانگین بارندگی سالیانه بارندگی $0/89\text{mm}$ است. با توجه به اینکه بیشتر سال‌های مورد مطالعه آنومالی منفی را نشان می‌دهد این وضعیت، شرایط خشکسالی در منطقه سیستان را نشان می‌دهد این خشکسالی شدیداً سبب کاهش آب در منطقه شده است و آسیب‌های جبران ناپذیر زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی، و خصوصاً افزایش گردوغبار را در پی داشته است (شکل ۴).

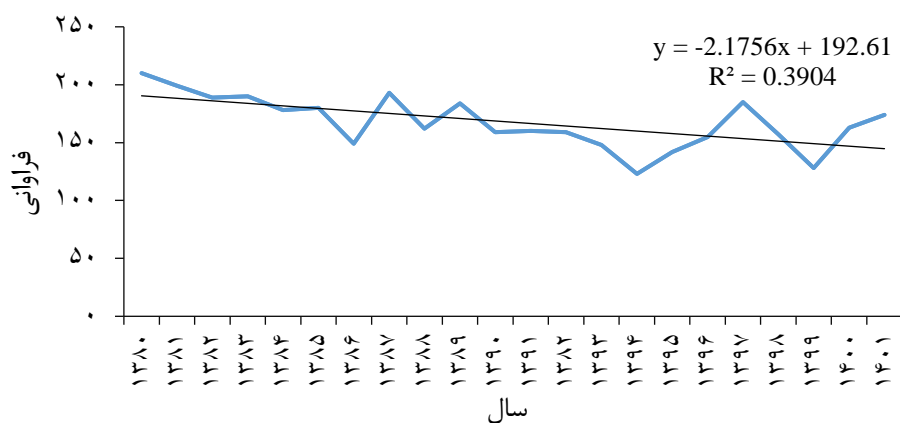
بررسی نتایج تعداد روزهای همراه با گردوغبار



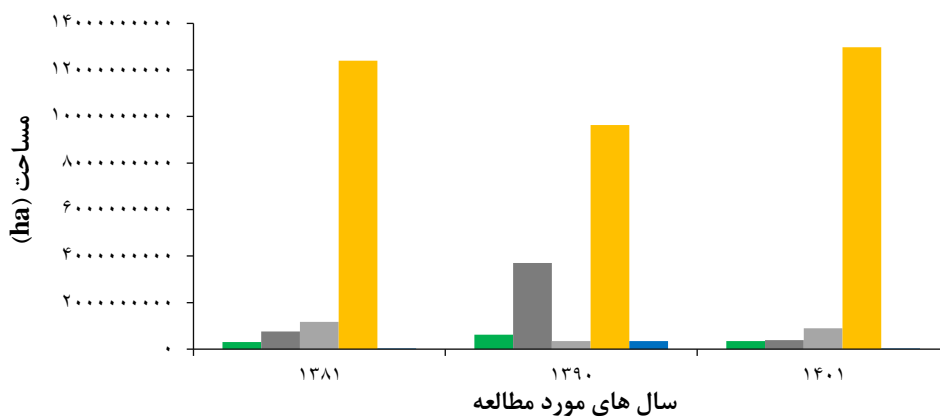
شکل ۳. نمودار تغییرات آنومالی دما



شکل ۴. نمودار تغییرات آنومالی بارندگی



شکل ۵. نمودار تغییرات روزهای گردوغباری



شکل ۶. نمودار تغییرات کاربری های اراضی

بیش از ۸۵٪ می باشد، بنابراین برای استفاده در مدل مارکوف مناسب است (جدول ۲).

نتایج مربوط به برآورد دقت طبقه بندی تصاویر، نشان داد در آمده است. با توجه به اینکه دقت طبقه بندی ها به طور کلی

تغییرات در تعداد پیکسل‌ها از یک طبقه کاربری اراضی به طبقه دیگر در دوره‌های مشخص است.

در جدول‌های مربوط به ماتریس‌ها ردیف نشان دهنده کاربری اراضی دوره اول و ستون نشان‌دهنده کاربری پوشش اراضی در دومین دوره. ماتریس احتمال انتقال کاربری اراضی، احتمال اینکه هر نوع کاربری اراضی می‌تواند چه موقعیت مکانی را در آینده پیدا کند را مشخص می‌سازد (جدول ۴).

پیش بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۲۱ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

به منظور پیش‌بینی خشکسالی شدید برای ۲۰ سال آینده از تلفیق مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده شد، بدین منظور با وارد کردن نقشه مرجع ۱۴۰۱ به عنوان نقشه پایه و با معرفی کردن فایل مساحت انتقال، نقشه پیش‌بینی کاربری پوشش اراضی سال ۱۴۲۱ به دست آمد.

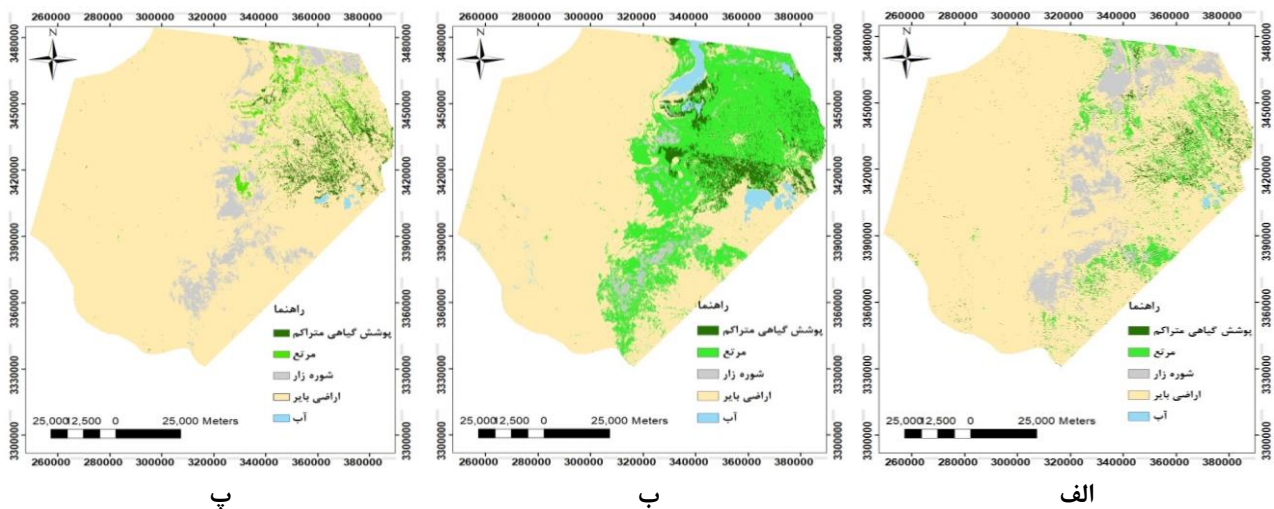
بررسی نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد، سال ۱۳۹۰ بیشترین منابع آبی، پوشش گیاهی متراکم و مرتع را دارا بوده است و همچنین کمترین اراضی بایر و شوره زار را نیز داشته است. سال ۱۳۸۱ نسبت به سال ۱۳۹۰ اراضی بایر و شوره زار افزایش و منابع آبی، مرتع و پوشش گیاهی متراکم کاهش داشته است، اما در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۰ کمترین منابع آبی، پوشش گیاهی متراکم و مرتع را دارا بوده است و بیشترین اراضی بایر و شوره زار را نیز تعلق به این سال می‌باشد (شکل ۷).

بررسی و تحلیل مدل زنجیره مارکوف

پس از انجام پیش‌بینی با استفاده از زنجیره مارکوف بر روی نقشه کاربری اراضی به دست آمده از طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای، ماتریس مساحت انتقال ایجاد گردید جدول (۳). ماتریس مساحت انتقال، نشان‌دهنده میزان

جدول ۲. دقت کلی و شاخص کاپا برای چهار تصویر مورد استفاده

سال	شاخص کاپا	دقت کلی
۱۳۸۱	۰/۸۹	۰/۹۱
۱۳۹۰	۰/۸۶	۰/۸۹
۱۴۰۱	۰/۸۹	۰/۹۲



شکل ۷. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۱ (الف)، ۱۳۹۰ (ب)، ۱۴۰۱ (پ)

می‌دهد. خشکسالی شدید در منطقه منجر به کاهش پوشش گیاهی و آب و در نتیجه تشدید فرسایش بادی و افزایش گردوغبار در منطقه مورد مطالعه می‌شود (شکل ۹).

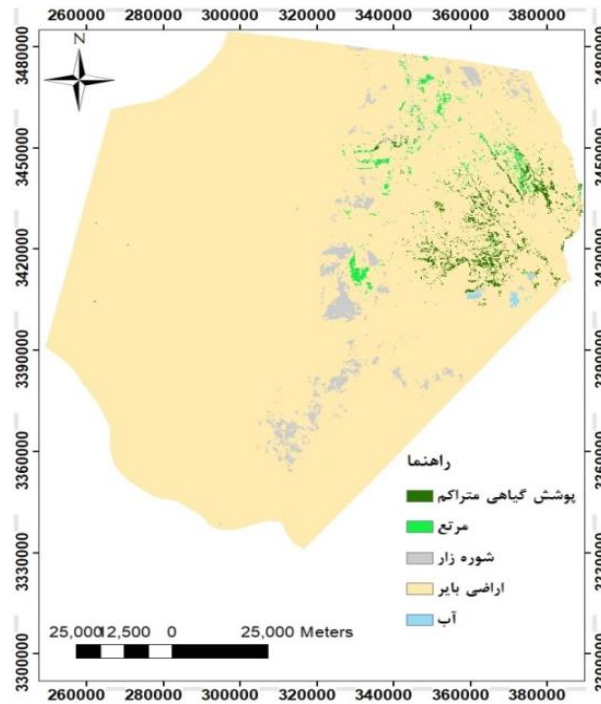
در شرایط خشکسالی شدید، آب، پوشش گیاهی متراکم و مرتع کاهش داشته است (شکل ۸) و در مقابل اراضی بایر و شوره‌زار افزایش داشته است. نمودار تغییرات کاربری‌های اراضی سال ۱۴۲۱ در مقابل سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۴۰۱ نشان

جدول ۳. ماتریس مساحت انتقال کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱-۱۴۰۱ با استفاده از پیش‌بینی زنجیره مارکوف

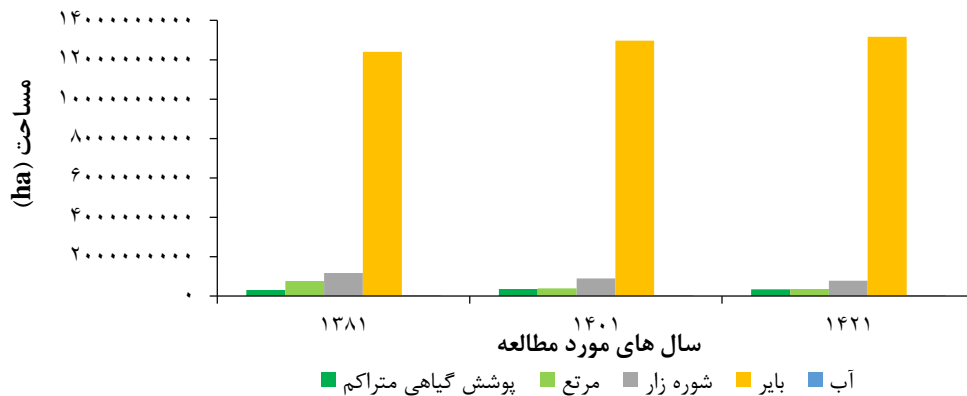
آب	بایر	شوره زار	مرتع	پوشش گیاهی متراکم	۱۳۸۱	
					۱۴۰۱	
۶	۲۲۰۸۵	۷۰۵	۱۳۷۳	۱۰۸۰۶	پوشش گیاهی متراکم	
۱۱	۲۸۵۱۹	۳۳۳۴	۳۶۴۵	۳۷۶۴	مرتع	
۰/۴۵	۴۶۲۹۶	۳۶۰۷۴	۶۸۲۵	۶۴۰	شوره زار	
۱۳۴۲	۱۲۱۷۲۰۳	۳۷۵۷۸	۲۵۷۷۲۱	۱۹۳۲۵	بایر	
۲۴۳۴	۶۵۲	۰/۰۹	۵/۴۹	۱۲۹	آب	

جدول ۴. ماتریس احتمال انتقال کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱-۱۴۰۱ با استفاده از پیش‌بینی زنجیره مارکوف

آب	بایر	شوره زار	مرتع	پوشش گیاهی متراکم	۱۳۸۱	
					۱۴۰۱	
۰/۰۰۰۲	۰/۶۳۱۰	۰/۰۲۰۹	۰/۰۳۹۲	۰/۳۰۸۷	پوشش گیاهی متراکم	
۰/۰۰۰۳	۰/۷۲۵۵	۰/۰۸۴۸	۰/۰۹۳۶	۰/۰۹۵۸	مرتع	
۰/۰۰۰	۰/۵۱۵۷	۰/۴۰۱۳	۰/۰۷۵۹	۰/۰۰۷۱	شوره زار	
۰/۰۰۱۰	۰/۹۳۷۸	۰/۰۲۹۰	۰/۰۱۸۱	۰/۰۱۴۱	بایر	
۰/۷۵۵۶	۰/۲۰۲۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۴۰۲	آب	



شکل ۸. نقشه پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۴۲۱



شکل ۹. نمودار تغییر کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۹۰ و ۱۴۲۱

است و ایجاد هر گونه تغییری در تالاب، منطقه را به طور کامل تحت تأثیر قرار می‌دهد. محققان نیز نشان دادند با توجه به کاهش بارندگی، افزایش دما و عدم آبیگری تالاب هامون تغییرات بسیاری در پوشش اراضی منطقه سیستان ایجاد شده است و روزهای همراه با گردوغبار در این منطقه افزایش چشم گیری داشته است (۲۴)، همچنین نتایج مطالعه دیگری نشان داد در پی بارندگی در سال ۱۳۹۹ و آبیگری تالاب هامون پوشش گیاهی ۱۰٪ افزایش یافته است و اراضی بایر ۴۷٪ کاهش یافته است و در نتیجه آن تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز در این سال کاهش یافته است (۲۵). در مطالعه حاضر نیز با بررسی روزهای همراه با گردوغبار

■ بحث و نتیجه‌گیری

اطلاع از تغییرات کاربری پوشش اراضی به منظور مدیریت درست مناطق الزامی است. مطالعات بسیاری تاکید بر استفاده از علم سنجش از دور به منظور آشکارسازی و پایش کاربری پوشش اراضی دارند. در پژوهش حاضر تأثیرات تغییرات کاربری پوشش اراضی بر گردوغبار در منطقه سیستان بررسی شد. در ابتدا متغیرهای اقلیمی شامل؛ دما، بارندگی و تعداد روزهای گردوغباری مورد بررسی قرار گرفت و نتایج این بررسی طی دو دهه گذشته افزایش دما و کاهش بارندگی را نشان داد وجود تالاب بین المللی هامون در منطقه سیستان از اهمیت بالایی برخوردار

مرتج بسیار کاهش خواهد یافت و در مقابل اراضی بایر و شوره زار افزایش بسیاری خواهد داشت. در پژوهش‌های متعددی از تصاویر مربوط به ماهواره لندست به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از روش پیش‌بینی زنجیره مارکوف برای بررسی تغییرات کاربری پوشش اراضی استفاده شده است و نتایج نشان دادند، آشکارسازی تغییرات برای برنامه ریزان بسیار کاربردی می‌باشد. در مطالعه حاضر نیز از تصاویر لندست و سنجنده‌های TM و OLI استفاده شد و با استفاده از این داده‌ها نقشه‌های کاربری پوشش اراضی مربوط به سال‌های مورد مطالعه با دقت تهیه شد و نتایج حاصل از پیش‌بینی زنجیره مارکوف نیز نتایج مهمی را نشان داد و می‌توان مدل مارکوف را به عنوان یک سیستم هشدار برای پیامدها و تأثیرات آینده تغییرات کاربری مورد استفاده قرار داد (۱۸، ۲۶). با توجه به اینکه توفان‌های گردوغبار بر شرایط اقتصادی، اجتماعی، محیط زیست و سلامت در منطقه مورد مطالعه، اثرات منفی بسیاری دارد لذا مدیریت صحیح به منظور کنترل پیامدهای گردوغبار در منطقه سیستان در شرایط خشکسالی، الزامی می‌باشد.

■ سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از رساله دکتری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان می‌باشد. بدینوسیله از دانشگاه هرمزگان تقدیر و تشکر می‌شود.

مشخص شد روزهای توفانی روند افزایشی دارد و این موضوع می‌تواند هشدار دهنده باشد تا مدیران و برنامه‌ریزان به پیامدهای حاصل از توفان‌های گردوغباری توجه بیشتری نمایند. همچنین در مطالعه حاضر نیز بررسی‌ها نشان داد بارندگی در سال ۱۳۹۹ افزایش چشم‌گیری داشته است و منجر به آبیگری تالاب هامون شده است و با افزایش پوشش گیاهی که خود مهم‌ترین عامل در تثبیت خاک می‌باشد (۳۱)، روزهای گردوغباری نیز بسیار کاهش یافته است. کاربری‌های پوشش اراضی در پژوهش حاضر نشان داد سال ۱۳۹۰ با توجه به آبیگری محدودی که در این سال در تالاب هامون ایجاد شده است، سایر کاربری‌های اراضی از جمله پوشش گیاهی متراکم و مرتع افزایش یافته و اراضی بایر و شوره زار کاهش داشته است. اما در سال ۱۴۰۱ آبیگری در تالاب هامون ایجاد نشده است و در پی آن اراضی بایر و شوره زار افزایش چشم‌گیری داشته است. کاهش پوشش گیاهی و منابع آبی منجر به افزایش اراضی بایر می‌گردد در نتیجه افزایش اراضی بایر گردوغبار افزایش می‌یابد. با توجه به خشکسالی‌های پی در پی و عدم آبیگری تالاب هامون، این تالاب به کانون‌های اصلی گردوغبار در منطقه سیستان تبدیل شده است و در هنگام وزش بادهای ۱۲۰ روزه گردوغبار بسیاری را سمت مناطق مسکونی حمل می‌کند و منجر به خطر انداختن سلامت بسیاری از ساکنین گردیده است، همانطور که نقشه پیش‌بینی سال ۱۴۲۱ نشان می‌دهد در صورت ادامه روند خشکسالی در سال‌های آینده در سطح زمین، پوشش گیاهی متراکم و

■ References

1. Azizi Qalati, S., Rangzan, K., Sadidi, J., Heydarian, P., & Taghizadeh, A. (2016). Predicting the trend of spatial changes in land use using the Markov chain model-CA (case study: Kohmera Sorkhi region of Fars province), *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*. 7(1), 59-71. [In Persian].
2. Arabi Aliabad, F., & Zare, M., & Ghafarian Malamiri, H R. (2021). Land use Change Prediction using Markov Chain Compilation Model and Automated Cells (Casestudy: Shirkuh). *Geography and Development*, 19 (62), 251-270. DOI: 10.22111/J10.22111.2021.6022 [In Persian]
3. Ayodeji Opeyemi, Z. (2006). *Change detection in land use and land cover using remote sensing data and GIS, (A case study of Ilorin and its environs in Kwara State)*, The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfillment for the award of master of science.

4. Alimohamadi, A., Moosivand, A.J., & Shayan, S. (2010). Prediction of land use and land cover changes using satellite images and Markov chain models. *Humanities Teacher – Spatial Planning*, 14(3), 117-130. [In Persian]
5. Aslami, F., Ghorbani, A. Sobhani. B., & Panahandeh, M. (2015). Comparing artificial neural network, support vector machine and object-based methods in preparation land use/cover maps using landsat-8 images. *RS & GIS techniques innaturalresources*. 6(3),1-14, [In Persian]
6. Bahak, b. (۲۰۱۸). Spatial analysis of the occurrence of dust phenomenon in Sistan and Baluchistan province with statistical methods. *Quarterly Scientific Research Journal of Geography*. 8(3), 109-97. DOI: 20.1001.1.22286462.1397.8.3.28.9 [In Persian]
7. Brown D. G., Pinjanowski B. C., & Duh J. D. (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*. 59(4), 247-263. DOI:10.1006/jema.2000.0369
8. Coppin P I., Jonckheere K., Nackaerts B., & Muys, S. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Remote Sensing*, 25(9), 1565–1596. DOI: 10.1080/0143116031000101675
9. Chen, M., Su, W., Li. L., & Zhang, C. (2008). A comparison of pixel-based and object-oriented classification using spot5 imagery, *Wseas Transactions on Information Science & Applications*, 6(3), 477-489.
10. Dahmardeh Ghaleno, M., Nohtani, M., & KHaledi, S. (2019). Effect anthropogenic factors on winderosion intensification in Hirmand Hamoon Region. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 3(11), 609-618. DOI: 10.22092/ijwmse.2018.108923.1250 [In Persian]
11. Ehsani A.h., & Shakeryari, M. (2019). Determining the optimal method for classification and mapping of land use/land cover through comparison of artificial neural network and support vector machine algorithms using satellite data (Case study: International Hamoun wetland). *Environmental Science and Technology*, 20(4) ,193-207. Doi:10.22034/JEST.2019.13711 [In Persian]
12. Fathizade, H., Karimi, H., Tazeh, M., & Tavakoli, M. (2014). Prediction of land use change and land cover Changes in Arid and Semi-Arid Regions using satellite Images and Markov chain model (Case study: Doviraj Basin, Ilam Province). *Desert Management*. 2(3), 76-61. DOI: 10.22034/JDMAL.2014.17062 [In Persian]
13. Farzadmehr, J., Arzani, H., Darvish Sefat, A.A. & Jafari, M. (2006). Assessment Landsat 7 satellite data ability to estimate the canopy and plant production (Case study: Semi-steppe zone henna Samirom). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(2), 1-15. [In Persian]
14. Fartot Enayat, M., & Jaberzadeh, M. (2015). *Investigating the effect of Hamon wetland on the formation of sand and dust storm phenomenon in Sistan*. Seventh International Conference on Comprehensive Crisis Management, Tehran. [In Persian]
15. Gholam Ali Fard, M., Jvrabyan Shushtarî Sh., Hosseini Kahnootj S.H., & Mirzaee, M. (2013). Modeling land use changes in the coastal province using LCM. *Ecology*, 4(4), 124-109. DOI: 10.22059/jes.2013.29867 [In Persian]

16. Huang, Y., Yang, B., Wang, M. Liu.b., & Yang, X. (2020). Analysis of the future land cover change in Beijing using CA–Markov chain model. *Environmental Earth Sciences*, 79(60), 1-12. DOI: 10.1007/s12665-019-8785-z
17. Halmy, M. W. A., Gessler, P. E., Hicke, J. A., & Salem, B. B. (2015). Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. *Applied Geography*, 4(7), 101-112. DOI: 10.1016/j.apgeog.2015.06.015
18. Ilderami, A., Nouri, H., Naderi, M., Aghabeigi, S., & Zainiwand, H. (2017). Prediction of land use changes using the Markov chain model. *Watershed Management Research Paper*. 8(16), 232-240. DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232 [In Persian]
19. Jenerette, D., & Jianguo. Wu. (2001). Analysis and simulation of land use change in the central ArizonaPhoenix region, USA. *Landscape Ecology*. 16(7), 611- 626. DOI: 10.1023/A:1013170528551
20. Karimi, K., Zahtabian, G., Faramarizi, M., & Khosravi, H. (2016). Monitoring and changes in land use using Markov chain in order to predict it. Pasture and Watershed, *Journal of Natural Resources of Iran*. 69(3), 711-724. [In Persian]
21. Naseri. E., Massah Bavani, A.R., Saadi, T., & Javadi. S. (2020). Detection and attribution of climate change effects on inflow to Karaj dam in the past period. *Iran-Water Resources Research*. 16(3), 306-321. DOI: 20.1001.1.17352347.1399.16.3.21.9 [In Persian]
22. Khoshgoftar, M.M., Tallei, M., & Malek pour. P. (2010). *Spatial-temporal modeling of urban scattering, by automated cell based approach and Marcov chain*. National geomatic conference. Abadan. Iran. [In Persian]
23. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365- 2401. DOI: 10.1080/0143116031000139863
24. Mir, M., Maliki, S., & Rahdari, V. (2021). Investigating changes in the intensity and scope of the impact of dust storms in the Sistan plain. *Scientific Research Journal of Desert Ecosystem Engineering*. 10(30), 111-125. DOI: 10.22052/deej.2021.10.30.59 [In Persian]
25. Mir, M., Maliki, S., & Rahdari, V. (2022). Ecosystem restoration and degradation monitoring using ecological indices. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 62(20), 1713-1724. DOI: 10.1007/s13762-022-04694-8
26. Nikpour, A., Amonia, H., & Nurpasandi, A. (2021). Monitoring and forecasting land use changes using Landsat satellite images using automatic cells and Markov chain (case study: Abbas Abad region, Mazandaran province). *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*. 12(2), 53-35. DOI: 10.30495/GIRS.2021.678602 [In Persian]
27. Najafi, A., Azizi. S & Mokhtari .M. (2017). Application of support vector machine in land use classification of Cheshmeh Kileh-Chalkroud area. *Journal of Watershed Management Research*, 15(8), 92-96. DOI: 10.29252/jwmr. 8.15.92 [In Persian]
28. Norris, J.R. (1997). *Markov Chains*. Cambridge University Press.

29. Patino, J.E., & Duque, J.C. (2013). A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. *computers, Environment and Urban Systems*, 8(3), 1-17. DOI: doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.06.003
30. Rahmani, N., Shahedi, K., Soleimani, K., & Yaghoubzadeh. M.H. (2016). Evaluation of the Land use Change Impact on Hydrologic Characteristics (Case Study: Kasilian Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 7(13), 23-32. DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.32 [In Persian]
31. Rahdari.v., Maleki, S., & Mir, M. (2021). Presenting a sensitivity model to wind erosion using a multi-criteria evaluation method in Hamon wildlife sanctuary. *Desert Management*. 10(2), 54-39. DOI: 10.22034/JDMAL.2022.551548.1382 [In Persian]
32. Richards, J. A., & Richards, J. (1999). *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 3), Springe
33. Salman Mahini, A., & Kamiyab, R. (2011). *Remote sensing and applied geographical information systems with idrisi software*, Mehr Mahdis Publications, Tehran.
34. Soffianian, A., Ahmadi Nadoushan, M., Yaghmaei L., & Falahatkar, S. (2010). Mapping and analyzing urban expansion using remotely sensed imagery in Isfahan, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 9(12), 1370-1378.
35. Sistan and Baluchestan Regional Water Company. (2014). *Status report of Sistan and Baluchestan province*, 41 pages.
36. Wang, S., Zheng, X., & Zang, X. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13(1), 1238-1245. DOI: 10.1016/j.proenv.2012.01.117
37. Youssef, A. M., Pradhan, B., & Tarabees, E. (2011). Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*, 4(3), 463-473. DOI: 10.1007/s12517-009-0118-1
38. 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(6), 1238-1245. DOI: doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.117